

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

№ 3 / 2023

Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77-84785
выдано 17 февраля 2023 г. Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций РФ

Главный редактор
А. М. Марков

Зам. главного редактора
Е. С. Ананьева

Редакционная коллегия:
С.Б. Поморов
И.В. Харламов
И.Н. Сычева
А.С. Авдеев
С.В. Ананьин
А.С. Баранов
В.И. Полищук

Редакционный совет выпуска:
А. Г. Зрюмова
В. А. Соловьев

Под общей редакцией:
д.т.н., профессора кафедры
«Информационные технологии»
С. П. Пронина

Адрес редакции и издательства:
656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46,
тел: 29-09-48

© Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова, 2023

В НОМЕРЕ:**Раздел 1****ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
СИСТЕМЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ**

- Г. В. Лысак, И. А. Лысак*
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТОЧНОЙ СХОДИМОСТИ
ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ МОДЕЛИ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ВТУЛОК, ОБРАБОТАННЫХ
ДОРНОВАНИЕМ 5
- А. А. Метелева, Ю. К. Шелковников, Н. И. Осипов*
УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ
ДИСКРЕТНО-СПЛОШНОГО МУЛЬТИСКАНА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ
ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, СКОРОСТЕЙ И
УСКОРЕНИЙ ОБЪЕКТОВ 9
- Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев, С. П. Пронин,
Л. И. Акишин, В. В. Крафт*
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО
РЕЗУЛЬТАТУ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
СИГНАЛА И РАСПОЗНАВАНИЮ ДЕФЕКТОВ
НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ 14
- С. П. Пронин, М. А. Михалёв, Р. М. Миндибаев*
РАЗРАБОТКА МЕТОДА КАЛИБРОВКИ
СМАРТФОНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТОВ
СВЫШЕ 2000 К 19
- В. С. Афонин, А. Н. Чубов, А. Е. Кимайкин,
Е. С. Кранин*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ
ПРИМЕСЕЙ ЗЕРНОВОГО
МАТЕРИАЛА 23

*Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, К. Д. Малахов,
Д. А. Гуляев*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ26

*Б. С. Первухин, Г. С. Кузмин, К. Д. Кандауров,
Б. Р. Яковлев*
ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ИЗМЕРЕНИЕ
АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
ЖИДКОСТИ30

Раздел 2

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКОЛОГИИ

О. Б. Акулова, В. И. Букатый, В. В. Кириллов
ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ФИТОПЛАНКТОНА НИЖНЕЙ ОБИ В
РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ
ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГОДА35

И. А. Суторихин, Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев
ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ
ПОДВОДНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ
НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ВОДОЕМОВ39

В. В. Надвоцкая, В. В. Тимофеев
ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
БАРНАУЛА42

Раздел 3

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

*Д. Е. Кривобоков, Б. С. Первухин,
В. А. Соловьев, В. М. Лихацкий,
К. Д. Кривобоков*
РАЗРАБОТКА МАКЕТА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
МНОГОЭЛЕКТРОДНОГО ИОНОМЕРА45

Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев
ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ49

И. А. Суторихин, В. А. Соловьев, Б. С. Первухин
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СПЕКТРАЛЬНОЙ ПОДВОДНОЙ
ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ
ВОДОЕМОВ 52

*А. А. Тютюнник, А. Г. Зрюмова, А. В. Балашов,
Д. В. Котов*
АВТОНОМНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ ДЛЯ
УСТРОЙСТВА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ
ДАННЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА РАСХОДА
ВОДЫ 55

Д. Е. Кривобоков, Д. Е. Пузик, В. М. Рыжих
РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНОГО
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ВИБРАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА 58

Д. Е. Кривобоков, И. С. Емельянов, Н. В. Фатеев
ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ СРЕДЫ НА
ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПЕРВИЧНОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ 65

*Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков,
А. А. Загрядский, Д. С. Ложешников,
А. С. Ильин*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ 69

Раздел 4

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКОНОМИКЕ

О. И. Пятковский
КОМПОНЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В
АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ 73

А. Г. Блем, А. А. Веряскин, Д. Д. Никитин
ИНТЕГРАЦИЯ WHATSAPP И 1С: СОЗДАНИЕ
ЧАТ-БОТА ДЛЯ ЗАКАЗА УСЛУГ И
ПРОСМОТРА ПЛАТЕЖЕЙ 79

<i>А. Г. Блем, А. А. Веряскин, Н. Е. Макарова</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КОЛИВИНГОВЫХ КОМПАНИЙ	83
---	----

Раздел 5

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ

<i>С. Ю. Тырышкин</i> СИМУЛИРОВАНИЕ КУБИТОВ В ИСХОДНОМ КОДЕ RYTHON 3	88
<i>А. Д. Астафьев, О. Е. Хорунжева</i> АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ КОМАНДИРОВОЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ФИЛИАЛОВ КОМПАНИИ	91
<i>О. В. Руденко, Е. С. Анищенко, Н. Н. Авакимян</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОГО СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ	95
<i>Е. С. Жердев</i> ОБЗОР МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	99
<i>С. В. Умбетов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ НА ТОКОПРОВОДЯЩИЕ ДОРОЖКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ	102
<i>С. П. Пронин, В. В. Тимофеев, С. В. Вейбер</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПО ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ	106
<i>Ю. А. Осокин, Л. Ю. Качесова, М. К. Орехов</i> КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ	111

Раздел 6

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТАХ

<i>Р. Е. Филимонов</i> РАЗНОВИДНОСТИ СКАНЕРОВ ШТРИХ-КОДОВ	115
<i>Д. Н. Ганин, А. Г. Зрюмова</i> ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА В СРЕДЕ UNITY3D	117
<i>О. И. Филатова</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОГО ФИТНЕС-ТРЕНЕРА	120
<i>Т. В. Котлубовская, Д. Е. Бондаренко, А. С. Карпов, П. Е. Зубов</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ СКЛАДА ОПТОВОЙ ТОРГОВЛИ	124
<i>И. Д. Парамонов, Т. А. Стопорева, А. В. Забалувев</i> АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОГО РОБОТА	129
<i>А. А. Чепуштанов, Я. В. Рыжков, И. В. Каминецкий</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИМ- ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОХРАННО-ПОЖАРНЫХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА	133
<i>А. А. Сидоренко, К. Китес</i> ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ	137
<i>У. Р. Тахаев, А. У. Менциев, Р. И. Алиев</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ	140

У. Р. Тахаев, А. У. Менциев, Р. И. Алиев
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ
РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ.....142

*Д. Е. Пузик, А. Ю. Левчук, Д. М., Пехота,
А. Г. Зрюмова*
КОНФИГУРАЦИЯ «УМНОГО ДОМА» ДЛЯ
ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА..... 144

М. А. Пасюта, Л. И. Сучкова
МЕТОДЫ И МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
ЧЕЛОВЕКА.....147

Д. Е. Пузик, С. Д. Сидоров, В. М. Рыжих
РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ..... 153

*А. Г. Зрюмова, А. Е. Зрюмов,
Д. Е. Пузик, К. А. Рассказов*
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ
СПОРТИВНОЙ ВИНТОВКИ В СРЕДЕ
КОМПАС 3D..... 155

М. С. Гонохов
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ
АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ПРИ
ПОМОЩИ БИБЛИОТЕКИ TKINTER НА
ОСНОВЕ ПАКЕТА
PYTEXTUREANALYSIS..... 158

Учредитель журнала:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова»

УДК 621.787: 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТОЧНОЙ СХОДИМОСТИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВТУЛОК, ОБРАБОТАННЫХ ДОРНОВАНИЕМ

Г. В. Лысак, И. А. Лысак
Томский политехнический университет,
г. Томск

Обработка дорнованием является перспективным способом упрочнения отверстий, выполненных лазерным селективным плавлением. Для выявления оптимальных параметров процесса эффективны численные исследования напряженно-деформированного состояния деталей после обработки. С целью определения остаточных напряжений втулок из стали средней углеродистости, обработанных дорнованием, была разработана двумерная осесимметричная модель с использованием CAE ANSYS. На основе результатов численного моделирования было установлено, что исследование сеточной сходимости позволяет уменьшить погрешность расчетов и получить более точные данные о напряженно-деформированном состоянии втулок. Анализ результатов расчета с использованием созданной модели, продемонстрировал хорошее совпадение с данными эксперимента и объемного моделирования. В дальнейшем для исследования взаимосвязи остаточных напряжений и различных параметров процесса дорнования для экономии вычислительных мощностей и временных затрат рационально использовать двумерную осесимметричную модель.

Ключевые слова: остаточные напряжения, конечно-элементный анализ, CAE ANSYS.

Введение

Детали, содержащие цилиндрические отверстия малого диаметра являются одними из наиболее распространенных элементов машин и механизмов, используемых в различных отраслях промышленности. Обычно такие детали являются элементами соединений, в связи с этим они подвержены значительным знакопеременным нагрузкам и деформациям, что может привести к их повреждению и выходу из строя. Прогрессивным методом получения отверстий в деталях является лазерное селективное плавление [1]. Усталостная прочность металлических деталей с отверстиями, изготовленными с использованием лазерной резки, как правило, невелика. Одним из наиболее эффективных методов улучшения усталостных характеристик таких деталей является метод дорнования. Этот метод основан на локальной пластической деформации, при котором происходит создание в окрестностях отверстия преднапряженной области.

Для определения остаточных напряжений во втулках при дорновании в машиностроении может быть полезно использовать как численные, так и экспериментальные методы, комбинируя их преимущества. Хотя экспериментальные методы могут быть полезны для проверки

и верификации результатов численных моделей, а также для изучения реального поведения материалов и взаимодействия в процессе дорнования. Они предоставляют более репрезентативные данные и помогают исключить влияние неучтенных факторов. Численные методы могут быть применены для получения более точных результатов и проведения оптимизаций процесса при учете различных физических явлений и вариаций параметров. Они также более экономичны, гибки в использовании и интенсивно развиваются последние годы [2–4].

Однако при обработке дорнованием возникают определенные трудности, связанные с определением оптимальных параметров процесса. Для этого необходимо проводить исследования напряженно-деформированного состояния втулок, обработанных дорнованием.

Цель исследования – создание и исследование сеточной сходимости осесимметричной двумерной модели напряженно-деформированного состояния втулок, обработанных дорнованием.

Методы исследования

Для исследования напряженно-деформированного состояния втулок, обработанных дорнованием, была использована осесимметричная модель. Она представляет со-

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТОЧНОЙ СХОДИМОСТИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО–ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВТУЛОК, ОБРАБОТАННЫХ ДОРНОВАНИЕМ

бой упрощенную геометрию втулки, которая позволяет уменьшить количество расчетных элементов и ускорить процесс моделирования. Для построения модели был использован программный комплекс ANSYS.

В качестве материала для моделирования была выбрана сталь средней углеродистости, так как она является наиболее распространенным материалом для изготовления втулок. В качестве материала дорна выбран твердый сплав ВК8. Прочностные и упругие свойства материалов приведены в таблице 1. Диаметр отверстия составлял 5 мм, дорна – 5,17 мм.

Таблица 1 – Механические свойства используемых материалов

Материал	Сталь 50	ВК8
Модуль упругости E, МПа	$2,07 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$
Коэффициент Пуассона(μ)	0,276	0,2
Предел прочности при изгибе, МПа	230	1400
Предел прочности при сжатии, МПа	630	4700
Плотность, кг/м ³	7860	14400

В математической модели использовались следующие граничные условия (рисунок 1): контакт поверхностей дорна и втулки – “Frictional Contact” с коэффициентом трения 0,07; верхняя поверхность дорна – “Displacement” (A) скорость перемещения в осевом направлении 8мм/с; на наружные ребра втулки наложено ограничение всех перемещений (B); задано условие осевой симметрии.

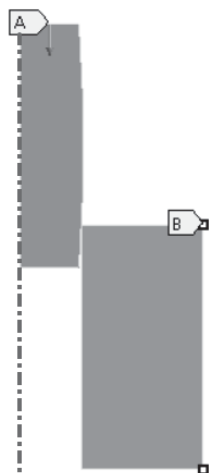


Рисунок 1 – Граничные условия модели

Для создания сетки расчетной области использовался редактор ANSYS Meshing. Сетка была построена с учетом особенностей геометрии втулки и ее обработки дорнованием. Расчетная область описывалась структурированными сетками на основе прямоугольных элементов (рисунок 2).

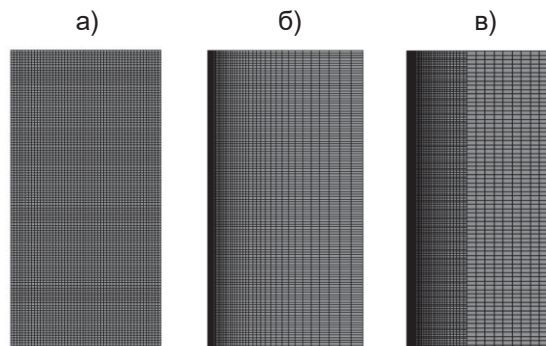


Рисунок 2 – Сеточные модели

Здесь, а – равномерная прямоугольная сетка; б – прямоугольная сетка с уплотнением в области отверстия (bias); в – блочная сетка с разной степенью детализации (split).

Для обеспечения сеточной сходимости было проведено несколько расчетов с различной степенью детализации и сгущения сетки и выбрана наиболее оптимальная сетка.

Результаты исследования

Обработка дорнованием оказывает значительное влияние на напряженно–деформированное состояние втулок. Она позволяет улучшить их выносливость и повысить срок службы, однако требует проведения предварительных расчетов для определения оптимальных параметров процесса.

После проведения расчетов были получены результаты, отражающие напряженно–деформированное состояние втулки после обработки дорнованием. Были вычислены значения остаточных окружных напряжений и деформаций в сечениях втулки, а также проведен анализ их распределения (рисунок 3).

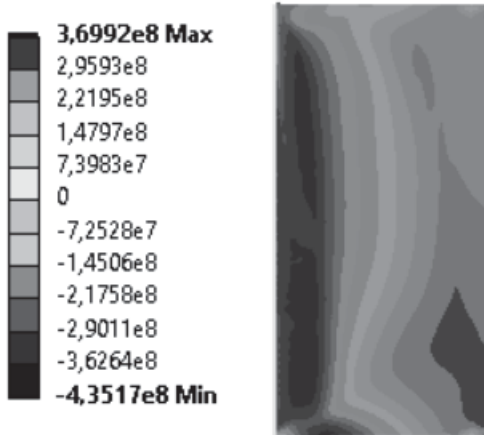


Рисунок 3 – Распределение остаточных окружных напряжений в сечении втулки

Из диаграммы видно, что сжимающие остаточные окружные напряжения локализованы в окрестности отверстия. Для анализа сечеточной сходимости выбраны траектории в радиальном и осевом направлениях втулки, представленные на рисунке 4.



Рисунок 4 – Траектории сбора значений остаточных окружных напряжений

На рисунках 5 и 6 представлены диаграммы значений окружных остаточных напряжений, рассчитанных при различной плотности конечноэлементной сетки.

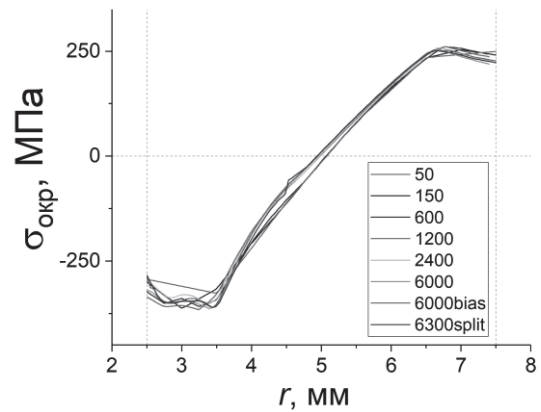


Рисунок 5 – Окружные остаточные напряжения вдоль траектории А1–А2

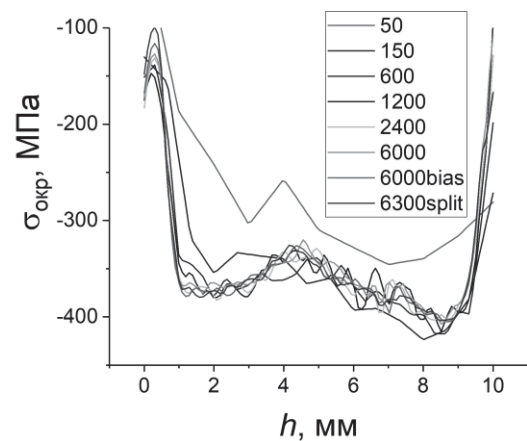


Рисунок 6 – Окружные остаточные напряжения вдоль траектории В1–В2

Согласно представленным данным можно сделать заключение о незначительной чувствительности осесимметричной модели к размерности сетки при разбиении расчетной области более чем на 1200 элементов в следствие того, что масштабы возникающих в материале эффектов сопоставимы с размером ячейки сетки.

На рисунке 7 представлено сравнение результатов численного и экспериментального определения остаточных окружных напряжений: полученных с использованием трехмерной модели, представленной в литературе [5] – кривая 1; определенных экспериментально авторами работы [6] – точки 2; рассчитанных с использованием созданной осесимметричной модели – кривая 3.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТОЧНОЙ СХОДИМОСТИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО–ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВТУЛОК, ОБРАБОТАННЫХ ДОРНОВАНИЕМ

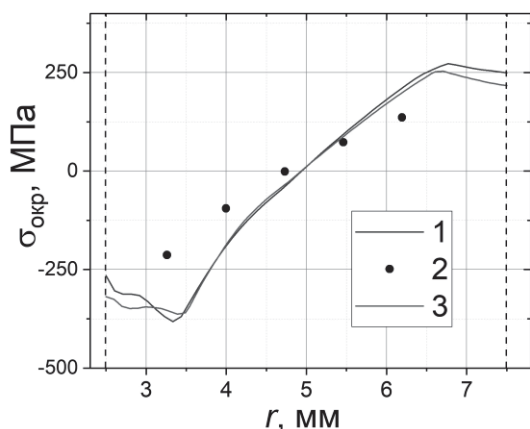


Рисунок 7 – Диаграммы остаточных окружных напряжений вдоль траектории А1–А2, определенных экспериментально и численно

Также было определено, что сеточная сходимость является одним из важных факторов точности результатов расчетов. При увеличении количества элементов в сетке, значения напряжений и деформаций стабилизировались и приблизились к экспериментальным данным. Это подтверждает необходимость проведения исследования сеточной сходимости для достижения более точных результатов.

Заключение

Анализ результатов численного моделирования продемонстрировал, что при увеличении размерности расчетной сетки более 1200 элементов результаты расчета остаточных окружных напряжений меняются слабо. Таким образом, использование конечных элементов с размером стороны менее 0,1–0,2 мм не целесообразно.

Результаты расчета напряженно-деформированного состояния стальной втулки, с использованием созданной двумерной осесимметричной модели, хорошо согласуются с результатами объемного моделирования и экспериментальными данными. Следовательно, для численного исследования остаточных напряжений с целью экономии вычислительных мощностей и временных затрат рационально использовать двумерную осесимметричную модель.

В дальнейшем, для более полного и точного понимания процесса обработки дорнова-

нием, требуется провести исследование влияния различных параметров на напряженно-деформированное состояние втулок с использованием разработанной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Gao, P. Effects of Hole Cold expansion on fatigue behaviors of AlSi10Mg plate manufactured by selective laser melting / P. Gao, B. Zhang, M. Wang, T. Zan, X. Gao P. Zhao // Journal of Materials Engineering and Performance. <https://doi.org/10.1007/s11665-023-08701-y>.
- Yan, W. Study on the residual stress distribution of Bi-directional cold expansion process performed on open holes / W. Yan, Y. Wang, S. Liang, S. Huo // Journal of Pressure Vessel Technology, 145(4). <https://doi.org/10.1115/1.4062179>.
- Lysak, I.A. Efficiency optimization of an annular-nozzle air ejector under the influence of structural and operating parameters / I.A. Lysak, G.V. Lysak, V.Y. Konyukhov, A.A. Stupina, V.E. Gozbenko, A.S. Yamshchikov // Mathematics 2023, 11, 3039. <https://doi.org/10.3390/math11143039>.
- Zheng, G. Investigation on fatigue performance of open hole plates treated by dynamic cold expansion under large expansion size based on electromagnetic loading / G. Zheng, Z. Cao, R. Talemi // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 46(11). <https://doi.org/10.1111/ffe.14127>.
- Лысак, И.А. Численное исследование остаточных напряжений в цилиндрических образцах, подвергнутых одноциклового дорнованию по схеме сжатия / И.А. Лысак, Ю. Лю, Г.В. Лысак. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2021. – №4. – с. 33–35.
- Скворцов, В.Ф. Применение метода Н.Н. Давиденкова для оценки окружных остаточных напряжений в обработанных дорнованием полых цилиндрах / В.Ф. Скворцов, А.Ю. Арляпов, А.О. Бознак, И.И. Оголь. – Текст: непосредственный // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4 – № 4. – С. 65–70.

Лысак Галина Владиленовна – ст-т гр.
4АМ2К ОМШ ИШНПТ ТПУ, тел.: 83822701777,
e-mail: h-0-h@yandex.ru;

Лысак Илья Александрович – к.т.н. доцент
ОМШ ИШНПТ ТПУ, тел.: 83822701777, e-mail: doc@tpu.ru.

УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-СПЛОШНОГО МУЛЬТИСКАНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

А. А. Метелева, Ю. К. Шелковников, Н. И. Осипов
Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
г. Ижевск

Рассмотрены вопросы измерения координат, скоростей и ускорений быстроперемещающихся объектов с применением дискретно-сплошного мультискана. Разработано устройство на основе фотопотенциометрического следящего варианта включения мультискана. Показано, что разработанное устройство имеет более широкие функциональные возможности и повышенные помехозащищенность и метрологические характеристики.

Ключевые слова: дискретно-сплошной мультискан, фотопотенциометрический вариант включения, модуляция светового излучения, помехозащищенность

Введение

Одной из актуальных и технически сложных задач является измерение параметров движения объектов – линейных координат, перемещений, скоростей и ускорений подвижных органов многочисленных систем автоматического управления различными объектами и технологическими процессами.

Целью работы является разработка устройства для измерения линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений быстроперемещающихся объектов (в частности, откатных частей спецобъектов; в аппаратуре для контроля вибропрочности изделий ракетно-космической техники и др. [1, 2]).

Параметры движения объектов (пройденный путь, скорость и ускорение) связаны между собой простейшими дифференциальными или интегральными зависимостями (если x – мгновенное значение пройденного пути, то значение мгновенной скорости $v = dx/dt$, а значение ускорения $a = d^2x/dt^2$). Поэтому значение скорости может быть найдено как интеграл от ускорения, а пройденный путь – как интеграл от скорости по времени. Можно выделить две группы методов измерения этих параметров. В первую группу входят бесконтактные (автономные) методы, основанные на измерении сил (ускорений), действующих на движущийся объект. Широко распространение получили приборы этого класса – компактные инерциальные измерители с пьезоэлектрическим преобразователем, к которому сверху приклеивается инерционная масса. При работе преобразователь испытывает усилия, пропорциональные измеряемому ускорению; количество электри-

чества, создаваемое пьезоэлементом, также будет пропорционально мгновенному значению ускорения. Ко второй группе относятся методы измерения параметров относительного движения, осуществляемые за счет физического или информационного контакта между движущимся объектом и системой. Входными величинами в приборах, основанных на этих методах, являются перемещение и скорость. Наибольшее применение в приборах данной группы нашли устройства на основе координатно-чувствительных фотоприемников (в частности, телевизионных сканисторных р-п-р структур).

Устройства на основе телевизионного мультискана используются в технике двойного применения для измерения угловых и линейных перемещений, скоростей, ускорений, размеров и взаимного расположения объектов. Следует отметить, что при анализе динамики быстропротекающих процессов весьма часто возникает необходимость определения местоположения и освещенности одиночных световых зон (СЗ), перемещающихся по фоточувствительной поверхности структуры со скоростями до 100 м/сек, или величин их смещений – скоростей и ускорений. Использование для этой цели времени импульсного режима работы сканисторной структуры приводит к динамической погрешности, если для измерения местоположения световой зоны используется временной интервал от максимума видеосигнала до момента окончания опроса мультискана, так как к концу опроса измеренное значение координаты середины СЗ (в зависимости от совпадения направления ее движения с направле-

УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-СПЛОШНОГО МУЛЬТИСКАНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

нием роста пилообразного напряжения опроса) уже не будет соответствовать ее действительному значению (измеренному при неподвижной СЗ). Для устранения рассмотренной динамической погрешности можно использовать временной интервал от начала опроса мультискана до характерной точки видеосигнала с выдачей результата измерений в момент опроса этой точки. Однако это приводит к неравномерному квантованию во времени траектории движения световой зоны и сложности аппаратной реализации цифрового дифференцирования.

Для решения задач анализа быстропротекающих процессов движения объектов наиболее целесообразно использовать фотопотенциометрический следящий режим работы дискретно-аналогового фотоприемника – телевизионного мультискана, обладающего более высокими быстродействием, разрешением по координате, простотой электронной схемы [3-5]. Представление для этого варианта включения выходного сигнала мультискана в аналоговой форме позволяет с помощью прецизионных аналоговых дифференциаторов просто и точно определять скорость и ускорение контролируемого объекта, а в сочетании с аналого-цифровым преобразованием видеоинформации с мультискана использовать рациональные цифровые методы ее обработки [6, 7].

Включение мультискана в фотопотенциометрическом следящем режиме

Мультискан представляет собой сканисторную р-п-р структуру в виде линейки ячеек, каждая из которых состоит из трех фоточувствительных диодов с общим «анодом» (два из них являются коммутационными), двух продольно распределенных резистивных делителей и низкоомную выходную шину (рисунок 1). «Катодами» коммутационные диоды подключены к резистивным делителям, а фотодиоды – к выходной шине. Коммутационные диоды могут иметь меньшую площадь, чем фотодиоды.

При работе мультискана в фотопотенциометрическом следящем режиме (рисунок 2) выходной интегральный ток от всей структуры (как и во время-импульсном режиме) представляет собой разность фототоков $\Delta I(x_i)$, собранных с фотоячеек по обеим сторонам от положения нулевой эквипотенциали:

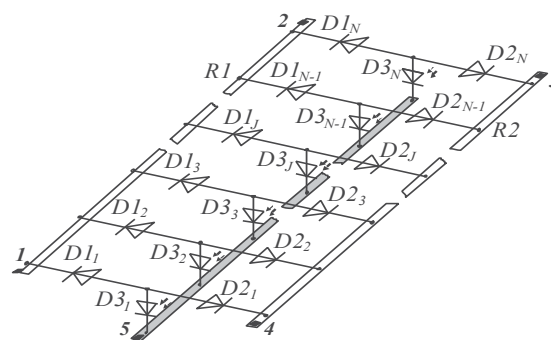


Рисунок 1 – Эквивалентная схема мультискана

$$\Delta I(x_i) = k_1 \int_0^{x_i} \Phi^{III}(x) \cdot dx - k_2 \int_{x_i}^L [\Phi^I(x) + \Phi^{II}(x)] \cdot dx, \quad (1)$$

где $\Phi^I(x)$, $\Phi^{II}(x)$ и $\Phi^{III}(x)$ – освещенность коммутационных диодов и фотодиодов ячеек; k_1 , k_2 – коэффициенты фоточувствительности фотодиодов и коммутационных диодов; x_i и L – текущая линейная координата нулевой эквипотенциали и длина мультискана.

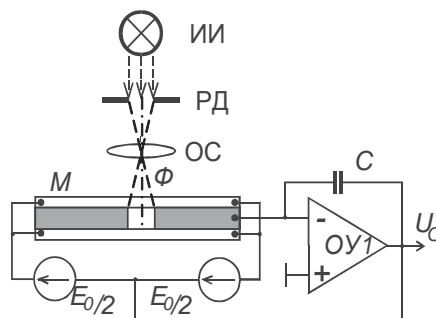


Рисунок 2 – Включение мультискана по схеме "фотопотенциометр"

Выходной ток $\Delta I(x_i)$ мультискана преобразуется интегратором ОУ1 в напряжение U_c , которое изменяет положение нулевой эквипотенциали до момента t_k равенства фототоков по обе её стороны. Установившееся при $\Delta I(x_i) = 0$ напряжение u_x на конденсаторе C равно:

$$u_x = \frac{1}{C} \cdot \int_0^{t_k} \Delta I(x_i) \cdot dt, \quad (2)$$

где C – емкость конденсатора; $\Delta I(x_i) = 0$ при $x = x_c$; x_c – координата центра светового пятна относительно середины фоточувствительной поверхности:

$$x_c = \frac{u_x}{2 \cdot E_0} \cdot L. \quad (3)$$

Влияние световых помех и продольной неравномерности темновых токов можно уменьшить применением амплитудной модуляции светового сигнала. При этом сигналы управления положением нулевой эквипотенциали формируются из переменной составляющей выходного тока мультискана с частотой модуляции путем их фильтрации полосовым фильтром и синхронного детектирования.

Результаты и их обсуждение

Структурная схема разработанного устройства на основе мультискана для одновременного измерения линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений объектов представлена на рисунке 3 (где МС1, МС2 – первый и второй мультисканы; Об – контролируемый объект; 34, 35 – половины зеркала, закрепленного на объекте; ИИИ – источник информационного модулированного светового излучения; ИИК1, ИИК2 – первый и второй источники калибровочного модулированного излучения; ГМС – генератор модулирующих сигналов; Ком – коммутатор, осуществляющий попеременное включение источников излучения ИИИ, ИИК1 (ИИИ, ИИК2) для формирования информационной ИИИ и калибровочной ИИК1 (ИИК2) световых зон на фоточувствительной поверхности мультискана МС1 (МС2); ВШ1, ВШ2 – выходные шины мультисканов МС1, МС2; ПТН1, ПТН2 – первый и второй преобразователи тока-напряжения; ПФ1, ПФ2 – первый и второй полосовые фильтры; СД1, СД2 – первый и второй синхронные детекторы; Инт1, Инт2 – первый и второй интеграторы; АЦП1, АЦП2 – первый и второй аналого-цифровые преобразователи; МП – микропроцессор).

Работа устройства заключается в следующем. С целью увеличения помехозащищенности измерений мультисканы МС1, МС2 используются в режиме модуляции яркости светового излучения. В исходном состоянии I объекта Об модулированный поток излучения от источника ИИИ проецируется на половины 34, 35 зеркала и симметрично отражается на дискретно-сплошные мультисканы МС1, МС2 таким образом, что расстояние x_1 световой зоны от начала первого дискретно-сплошного мультискана равно расстоянию x_2 световой зоны от начала второго мультискана. При этом треугольник ОВС, имеющий угол ВОС, равный $0,5 - 2'$ (этим углом регулируется масштаб уменьшения перемещения объекта Об порядка 1500 мм до длины дискретно-сплошного мультискана не более 30 мм) можно считать равнобедренным при любом

положении световых зон на мультисканах МС1, МС2. Из рассмотрения треугольника ОВС следует:

$$OD = (r + x_1 + x_2) / 2 \operatorname{tg}(\alpha / 2) = K_1(r + x_1 + x_2), \quad (4)$$

где r – базовое расстояние между началами дискретно-сплошных мультисканов;

$K_1 = 0,5 \operatorname{tg}(\alpha / 2)$ – постоянный масштабный коэффициент.

В процессе движения объекта половины 34, 35 зеркала переместятся на длину, равную расстоянию:

$$S = OO' = K_1[(x_1 + x_2) - (x_1' + x_2')] = x_1'' + x_2'', \quad (5)$$

где x_1' , x_2' – новые координаты световых зон на мультисканах МС1, МС2.

Однако $x_2 > x_1$, так как ось объекта Об имеет угловой перекося с углом $\beta = \angle DO'D_1$, где

$$\operatorname{tg} \beta = (x_2 - x_1) / (2K_1(r + x_1 + x_2)) \quad (6)$$

Дифференцируя выражение для перемещения объекта Об, имеем:

$$V = dS / dt = K_1(dx_1' / dt + dx_2' / dt). \quad (7)$$

Таким образом, по перемещениям x_1 , x_2 световых зон на мультисканах МС1, МС2 можно судить о величине пути и скорости движущегося объекта Об, а также его угловых перекосях в любой точке траектории. Электронная схема устройства работает следующим образом. Источник калибровочного модулирующего излучения ИИК1 (ИИК2) при помощи питающего генератора модулирующих сигналов ГМС, коммутатора Ком осуществляет попеременное включение источников излучения ИИИ, ИИК1 (ИИК2) для формирования информационной ИИИ и калибровочной ИИК1 (ИИК2) световых зон на фоточувствительной поверхности дискретно-сплошного мультискана МС1 (МС2), координаты центров которых однозначно зависят от перемещений объекта Об. Последовательно соединенные источники напряжения смещения ИНС1, ИНС2 (ИНС3, ИНС4), подключенные к резистивной делительной шине ДШ1 (ДШ2), обеспечивают продольно распределенное напряжение смещения фотодиодных ячеек мультискана МС1 (МС2). Потенциал общей точки источников напряжения смещения ИНС1, ИНС2 (ИНС3, ИНС4) определяет линейное положение нулевой эквипотенциали на фоточувствительной поверхности. При нулевом потенциале общей точки источников напряжения смещения ИНС1, ИНС2 (ИНС3, ИНС4) с равным напряжением эквипотенци-

УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНО-СПЛОШНОГО МУЛЬТИСКАНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ, СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ОБЪЕКТОВ

аль занимает положение посередине фоточувствительной поверхности (например, при первоначальном включении и независимо от освещенности).

При попеременном появлении на фоточувствительной поверхности дискретно-сплошного мультискана МС1 (МС2) световых зон ИИИ, ИИК1 (ИИИ, ИИК2) в выходную шину ВШ1 (ВШ2) формируется пульсирующий с

частотой модуляции выходной ток $\Delta I(x_i)$, полярность которого определяется положением центра световой зоны относительно положения эквипотенциали, а амплитуда – разностью фототоков фотодиодных ячеек, расположенных по обе ее стороны.

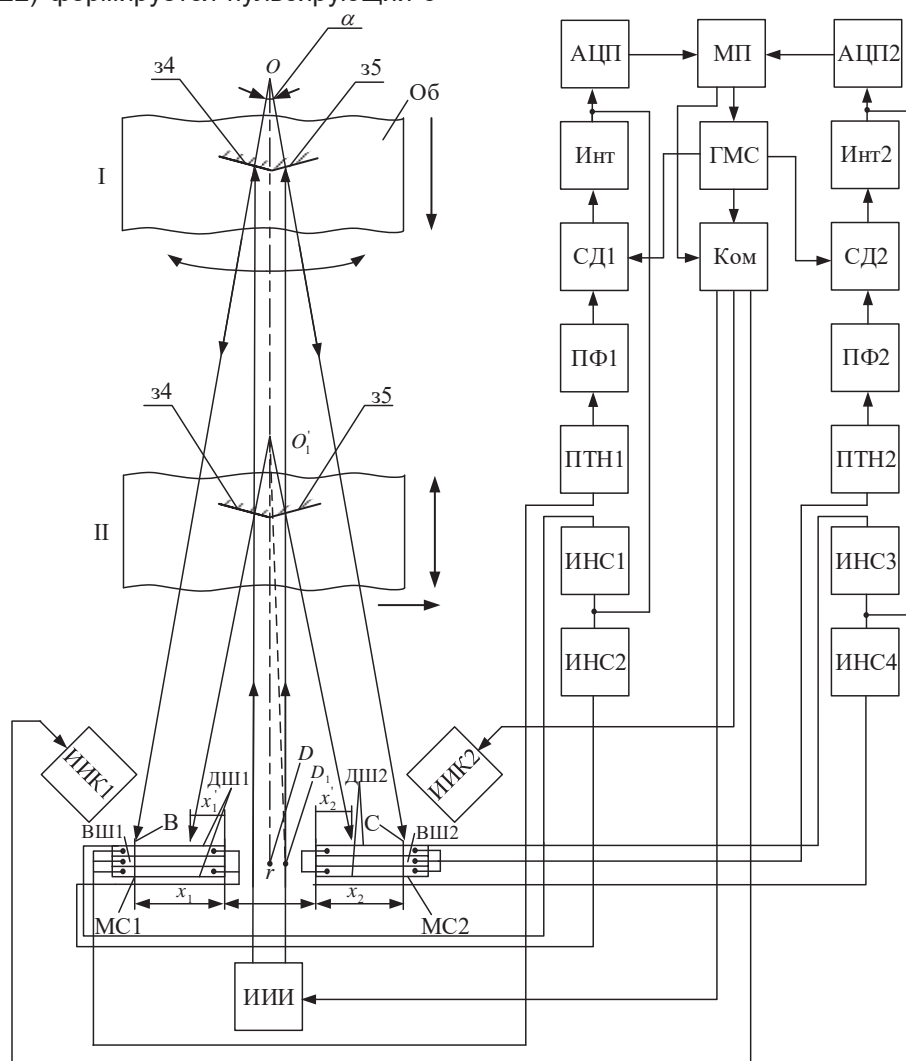


Рисунок 3 – Структурная схема устройства для измерения линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений объектов

При перемещении объекта Об информационная световая зона смещается от своего первоначального нулевого положения и микропроцессор МП производит вычисление перемещений, скоростей и ускорений объекта Об относительно положения неподвижной калибровочной световой зоны (при этом отсутствует погрешность от одинаковых нестабильностей измеряемых напряжений, соот-

ветствующих текущим координатам информационной и калибровочной световых зон).

Следует отметить, что угловые перемещения половин 34, 35 зеркала, закрепленного на объекте Об, не влияют на его измеряемые линейные перемещения S при движении, так как согласно схеме, представленной на рисунке 3, и формуле (5) увеличение (уменьшение) координаты x_1'' на мультискане МС1 приводит к соответствующему и равному

уменьшению (увеличению) координаты x_2'' на мультискане МС2, что соответствует неизменности суммы ($x_1'' + x_2''$). При этом одинаковые увеличения (уменьшения) координат x_1, x_2 при перемещениях объекта Об приводят к неизменности разности ($x_2 - x_1$) в формуле (3) для его угловых перекосов, и, в целом, к независимости друг от друга измеряемых линейных и угловых перемещений контролируемого объекта Об.

Выводы

Предложенное устройство имеет более широкие функциональные возможности по сравнению с традиционными схемами, так как позволяет одновременно измерять с повы-

шенной точностью как линейные, так и угловые перемещения, скорости и ускорения объектов за счет введения отражающего зеркала в виде двух половин, установленных на объекте, и двух телевизионных мультисканов с фотопотенциометрическим аналоговым режимом работы. Повышенные помехозащищенные и метрологические характеристики устройства достигаются использованием режима модуляции про попеременном включении источников излучения для формирования информационной и калибровочной световых зон на фоточувствительных поверхностях мультисканов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ 2767589, МПК G01B 21/00. Устройство для измерения линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений объектов / Альес М.Ю., Шелковников Ю.К., Архипов И.О., Метелева А.А. – Бюл. №8, 17.03.2022. – Текст: непосредственный.

2. Молин, С.М. Методы и средства динамической диагностики и управления вибрационными испытаниями изделий ракетно-космической техники: специальность 05.11.13 "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Молин Сергей Михайлович; Физико-технический институт УрО РАН. – Ижевск, 2000. – 24 с. – Текст: непосредственный.

3. Alies, M.Y. Method and device based on multi-scan for measuring the geometric parameters of objects / M.Y. Alies, Y.K. Shelkovnikov, M. Saga, M. Vasko, I. Kuric, E.Y. Shelkovnikov, A.I. Korshunov, A.A. Meteleva // Processes. 2021. V.9. №1. P. 24.

4. Липанов, А.М. Использование телевизионного сканистора в технике двойного применения / А.М. Липанов, Ю.К. Шелковников. – Текст: непосредственный // Известия РАРАН. – 2005. – № 2. – С. 71.

5. Липанов, А.М. Влияние физических особенностей телевизионной сканисторной структуры

на точность измерения непрямолинейности ствольных труб / А.М. Липанов, Ю.К. Шелковников, А.В. Алиев. – Текст: непосредственный // Интеллектуальные системы в производстве. – 2012. – №2. – С. 112-117.

6. Липанов, А.М. Применение дискретно-сплошной структуры мультискана в опико-электронных измерительных устройствах / А.М. Липанов, Ю.К. Шелковников, Н.И. Осипов. – Текст: непосредственный // Датчики и системы. – 2003. – №2. – С. 46-49.

7. Оболенсков, А.Г. Опыт создания контрольно-измерительных устройств на основе позиционно-чувствительного датчика «мультискан» / А.Г. Оболенсков, С.М. Латыев, С.С. Митрофанов, Б.Г. Подласкин. – Текст: непосредственный // Оптический журнал. – 2016. Т. 83. №2. С. 57-61.

Метелева Анастасия Алексеевна – м.н.с. УдмФИЦ УрО РАН, тел 89129163028, e-mail: meteleva-nami@rambler.ru;

Шелковников Юрий Константинович – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, тел 89097140096, yushelk@mail.ru;

Осипов Николай Иванович – к.т.н., старший научный сотрудник, тел 89226801578, niosip@mail.ru.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТУ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛА И РАСПОЗНАВАНИЮ ДЕФЕКТОВ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

**Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев, С. П. Пронин,
Л. И. Акишин, В. В. Крафт**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Предложены методы анализа дефектов асинхронного электрического двигателя. На основе математических формул ГОСТ ISO 20958 смоделированы сигналы с возможными дефектами. Выполнено вейвлет-преобразование модельных сигналов и получены «портреты» двигателей с различными дефектами в частотной области. Обучена сверточная нейронная сеть для определения различных дефектов по построенным моделям. Результаты нейронной сети показали удовлетворительное распознавание дефектов.

Ключевые слова: дефекты электродвигателя, мониторинг, частотный анализ, переходные характеристики, вейвлет-преобразование, гармоники.

Введение

Контроль износа компонентов электродвигателей является важной задачей, поскольку неисправные механизмы приводят к снижению производительности, надежности и даже к его поломке. Постоянный мониторинг позволяет определять срок замены или ремонта компонентов, а значит устранять возможные производственные проблемы.

Контроль технического состояния электродвигателей осуществляют по их электрическим параметрам, такие как: ток, напряжение, частота [1]. Очевидно, что изменения этих параметров в процессе эксплуатации свидетельствуют о неисправности электродвигателя.

Сигналы с электродвигателя представляют гармонические функции. Неисправности к этим «чистым» гармоникам привносят дополнительные гармонические составляющие. Из-за дискретизации процесса сбора данных, шумов и малых амплитуд дополнительных гармоник поиск этих гармоник оказывается непростой задачей.

Самым распространенным методом диагностики двигателей является метод анализа спектра потребляемого тока [2]. Более совершенным методом является метод вейвлет-анализа состояния обмоток электрических машин [3]. Несмотря на более широкие возможности вейвлет-преобразования по сравнению с дискретным преобразованием Фурье, вейвлет-анализ оказывается более

сложным инструментом. Поэтому разумно возложить функцию анализа вейвлет-изображения на нейронную сеть.

Цель – смоделировать тестовые сигналы асинхронного двигателя и оценить его техническое состояние по результату вейвлет-преобразования и распознаванию дефектов нейронной сетью.

Виды неисправностей

Основные дефекты и их математическое представление перечислены в ГОСТе ISO 20958 [1].

Появление дополнительных частотных составляющих в сигнале тока работающего двигателя могут свидетельствовать о наличии таких повреждений, как нарушение целостности обмотки ротора (повреждение лакокрасочного покрытия, короткое замыкание), эксцентриситет воздушного зазора, различных дефектов подшипника качения и др. (рисунк 1).

Средства и методы эксперимента

Предлагаемый метод анализа и оценки работоспособности электродвигателей по их электрическим параметрам включает следующие процедуры:

- генерацию данных работы двигателя (АЧХ) с использованием математических моделей;
- вейвлет-преобразование сгенерированных данных;
- разделение графиков на классы, соответствующих названиям возможных дефек-

тов электродвигателей (дефекты подшипника, клетки ротора и эксцентриситет воздушного зазора);

– обучение модели нейронной сети для распознавания графиков вейвлет-преобразования;

– тестирование нейронной сети на уникальных графиках вейвлет-преобразования.

Вид неисправности	Формула
Дефекты клетки ротора	$f_c = (1 \pm 2ks)f_1^*$
Межвитковые замыкания в обмотке статора	$f_{st} = \frac{n}{p}(1-s) \pm k^*$
Износ подшипника скольжения	$f_e = f_1 + mf_r^*$
Эксцентриситет воздушного зазора	$f_{ec} = f_1 \left(R_s \frac{1-s}{p} \pm \eta_{ws} \right) \pm f_1 \left(\frac{1-s}{p} \right)^*$

Рисунок 1 – Математические формулы для анализа электродвигателей [1]

Модели сигналов без дефектов и с дефектами сгенерированы в среде MathCad 15.

В данном случае используются такие переменные, как изменяемые параметры неисправностей (рисунок 2).

Таблица 1 – Диапазон изменения параметров

Изменяемый параметр	Начальное значение	Конечное значение	Шаг
f	45	55	1
s	0,05	0,2	0,05
Ar	0,1	0,2	0,01
Ap	0,05	0,15	0,01
An	0,1	0,2	0,01

$$\begin{aligned}
 f &:= 50 & s &:= 0.3 & p &:= 2 \\
 fr &:= f \cdot s & m &:= 1 & R_s &:= 8 \\
 - & & Ar &:= 0.01 & & \\
 Ap1 &:= 0.1 & Ap2 &:= -0.1 & & \\
 fc1 &:= (1 + 2 \cdot s)f = 80 & fc2 &:= (1 - 2s)f = 20 & & \\
 An1 &:= 0.09 & An2 &:= -0.01 & & \\
 fe &:= f + m \cdot fr = 65 & y &:= 3 & & \\
 fn1 &:= 50 \left[y + R_s \frac{(1-s)}{p} \right] + f \cdot \left[\frac{(1-s)}{p} \right] & & & & \\
 fn2 &:= 50 \left[y + R_s \frac{(1-s)}{p} \right] - f \cdot \left[\frac{(1-s)}{p} \right] & & & &
 \end{aligned}$$

Рисунок 2 – Модели сигналов, полученные в среде MathCad [1]

На рисунке 2 представлены следующие параметры:

f – частота сетевого напряжения;

Ap, An, Ar – коэффициенты амплитуд

fc1, fc2 – "видимые" частоты вращения ротора;

fn1, fn2 – частота несимметрии вращения ротора (эксцентриситет);

fe – частота воздействий дефекта подшипника;

Rs – количество клеток ротора;

P – количество полюсов.

В таблице 1 указаны значения изменяемых параметров модели, по которым производился расчет АЧХ сигнала. Полученные значения сохранялись в текстовые файлы.

В итоге были сгенерированы 250 сигналов с различной амплитудой и частотой для идеального сигнала и сигналов с дефектами (таблица 1).

К полученным сигналам применяли вейвлет-преобразование. По своей сути вейвлет – это фильтр, который выделяет определенные частоты [4].

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ
ПО РЕЗУЛЬТАТУ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛА
И РАСПОЗНАВАНИЮ ДЕФЕКТОВ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

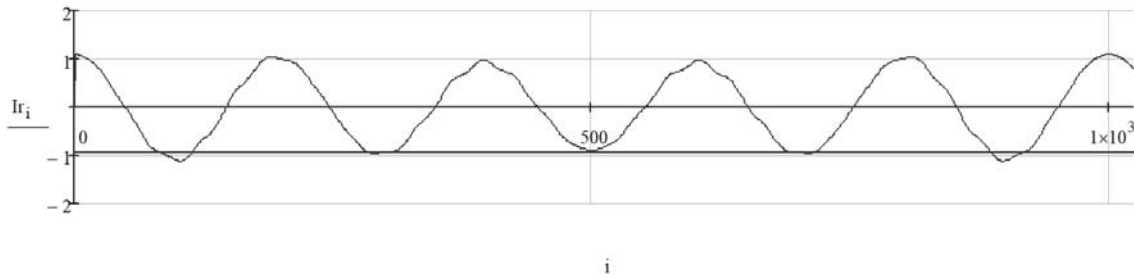


Рисунок 3 – График функции дискретных данных математической модели

Результаты работы вейвлета могут быть представлены в необходимой амплитудно-частотной области в виде 2D или 3D-изображения, что может быть эффективно использовано для дальнейшей обработки при помощи искусственной нейронной сети.

Полученные графики вейвлет-преобразований данных напряжения, сгенерированных по математическим моделям, представлены на рисунках 4-6.

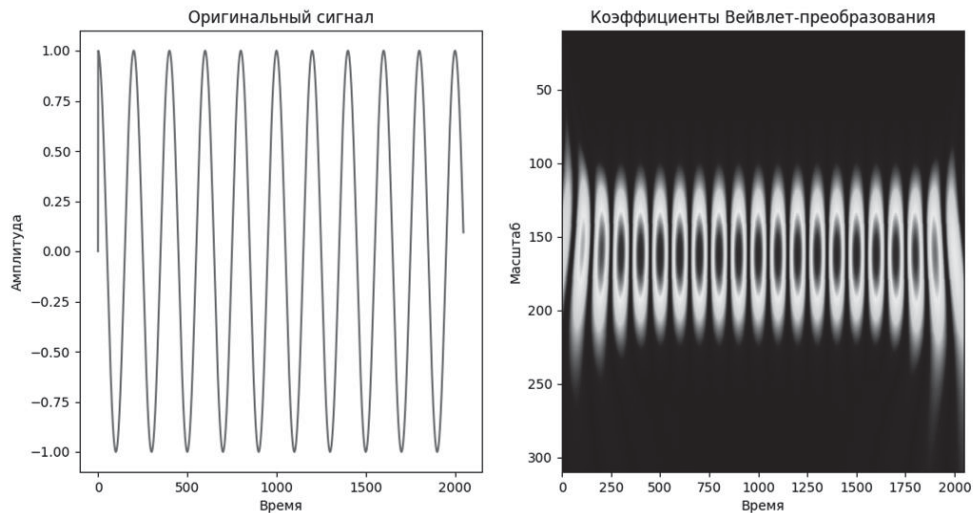


Рисунок 4 – Вейвлет-преобразование сгенерированного файла при отсутствии дефектов

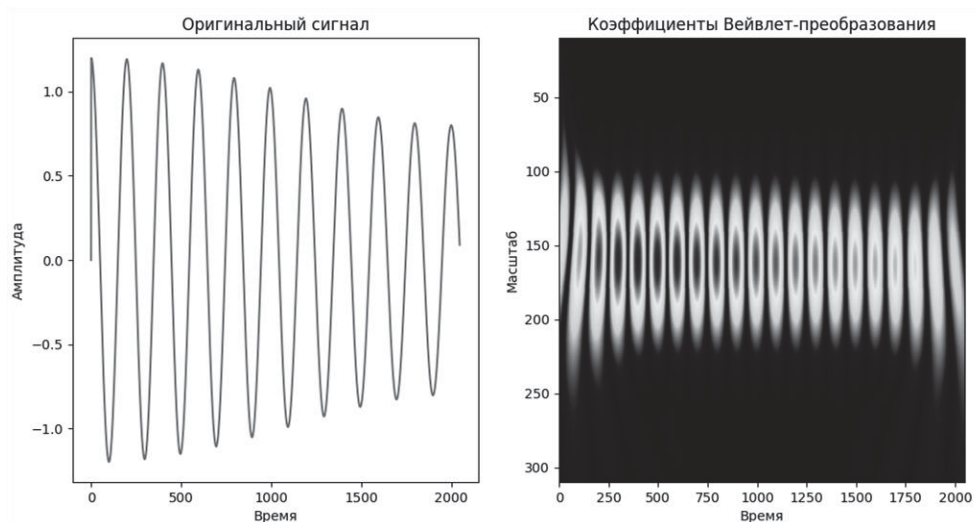


Рисунок 5 – Вейвлет-преобразование данных с дефектом подшипника

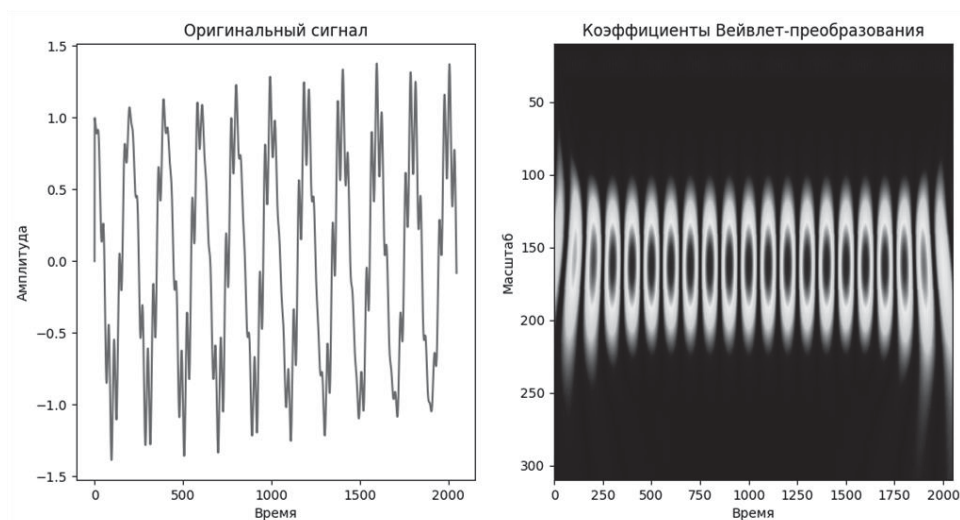


Рисунок 6 – Вейвлет-преобразование данных с дефектом эксцентриситета воздушного зазора

Полученные изображения достаточно сложны для визуального анализа. Поэтому для дальнейшей классификации неисправностей применяли сверточную нейронную сеть.

Для создания модели нейронной сети использовали онлайн-сервис Teachable Machine.

Teachable Machine – это веб-версия инструмента, которая позволяет всем желающим легко создать модель машинного обучения.

Таблица 2 – Результаты тестов с разными классами

Класс	Результат распознавания (%)
Дефект эксцентриситета воздушного зазора (eccentricity)	87,49
Дефект подшипника (bearing)	90,21
Дефект клетки ротора (rotorcage)	83,56
Дефект подшипника и клетки ротора (br_rc)	85,93
Дефект подшипника и эксцентриситета воздушного зазора (br_ec)	83,12
Дефект клетки ротора и эксцентриситета воздушного зазора (rc_ec)	96,43

Всего в обучении участвовало 7 различных классов, в которых находилось по 40 графиков вейвлет-преобразования различных сигналов с дефектами и 10 графиков

идеального сигнала. Ниже приведены название классов и их обозначение:

- bearing – дефект подшипника;
- rotorcage – дефект клетки ротора;
- eccentricity – дефект эксцентриситета воздушного зазора;
- serviceable – идеальный сигнал;
- bearing и rotorcage (br_rc) – дефект подшипника и клетки ротора;
- bearing и eccentricity (br_ec) – дефект подшипника и эксцентриситета воздушного зазора;
- rotorcage и eccentricity (rc_ec) – дефект клетки ротора и эксцентриситета воздушного зазора.

Тестирование проводилось на графиках, не участвовавших в обучении (таблица 2).

Обсуждение и выводы

С помощью математических моделей были получены сигналы исправного асинхронного двигателя и двигателя с определенными дефектами.

В результате вейвлет-анализа полученных сигналов сформированы и распределены по классам выборки изображений, соответствующих выбранным дефектам.

Результаты нейронной сети показали удовлетворительное распознавание дефектов.

В дальнейшем планируется сформировать аналогичную базу изображений, построенных по данным действующего электродвигателя, и провести их сравнение с моделями, а также между собой по классам дефектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ISO 20958—2015 Контроль состояния и диагностика машин. Сигнатурный анализ

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ
ПО РЕЗУЛЬТАТУ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛА
И РАСПОЗНАВАНИЮ ДЕФЕКТОВ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

электрических сигналов трехфазного асинхронного двигателя. ГОСТ от 12 ноября 2015 г. №82-П. – Текст: непосредственный.

2. Федоров, Д.В. Диагностика электрических двигателей на основе анализа спектра потребляемого тока / Д.В. Федоров. – Текст: непосредственный // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2007. – Вып.2(11). – С.69-75.

3. Чамкин, А.М. Метод вейвлет-анализа для контроля состояния обмоток электрических машин / А.М. Чамкин. – Текст: непосредственный // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – №8. – С.3-7.

4. Пронин, С.П. Анализ амплитудных спектров, полученных при диагностике асинхронного двигателя / С.П. Пронин, Д.Е. Кривобоков, В.А. Соловьев и др. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2022. – Т.1. – № 4. – С. 13-19.

Кривобоков Дмитрий Евгеньевич – доцент кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им.

И.И. Ползунова», e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: solvitali@mail.ru;

Пронин Сергей Петрович – профессор кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: sppronin@mail.ru;

Акишин Леонид Иванович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913;

Крафт Владимир Валерьевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КАЛИБРОВКИ СМАРТФОНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТОВ СВЫШЕ 2000 К

С. П. Пронин, М. А. Михалёв, Р. М. Миндибаев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание метода измерения яркостной температуры пузырька сонолюминесценции. Представлена экспериментальная установка и описана процедура выполнения исследования. Приводятся результаты проведенных измерений, а также методика оценки температуры пузырька сонолюминесценции по медианному контрасту трех монохромных изображений.

Ключевые слова: модель пузырька сонолюминесценции, ПЗС-фотоприемник, смартфон, изображение, цветные компоненты, измерение, яркостная температура, медианный контраст.

Введение

Светящиеся пузырьки в эффекте сонолюминесценции представляют высокотемпературные объекты. Для оценки яркостной температуры используют формулу Планка [1-4], а в качестве основного аппаратного средства применяют монохроматор в сочетании с различными фотоприемниками [5-7]. Задача монохроматора – выделить определенную длину волны светового излучения, а задача фотоприемника – зафиксировать интенсивность излучения на этой длине волны. В качестве фотоприемника используют, как правило, фотоэлектронные умножители [5,6].

Появление ПЗС-фотоприемников позволило автоматизировать и ускорить процесс анализа спектральных линий и вычисления температуры [8-13]. Однако разложение монохроматором интегрального светового потока на спектральные линии неизбежно ведет к уменьшению отношения «сигнал-шум» для каждой спектральной линии. Для повышения соотношения «сигнал-шум» и увеличения точности измерений температуры ПЗС-фотоприемник охлаждают [8]. ПЗС-фотоприемники способны измерять распределение температуры по поверхности исследуемого объекта. Однако с возрастанием температуры возрастает интенсивность излучения, которая может привести к эффекту блюминга, то есть к растеканию сгенерированных светом фотоэлектронов в соседние фоточувствительные элементы фотоприемника. Данный эффект искажает реальную картину распределения температуры. Чтобы избежать эффекта блюминга, уменьшают экспозицию (время накопления зарядов).

Для регистрации пузырьков сонолюминесценции и оценки температуры применена видеокамера смартфона [14]. Видеокамера смартфона тоже имеет ПЗС-фотоприемник. Оценка температуры производится по соотношению интенсивностей r, g, b -компонентов в регистрируемом изображении пузырька. Соотношение вычисляется по модифицированной формуле Майкельсона [14,15]. Положительное свойство приведенного метода заключается в том, что разложение по длинам волн (r, g, b - компоненты) осуществляется программно, а не с помощью диспергирующих элементов монохроматора. Поэтому отношение «сигнал-шум» остается высоким. Однако, как указано в статье [14], для точного измерения температуры высокотемпературного объекта необходимо выполнить калибровку видеокамеры смартфона. С увеличением температуры объекта возрастает интенсивность излучения, которая может привести к эффекту блюминга. Для исключения этого эффекта смартфоны имеют автоматическое время накопления зарядов и автоматическую регулировку усиления видеосигнала. Следовательно, отмеченные настройки обязательно будут сказываться на преобразовании «свет – сигнал».

Цель – разработать метод калибровки фотокамеры смартфона для измерения яркостной температуры высокотемпературных объектов (свыше 2000 К).

Теория

Для расчета температуры в спектральной пирометрии используют формулу спектральной плотности энергетической яркости абсолютно черного тела (АЧТ) $L(\lambda, T)$, зави-

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА КАЛИБРОВКИ СМАРТФОНА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТОВ СВЫШЕ 2000 К**

сящую от длины волны λ и температуры T [16]:

$$L(\lambda, T) = \frac{C_1}{\pi} \lambda^{-5} \left(e^{\frac{-C_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1}, \quad (1)$$

где $C_1 = 3,74 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^2$; $C_2 = 1,4388 \text{ см} \cdot \text{К}$.

ПЗС-фотоприемник позволяет зафиксировать изображение исследуемого объекта, а программа выделить три монохромных изображения на трех длинах волн: λ_r , λ_g , λ_b . При заданной температуре T и заданных длинах волн по формуле (1) можно рассчитать спектральную плотность энергетической яркости: $L(\lambda_r, T)$, $L(\lambda_g, T)$, $L(\lambda_b, T)$. Соотношение спектральных плотностей удобно выразить через модифицированную формулу Майкельсона [14,15]:

$$K_0(T) = \frac{L_M(\lambda_r, T) + L_M(\lambda_g, T) - L_M(\lambda_b, T)}{L_M(\lambda_r, T) + L_M(\lambda_g, T) + L_M(\lambda_b, T)}, \quad (2)$$

где $K_0(T)$ – медианный контраст; $L_M(\lambda_r, T)$; $L_M(\lambda_g, T)$; $L_M(\lambda_b, T)$ – медианы в гистограммном разложении полученного изображения на r, g, b -компоненты [14,15].

Зададим длины волн: $\lambda_r = 0,61$ мкм; $\lambda_g = 0,53$ мкм; $\lambda_b = 0,46$ мкм. На этих длинах волн ПЗС-фотоприемник имеет максимальную чувствительность. Тогда по формулам (1) и (2) можно рассчитать зависимость изменения медианного контраста $K_0(T)$. График показан на рисунке 1.

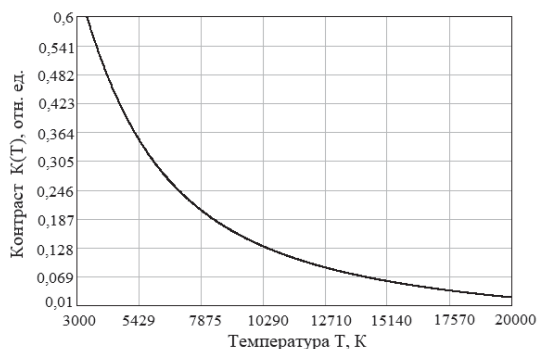


Рисунок 1 – Зависимость изменения контраста в изображении АЧТ от температуры

Используя полученный график, можно решать и обратную задачу – определять температуру по медианному контрасту. Полученный график справедлив не только для АЧТ, но и для «серого» тела. Излучение АЧТ и «серого» тела связаны излучательной способностью. Если в формуле (2) к каждому слагаемому добавить излучательную способность, то ее значение можно вынести за скоб-

ки как в числителе, так и в знаменателе. В итоге эти значения сократятся.

Методы и средства измерения

На рисунке 2 представлена экспериментальная установка, содержащая в своем составе: 1 – лампа прожекторная ПЖ 220-500 с цоколем Е27, 2 – амперметр Э59, 3 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), 4 – имитатор пузырьков сонолюминесценции, 5 – мультиметр цифровой РЭСАНТА ДТ 838, используемый в качестве вольтметра, и измеритель освещенности Victor 1010A (рисунок 1в).

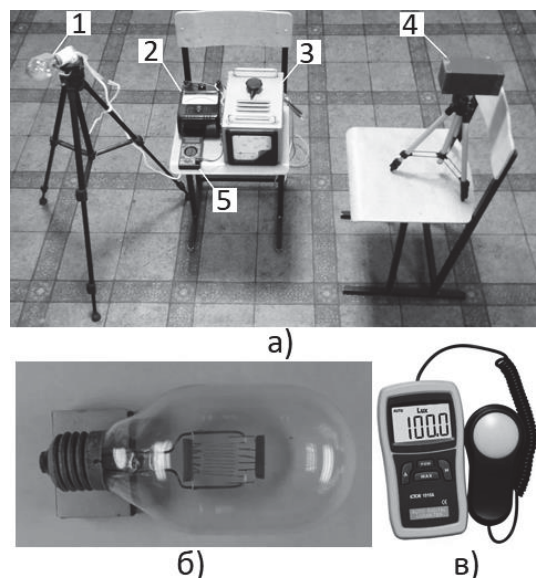


Рисунок 2 – Экспериментальная установка
а) – внешний вид экспериментальной установки; б) – лампа прожекторная ПЖ 220-500; в) – измеритель освещенности Victor 1010A

Имитатор пузырьков сонолюминесценции выполнен из картона черного цвета с матовой поверхностью и имеет объемную форму параллелепипеда с размерами 150×70×70 мм.

На входном торце выполнено три сквозных отверстия диаметром 0,4 мм. Отверстия были получены с помощью тонкой иглы и измерены с помощью оптической лупы с ценой деления 0,1 мм.

На противоположной стороне параллелепипеда (выходном торце) выполнено квадратное отверстие с размерами 20×20 мм. Посредством этого отверстия осуществлялась запись изображения трех отверстий малого диаметра фотокамерой смартфона.

На рисунке 3 показана блок-схема осветительной части экспериментальной установки.

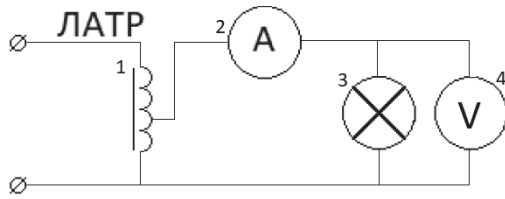


Рисунок 3 – Электрическая схема осветительной части: 1 – ЛАТР, 2 – Амперметр, 3 – Лампа, 4 – Вольтметр

Описание выполнения эксперимента

С помощью ЛАТРа устанавливали начальное напряжение U_1 . Направляли имитатор пузырьков сонолюминесценции на прожекторную лампу и измеряли освещенность люксметром в торце имитатора. Затем вольтметром и амперметром измеряли значения напряжения и силы тока. Чтобы зафиксировать изображение трех светящихся отверстий, расположенных со стороны входного торца имитатора, использовали смартфон Honor 10 Lite.

По известной формуле вычисляли яркостную температуру:

$$T_2 = \frac{R_2 - R_1 + \alpha \cdot R_2 \cdot T_1}{\alpha \cdot R_1}, \tag{3}$$

где $R_1 = 9 \text{ Ом}$ – сопротивление нити при $t \text{ C} = 19 \text{ C}$;

$R_2 = \frac{U}{I}$ – сопротивление при U и I ;

$\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$ – температурный коэффициент сопротивления вольфрама;

$T_1 = 19 \text{ C} = 292\text{K}$ – температура окружающей среды.

Затем ЛАТРОм увеличивали напряжение до значения U_2 . Люксметром регистрировали яркость со стороны входного торца имитатора.

Очевидно, что яркость с увеличением напряжения возрастала. Чтобы увеличивающаяся яркость не повлияла на экспериментальный результат за счет изменения времени накопления ПЗС-фотоприемника, расположенного в смартфоне, штатив с лампой накаливания перемещали от имитатора на расстояние, которое обеспечивало первоначальную яркость при напряжении U_1 .

Увеличение напряжения были выполнены 11 раз. Данные измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные измерений

N	U, В	I, А	Освещенность
1	83	1,375	143
2	95	1,5	145
3	111	1,6	143
4	121	1,7	143
5	142	1,85	143
6	152	1,9	142
7	162	1,95	143
8	170	2,025	140
9	180	2,075	143
10	185	2,125	144
11	188	2,125	144

После проведения измерений, полученные изображения были разложены в гистограммы по r, g, b – компонентам. Медиана и медианный контраст были рассчитаны с помощью программного обеспечения, приведенного в статье [14].

На рисунке 4 показана полученная зависимость медианного контраста от температуры прожекторной лампы с вольфрамовой нитью.

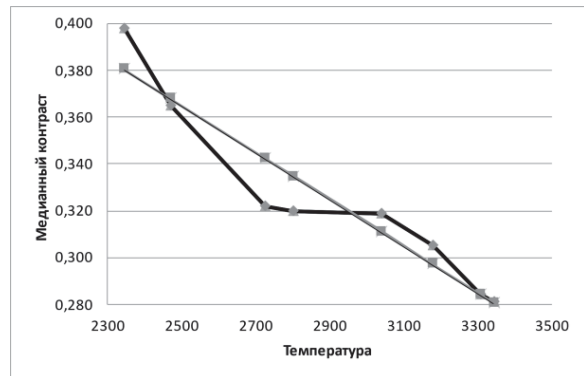


Рисунок 4 – Зависимость медианного контраста от температуры лампы с вольфрамовой нитью

Обсуждение и выводы

Полученный экспериментальный график можно использовать для оценки температуры пузырька сонолюминесценции с помощью смартфона Honor 1 Lite.

Медианный контраст был аппроксимирован линейным уравнением:

$$y = 0,0001x + 0,615. \tag{4}$$

Коэффициент корреляции составляет 0,95. Разработанный метод и выбранный смартфон способны оценивать температуру в диапазоне 2300 – 3300K.

Методика оценки температуры включает в себя следующие этапы:

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КАЛИБРОВКИ СМАРТФОНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЪЕКТОВ СВЫШЕ 2000 К

1 – зафиксировать смартфоном изображение пузырька сонолюминесценции и разложить полученное изображение на r , g , b – составляющие;

2 – получить гистограммы распределения яркостей по каждому цветному изображению, вычислить в гистограммах медианы;

3 – рассчитать медианный контраст K по формуле (2);

4 – используя уравнение (4), рассчитать температуру пузырька сонолюминесценции:

$$T = (0,615 - K) \cdot 10^4.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко, В.А. Сонолюминесценция: эксперименты и модели (обзор) / В.А. Борисенко. – Текст: непосредственный // Акустический журнал. – 2015. – Т.61. – №3. – С. 333–360.
2. Маргулис, М.А. Сонолюминесценция / М.А. Маргулис. – Текст: непосредственный // УФН. – 2000. – Т.170. – №3. – С. 263–287.
3. Маргулис, М.А. О механизме свечения при акустической и лазерной кавитации / М.А. Маргулис, И.М. Маргулис.–Текст: непосредственный // Акустический журнал. – 2006. – Т.52. – №3. – С. 340–350.
4. Hiller, R. Spectrum of synchronous picosecond sonoluminescence / R. Hiller, S.J. Putterman, B.P. Barber // Phys. Rev. Lett. 69, 1182 – Published 24 August 1992.
5. Применение метода сонолюминесцентной спектроскопии для определения ароматических люминофоров в растворах / А.М. Абдрахманов [и др.]–Текст: непосредственный // Вестник науки и образования. – 2022.– №11(131). – С. 7–13.
6. Гареев, Б.М. Сонолюминесцентная спектроскопия коллоидных суспензий: молекулярная, ионная и атомарная люминесценция при сонохимическом разложении наночастиц диоксида кремния, содержащих соединения рутения и меди / Б.М. Гареев, А.М. Абдрахманов, Г.Л. Шарипов. – Текст: непосредственный // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2021. – №4. – С. 16–21.
7. Didenko, Y.T. The Effect of Ultrasound Power on Water Sonoluminescence / Y.T. Didenko, T.V. Gordeychuuk, V.L. Koretz // Journal of Sound and Vibration (1991) 147(3), 409–416.
8. Козабаранов, Р.В. Пьезокерамический резонатор для исследования сонолюминесценции / Р.В. Козабаранов, В.А. Борисенко, И.Н. Диденкулов [и др.]. – Текст: непосредственный // Акустический журнал. – 2020. – Т.66. – № 3. – С. 278–283.
9. Казаков, В.А. Измерение распределения температуры на поверхности образца при испытаниях в тепловых аэродинамических трубах / В.А. Казаков, И.В. Сенюев. – Текст: непосредственный // Труды МАИ. – 2017. – Выпуск № 94.
10. Магунов, А.Н. Измерение температуры объектов с неизвестной излучательной способностью методом спектральной пирометрии / А.Н. Магунов. – Текст: непосредственный // Научное приборостроение. – 2010. – Т.20. – № 3. – С. 22–26.
11. Магунов, А.Н. Спектральная пирометрия с частотой регистрации спектров теплового излучения 200–330 Гц / А.Н. Магунов, А.О. Захаров, Б.А. Лапшинов. – Текст: непосредственный // Научное приборостроение.– 2012.–Т.22.–№ 1.–С. 120–124.
12. Магунов, А.Н. Измерение нестационарной температуры методом спектральной пирометрии / А.Н. Магунов, А.О. Захаров, Б.А. Лапшинов. – Текст: непосредственный // Приборы и техника эксперимента. – 2012. – № 1. – С. 143–148.
13. Мошаров, В.Е. Пирометрия с использованием П.З.С.-камер / В.Е. Мошаров, В.Н. Радченко, И.В. Сенюев. – Текст: непосредственный // Приборы и техника эксперимента. – 2013. – № 4. – С.132–137. DOI: 10.7868/S0032816213030245.
14. Пронин, С.П. Оценка температуры однопузырьковой сонолюминесценции у различных жидкостей по цветным изображениям / С.П. Пронин, Р.Б. Миндибаев. – Текст: непосредственный // Южно-Сибирский научный вестник. – 2023. – № 3. – С. 159–167. DOI 10.25699/SSSB.2023.49.3.013.
15. Пронин, С.П. Исследование возможности оценки глубины проникновения коррозии в металл по изображению корродированной поверхности / С.П. Пронин, С.В. Умбетов. – Текст: непосредственный // Оптический журнал. – 2022. – Т.89. – №1. – С.63–73. DOI:10.17586/1023-5086-2022-89-01-63-73.
16. Гуревич, М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы) / М.М. Гуревич. – Текст: непосредственный // Ленинград: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.

Пронин Сергей Петрович – д.т.н., профессор кафедры ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: sppronin@mail.ru;

Михалев Михаил Алексеевич – магистрант кафедры ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: mihalevmihail386@gmail.com;

Миндибаев Руслан Баниасбарович – аспирант кафедры ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: UN-144@yandex.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСЕЙ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

В. С. Афонин, А. Н. Чубов, А. Е. Кимайкин, Е. С. Кранин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание решения задачи по определению концентрации примесей в зерновом материале с использованием емкостного преобразователя. Привлекательность предложенного решения связана с неприхотливостью к условиям проведения измерения и низкой стоимостью реализации метода. Приводятся результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: зерновой ворох, сорность зернового потока, емкостный преобразователь, спектрограмма.

Введение

Несмотря на высокий уровень развития технологий в уборке зерновых культур, содержание примесей после уборки остается довольно высоким для того, чтобы предать его на хранение. Поэтому необходимо проводить его первичную, вторичную очистки, а также сушку во избежание потери качественных показателей зерна [1].

Для качественной очистки зерна от примесей, в зерноочистительных машинах применяют конструкции со сменными решетками и регулировкой воздушного потока. По причине того, что физико-механические свойства как самого зерна, так и его примесей могут изменяться в режиме реального времени, необходимо производить регулировку параметров сепарирующих органов непосредственно во время очистки. Для автоматизации процесса регулирования необходимо вести непрерывный контроль засоренности зернового потока до и после очистки, что позволит реализовать обратную связь для органов управления.

Лаборатории зерноперерабатывающих предприятий определяют засоренность зернового вороха, руководствуясь ГОСТ, предписывающим разделением на фракции образца с использованием решет с различным размером ячеек [2]. Время проведения такого анализа не позволяет применять его в автоматизации процесса очистки.

Целью работы является разработка метода определения сорности зернового вороха в потоке.

Критерии отличия зерновки от засорителя

Основной критерий выделения зерна из нежелательных примесей – размер. Он используется в ГОСТ при просеивании зерна через решета. Этот же критерий используется в большинстве лабораторного оборудования по определению засоренности зерна (ротторные сепараторы).

Цвет также является важным параметром, его используют при вторичной очистке зерна с помощью фотосепараторов, а также для оценки пригодности зерна для хранения [2]. Тяжелые условия эксплуатации в зерноперерабатывающей машине, а именно, большое количество крупной сорной примеси и сильную запыленность, не позволяют использовать данный критерий для оценки загрязненности зернового вороха при первичной очистке.

Предпринимаются попытки использования технологий машинного зрения для определения концентрации примесей в движущемся потоке, что подтверждается работами Д.Е. Трошкина [4], Е.Ю. Буслова [5] и др. исследователями. Однако оптические методы требовательны к условиям эксплуатации и обладают высокой стоимостью реализации, что делает нерациональным их применение в зерноочистительных машинах.

Существует возможность использования в качестве визора емкостный преобразователь (ЕП), способный проводить непрерывный контроль неоднородности диэлектрической проницаемости зернового потока. Использование металлических электродов вместо видеокамеры многократно удешевляет устройство и снижает эксплуатационные требования. В основе реализации метода лежат существенные отличия диэлектрических

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСЕЙ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

свойств материалов и воздушных зазоров между частицами потока [3].

Для организации предлагаемого метода требуется направить зерновой поток через электрическое поле, создаваемое электродами ЕП. Для работы можно использовать проточный емкостный датчик, конструкция которого описана в работе С.Д. Тарасенко [6]. Движущиеся частицы потока в чувствительной зоне ЕП формируют шумоподобный сигнал, возникающий в результате постоянно изменяющейся электрической емкости. Изменения сигнала связаны со скоростью движения частиц потока, их размерами, влажностью, и траекторией движения. При организации идентичных условий движения потока, скорость и траектория будут одинаковыми. Следовательно, изменение параметров сигнала можно напрямую связать с изменением размера частиц потока.

Подобная работа проводилась для определения концентрации сорной примеси в

зерновом материале [7]. Экспериментально было зафиксировано влияние концентрации сорной примеси в зерновом материале на частотную характеристику сигнала ЕП. Однако в работе не рассматривалось влияние влажности зернового вороха на результаты измерения.

Возможным решением проблемы влияния влажности зернового вороха на результат измерения количества сорной примеси может быть применение дополнительных ЕП для компенсации влажности зернового вороха. Особенностью данной работы является исследование системы емкостных преобразователей с различными размерами чувствительной зоны. Система представляет собой несколько емкостных преобразователей с различными размерами измерительных ячеек, каждая из которых имеет более высокую чувствительность к частицам с сопоставимыми размерами.

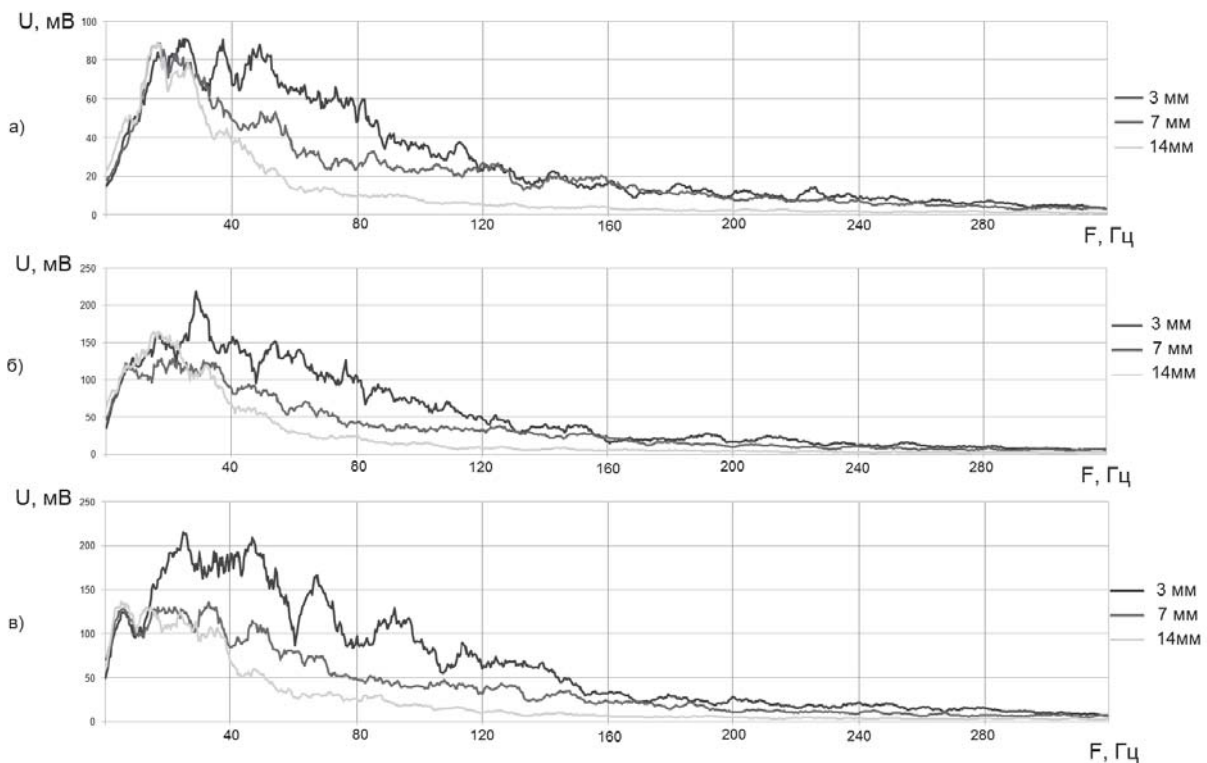


Рисунок 1 – Спектрограммы сигналов с ЕП при разной концентрации засорителя.
а)-0% засорителя. б)-4% засорителя. в)-10% засорителя.

Для подтверждения вышеизложенной гипотезы был проведен эксперимент с тремя ЕП, у которых размеры ячеек составляли 3, 7, 14 мм соответственно. Все три датчика были

установлены последовательно вдоль желоба, по которому самотеком перемещался контролируемый материал. Измерительный сигнал регистрировался платой сбора данных, в ре-

зультате чего формировались соответствующие массивы. В качестве объекта контроля использовался сыпучий материал, состоящий из двух фракций с размерами частиц 14 и 7 мм эллипсоидной формы. Были подготовлены несколько проб с различной концентрацией примесей. Основным материалом выступали частицы с размерами 7 мм. В качестве засорителя использовались частицы 14 мм.

При движении материала были получены сигналы, спектрограммы которых представлены на рисунке 1. Каждая спектрограмма содержит три графика, которые соответствуют ЕП с определенным размером измерительной ячейки: синий – 3 мм, красный – 7 мм, желтый – 14 мм.

Полученные результаты показывают индивидуальный характер сигналов каждого ЕП. Стоит так же отметить, что траектории сигналов различных ЕП расходились на опреде-

ленных частотах, причем частота, при которой наблюдались расхождения, изменялась в соответствии с изменением соотношения частиц разных фракций в движущемся материале. Тем не менее, результаты исследований не позволяют однозначно утверждать, что частота, на которой наблюдается расхождение сигналов с разных ЕП, является параметром, связанным с концентрацией примеси в контролируемом материале.

Полученные спектрограммы ЕП содержат в себе как полезный сигнал, так и большую долю шумов, связанных со случайным расположением частиц внутри чувствительной зоны ЕП. Выявленный недостаток можно устранить двумя методами – уменьшением чувствительной зоны датчиков и привлечением нейросетевых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия: межгосударственный стандарт: введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г.: разработан Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки». – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с. – Текст: непосредственный.

2. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей: межгосударственный стандарт: введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1 июля 1998 г.: разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ), Межгосударственным техническим комитетом МТК № 2. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 19 с. – URL: https://www.testprom.ru/img_user/gosts/65/120/gost_30483-97.pdf?ysclid=lontxn68fw752986923 (дата обращения: 07.11.2023). – Текст: электронный.

3. Тареев, Б.М. Физика диэлектрических материалов / Б.М. Тареев. – М.: Энергия, 1973. – 328 с. – Текст: непосредственный.

4. Трошкин, Д.Е. Разработка экспресс-метода оценки качества зерна с применением машинного зрения и цифровой обработки изображений: специальность 4.3.3 «Пищевые системы (технические науки)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Трошкин Дмитрий Евгеньевич; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург, 2022. – 168 с.

5. Оптический метод сортировки товарного зерна по содержанию клейковины / Е.Ю. Буслов, Б.А. Зон, А.В. Корниенко, А.А. Спиваков. – Текст:

непосредственный // Оптический журнал. – 2010. – Т. 77, № 6. – С. 51-54.

6. Тарасенко, С. Д. Разработка оптимальной конструкции трубного емкостного измерительного преобразователя состава веществ / С. Д. Тарасенко. – Текст: непосредственный // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8, № 1. – С. 139-147.

7. Афонин, В.С. Определение количества сора в зерновом материале / В.С. Афонин, А.А. Наздрачев, А.А. Сазонов. – Текст: электронный // Современные цифровые технологии: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Барнаул, 01 июня 2023 года / Под общей редакцией А.А. Беушев, А.С. Авдеев, Е.Г. Боровцов, А.Г. Зрюмова. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023. – С. 334-337. – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2023/2023_1/118/ (дата обращения: 07.11.2023).

Афонин Вячеслав Сергеевич – к.т.н, доцент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел 8-913-225-57-70, e-mail: afonin_vs@mail.ru;

Чубов Александр Николаевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8-962-795-00-86, e-mail: chubov_an@mail.ru;

Кимайкин Артем Евгеньевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913;

Кранин Егор Сергеевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, К. Д. Малахов, Д. А. Гуляев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Проведён теоретический анализ возможности использования переходной проводимости для определения параметров электромеханических преобразователей на основе пьезоэлементов.

Ключевые слова: переходная проводимость, индуктивность механической ветви, ёмкость механической ветви, потери в механической ветви.

Известен метод определения параметров электромеханических преобразователей [1,2,3,4]. Суть предложенного метода заключается в определении составляющих электрической эквивалентной схемы замещения (ЭЭСЗ) такого первичного преобразователя. Электрическая эквивалентная схема приведена на рисунке 1. Параметр R_m характеризует потери энергии на излучение в окружающую среду и трение (сопротивление потерь), а параметры L_m и C_m отражают влияние массы преобразователя и его упругой податливости (гибкости) на характер колебаний, C_0 – собственная ёмкость пьезопластины.

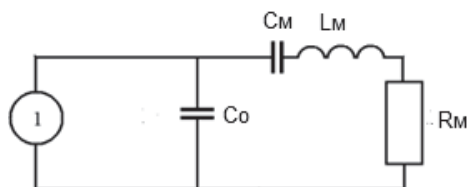


Рисунок 1 – Электрическая эквивалентная схема замещения

Целью статьи является рассмотрение различных методик определения значений ЭЭСЗ.

Известная методика для определения параметров первичного преобразователя, погруженного в анализируемую жидкость, включает следующие операции:

- измерение значения питающего переменного напряжения U ;

- определение частоты ω_0 напряжения питания, при которой активная составляющая тока $\text{Re } I$ достигнет своего максимального значения;

- расчёт величины активных потерь на частоте ω_0 как: $R_m = U(\text{Re } I)^{-1}$;

- измерение реактивной составляющей тока $\text{Im } I$ при частоте ω_0 питающего напряжения и расчёт величины статической ёмкости первичного преобразователя по формуле $C_0 = \text{Im } I(U\omega_0)$;

- уменьшение частоты напряжения питания для осуществления поиска такого значения ω_1 , при котором величина реактивной составляющей тока принимает максимальное значение $\text{Im } I_{\text{max}}$;

- определение величины реактивной проводимости первичного преобразователя при частоте питающего напряжения ω_1 :

$$b = \text{Im } I_{\text{max}} U^{-1} ;$$

- расчёт ёмкости механической ветви по соотношению:

$$C_m = \frac{c_1 \pm \sqrt{c_1^2 - 4a_1 R_m \omega_1 a_1 c_1^2}}{2a_1 R_m \omega_1} , \quad (1)$$

$$\text{где: } c_1 = \frac{\omega_1^2}{\omega_0^2} - 1 ; a_1 = C - \frac{b}{\omega_1} ;$$

- расчёт значения индуктивности механической ветви по формуле:

$$L_m = \frac{1}{\omega_0 C_m} . \quad (2)$$

Из представленной методики следует, что прибор для ее реализации должен содержать следующие функциональные узлы:

- генератор переменного синусоидального напряжения с перестраиваемой частотой колебаний, питающий первичный преобразователь;

- блок определения резонансных частот питающего напряжения по максимальному

значению активной и реактивной составляющих тока, протекающего через первичный преобразователь;

– устройство обработки данных, преобразующее величины тока и резонансные частоты в выходной сигнал.

Генератор, питающий первичный преобразователь, должен выполнять следующие функции:

– генерировать два квадратурных напряжения, имеющих одинаковые амплитуды $u_1 = U \sin \omega t$ и $u_2 = U \cos \omega t$, которые необходимы для отдельного определения активной и реактивной составляющих тока, протекающего через первичный преобразователь;

– предоставлять возможность управления частотой колебаний внешними сигналами.

Блок определения резонансных частот должен выполнять следующие функции:

– отдельно определять значения активной и реактивной составляющих тока, протекающего через первичный преобразователь;

– измерять частоты, при которых эти составляющие достигают своего максимального значения;

– вырабатывать сигналы управления генератором, по которым устанавливаются эти частоты на время, достаточное для определения величины активной и реактивной составляющих тока;

– формировать и передавать выходные сигналы на вычислительное устройство.

Основную проблему при проектировании измерительного устройства представляет именно реализация всех приведенных функций в электронном блоке.

Как показано в [5,6], для определения величины элементов в многоэлементной ЭЭСЗ контактных кондуктометрических первичных преобразователей, можно использовать зависимость электропроводности первичного преобразователя от времени при воздействии импульсным сигналом (переходную проводимость). Для оценки возможности применения данного метода определения величины ЭЭСЗ электромеханического преобразователя на основе пьезоэлемента (далее осциллятора), проведем анализ зависимости тока, протекающего через первичный преобразователь от времени при подаче импульса с амплитудой U . Для расчетов воспользуемся операторным методом.

Уравнения Кирхгоффа, составленные для ЭЭСЗ (рисунок 1) имеют следующий вид:

$$\begin{cases} I_1 \left(R_M + L_M p + \frac{1}{C_M p} + \frac{1}{C_0 p} \right) - I_2 \frac{1}{C_0 p} = 0; \\ I_2 \frac{1}{C_0 p} - I_1 \frac{1}{C_0 p} = \frac{U}{p}. \end{cases} \quad (3)$$

Из уравнений (3) получим величину тока, протекающего через осциллятор:

$$I_2 = U \frac{R_M C_0 C_M p + L_M C_0 C_M p^2 + C_0 + C_M}{R_M C_M p + L_M C_M p^2 + 1}. \quad (4)$$

Характеристическое уравнение в операторном виде для тока, протекающего через осциллятор, будет следующим:

$$L_M C_M p^2 + R_M C_M p + 1 = 0. \quad (5)$$

Соответственно корни характеристического уравнения (5) равны:

$$p_1 = -\frac{R_M}{2L_M} + j \sqrt{\frac{1}{L_M C_M} - \frac{R_M^2}{L_M^2}}, \quad (6)$$

$$p_2 = -\frac{R_M}{2L_M} - j \sqrt{\frac{1}{L_M C_M} - \frac{R_M^2}{L_M^2}}. \quad (7)$$

Применяя теорему разложения и учитывая, что:

$$a = \frac{R_M}{2L_M}, \text{ и } b = \sqrt{\frac{1}{L_M C_M} - \frac{R_M^2}{L_M^2}}, \quad (8)$$

а так же используя равенство:

$$e^{jb} = \cos bt + j \sin bt,$$

получим следующую зависимость значения тока от времени:

$$i(t) = U e^{-at} \left[\frac{1}{b L_M} \sin(bt) \right]. \quad (9)$$

Если экспериментально измерить мгновенные значения тока через осциллятор и соответствующие им отсчеты времени с момента начала переходного процесса, а затем аппроксимировать полученные значения зависимостью вида $i(t) = c e^{-at} \sin bt$, то, с учетом (8), получим следующую систему уравнений:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

$$\begin{cases} a = \frac{R_M}{2L_M}, \\ b = \sqrt{\frac{1}{L_M C_M} - \frac{R_M^2}{4L_M^2}}, \\ c = \frac{1}{L_M b}. \end{cases} \quad (10)$$

Параметры эквивалентной электрической схемы, приведенной на рисунке 1, можно определить, если решить систему уравнений (10). Решение приведёт к следующим результатам:

$$L_M = \frac{1}{bc}, \quad R_M = \frac{2a}{bc}, \quad C_M = \frac{bc}{b^2 + a^2}. \quad (11)$$

На рисунке 2 изображены графики изменения тока во времени, протекающего через осциллятор, при воздействии на него импульсного напряжения с постоянной амплитудой при следующих параметрах: амплитуда напряжения 1В; $C_M - 10^{-8}$ Ф; $L_M - 0,001$ Гн; R_M – заданы три значения – 100, 70 и 40 Ом.

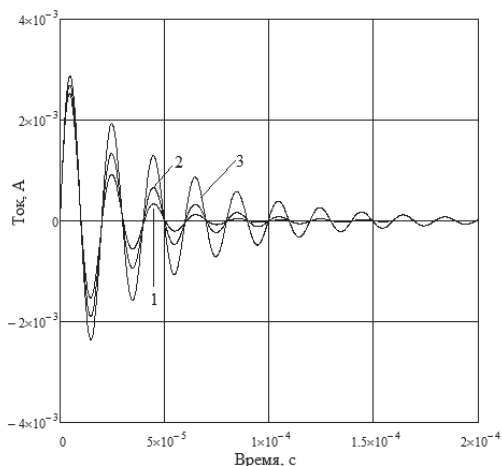


Рисунок 2 – Ток, протекающий через пьезопреобразователь, при: 1 – $R_M = 100$ Ом;
2 – $R_M = 70$ Ом;
3 – $R_M = 40$ Ом

Как видно из рисунка 2, частота собственных колебаний практически не зависит от величины активных потерь. С учетом этого обстоятельства система уравнений (10) упростится и примет следующий вид:

$$\begin{cases} a = \frac{R_M}{2L_M}; \\ b \approx \sqrt{\frac{1}{L_M C_M}}; \\ c \approx \sqrt{\frac{C_M}{L_M}}. \end{cases} \quad (12)$$

Из системы уравнений (12) получим следующие решения:

$$L_M = \frac{b}{c}, \quad R_M = \frac{2ab}{c}, \quad C_M = \frac{c}{b}. \quad (13)$$

Таким образом, для расчета параметров ЭЭСЗ необходимо выполнить следующие операции:

- подать на первичный преобразователь импульсное напряжение для запуска переходного процесса;
- измерить мгновенные значения тока переходного процесса и время достижения этих мгновенных значений относительно начала действия импульса напряжения;
- аппроксимировать полученные экспериментальные результаты функцией (9);
- по результатам аппроксимации рассчитать величины ЭЭСЗ.

Следует отметить, что в рассматриваемом случае применялась переходная характеристика (переходная проводимость) измерительной цепи.

Необходимым условием является также требование к скважности между импульсами напряжения, подаваемыми на пьезоэлемент. Длительность скважности должна обеспечивать окончание переходных процессов как по переднему фронту, так и по заднему.

Выводы

Представленные в статье методики определения параметров ЭЭСЗ отличаются как по аппаратной реализации, так и по математическим методам обработки и анализа получаемых данных. В дальнейшем планируется провести их сравнительный анализ с целью разработки приборов контроля механических параметров жидких сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первухин, Б.С. Измерение вязкости и плотности электромеханическими преобразователями / Первухин Б.С., Волков Н.С. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2018. – №4. – С.73–76.
2. Первухин, Б.С. Измерение вязкости и плотности электромеханическими преобразователями / Первухин Б.С., Волков Н.С. – Текст: непо-

средственный // Ползуновский альманах. – 2019. – №4. – С.130-132.

3. Первухин, Б.С. Измерение вязкости и плотности электромеханическими преобразователями / Б.С. Первухин, В.Е. Ефремов, О.В. Сунцов – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2020. – №4. – С.51-53

4. Первухин, Б.С. Определение параметров жидкости электромеханическими преобразователями / Б.С. Первухин, В.Е. Ефремов, О.В. Сунцов – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2021. – №4. – С.46–48.

5. Юшкова, В.Б. Модернизация метода измерения удельной электропроводности жидкостей, воды и химических растворов / В.Б. Юшкова, Б.С. Первухин – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2015. – №4. Т.1. – С.95-98.

6. Первухин, Б.С. Использование переходных процессов для определения параметров контактных первичных преобразователей / Б.С. Первухин, В.Б. Юшкова // Ползуновский альманах. – 2014. – №4. – С.48-49.

Первухин Борис Семенович – д.т.н., профессор каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru.

Кривобок Димитрий Евгениевич – к.т.н., доцент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru.

Малахов Константин Дмитриевич – студент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02.

Гуляев Дмитрий Александрович – студент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Б. С. Первухин, Г. С. Кузмин, К. Д. Кандауров, Б. Р. Яковлев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассмотрена проблема возникновения систематической погрешности контактного кондуктометра, связанная с применением водных растворов при проведении поверки и растворов на основе иных растворителей при технологической эксплуатации прибора. Выполнена оценка систематической погрешности контактного кондуктометра при использовании экспериментальных данных, полученных для водного раствора и раствора на основе этиленгликоля, при прочих равных условиях.

Ключевые слова: первичный преобразователь, активное сопротивление, реактивное сопротивление, поляризационное сопротивление, емкость, двойной электрический слой.

В метрологической практике для поверки и аттестации кондуктометров используются [1,2] водные растворы хлористого калия. Однако при контроле технологических процессов поверяемые приборы могут использоваться для контроля как водных, так и неводных технологических растворов и других жидких технологических сред. Возникает вопрос: соответствуют ли метрологические характеристики средств измерения при их эксплуатации тем характеристикам, которые получены при реализации стандартной методики поверки [1].

Источниками систематической погрешности являются электрохимические процессы, происходящие на электродах первичного преобразователя при прохождении через него тока [2,3,4]. Эти процессы отражаются в электрической эквивалентной схеме замещения (ЭЭСЗ) контактного первичного преобразователя с анализируемой жидкостью, которая приведена на рисунке 1.

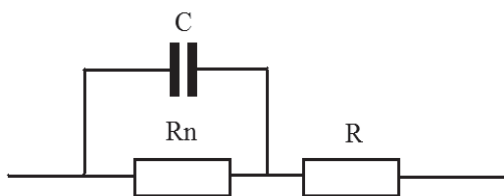


Рисунок 1 – Электрическая эквивалентная схема замещения

В этой схеме (рисунок 1) сопротивление R отражает активное сопротивление анализируемого раствора, которое подлежит измерению. Активное сопротивление R_n зависит от энергии, затрачиваемой на электрохими-

ческие реакции на электродах первичного преобразователя. Емкость C зависит от емкости двойного электрического слоя и конечной скорости электрохимической реакции ионов, находящихся на поверхности электродов.

Активное сопротивление R_n и емкость C являются источниками систематической погрешности, поскольку влияют на электрический импеданс кондуктометрического первичного преобразователя и искажают определяемое значение собственного активного сопротивления жидкости R (рисунок 1).

Для оценки зависимости систематической погрешности от состава раствора необходимо определить вносимые погрешности элементами R_n и C для двух растворов, имеющих один растворяемый компонент в двух различных растворителях. Для качественного сравнения необходимо, чтобы значения активных сопротивлений этих растворов были соизмеримы. При приготовлении растворов в качестве растворителей выбраны вода и этиленгликоль, а растворяемым компонентом – хлористый калий.

Для оценки систематической погрешности контактных кондуктометров известны два метода [4,5]. Первый метод [5] заключается в анализе частотной зависимости активной составляющей импеданса для последовательных и параллельных схем замещения первичного преобразователя с исследуемым раствором. Наиболее перспективным является метод трех частот [4]. Этот метод заключается в измерении активной составляющей сопротивления первичного преобразователя при трех частотах и дальнейшей обработке результатов этих измерений.

Активная составляющая импеданса первичного преобразователя с анализируемой жидкостью равна:

$$R_{\omega} = R + \frac{R_n}{1 + \omega^2 C^2 R_n^2}, \quad (1)$$

где R – активное сопротивление раствора в первичном преобразователе;

R_n – поляризационное сопротивление электродов первичного преобразователя;

C – емкость двойного электрического слоя электродов этого преобразователя.

Путем измерения активного сопротивления первичного преобразователя на трех разных частотах напряжения, питающего измерительную цепь, из выражения (1) можно получить систему уравнений:

$$\begin{cases} R_1 = R + \frac{R_n}{1 + \omega_1^2 C^2 R_n^2}, \\ R_2 = R + \frac{R_n}{1 + \omega_2^2 C^2 R_n^2}, \\ R_3 = R + \frac{R_n}{1 + \omega_3^2 C^2 R_n^2}, \end{cases} \quad (2)$$

где R_1 , R_2 и R_3 – измеренные активные сопротивления первичного преобразователя при частотах напряжения питания измерительной цепи ω_1 , ω_2 и ω_3 соответственно.

Решение системы уравнений (2) позволяет найти связь между параметрами R , R_n , C эквивалентной схемы замещения (рисунок 1) с экспериментально определяемыми на частотах ω_1 , ω_2 и ω_3 активными составляющими импеданса первичного преобразователя R_1 , R_2 , R_3 :

$$R = \frac{aR_1R_3 + bR_2R_3 + cR_1R_2}{dR_3 + fR_2 + kR_1}, \quad (3)$$

$$R_n = \frac{d(RR_1 + RR_2 - R^2 - R_1R_2)}{\omega_2^2 R_2 - \omega_1^2 R_1 + dR}, \quad (4)$$

$$C = \frac{1}{\omega_1 R_n} \sqrt{\frac{R + R_n - R_1}{R_1 - R}}, \quad (5)$$

где $a = \omega_1^2 - \omega_3^2$; $b = \omega_3^2 - \omega_2^2$;

$c = \omega_2^2 - \omega_1^2$; $d = \omega_1^2 - \omega_2^2$; $f = \omega_3^2 - \omega_1^2$;

$k = \omega_2^2 - \omega_3^2$.

Определение составляющих эквивалентной схемы замещения первичного преобразователя проводится в следующей последовательности:

– измерить активную составляющую импеданса первичного преобразователя на трех различных частотах;

– рассчитать значение активного сопротивления жидкости, находящейся в первичном преобразователе, используя зависимость (3);

– используя полученное значение и соотношение (4), определить величину поляризационного сопротивления;

– по соотношению (5), используя полученные значения активного и поляризационного сопротивлений, определить величину емкости двойного электрического слоя электродов первичного преобразователя.

В ряде исследований показано, что реактивное сопротивление первичного преобразователя с анализируемой жидкостью с изменением частоты меняет свой знак, т.е. меняет емкостной характер на индуктивный [5]. Предложенная методика предназначена для обработки результатов в области частот, в которой реактивное сопротивление первичного преобразователя имеет емкостной характер. Поэтому необходимо определить область частот для исследуемых растворов, где это условие выполняется.

На рисунке 2 представлена зависимость реактивной составляющей импеданса первичного преобразователя от частоты водного раствора хлористого калия.

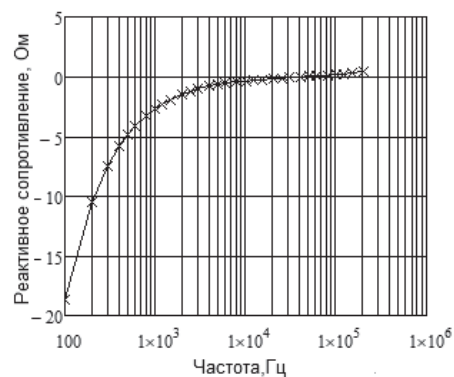


Рисунок 2 – Частотная зависимость реактивного сопротивления для водного раствора

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ

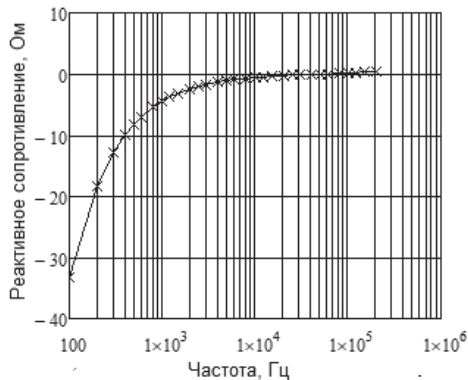


Рисунок 3 – Частотная зависимость реактивного сопротивления для этиленгликоля

Как видно из рисунка 2 и рисунка 3, ёмкостный характер реактивная составляющая имеет в области частот от 100 Гц до 15 кГц.

Для экспериментальных исследований были приготовлены по четыре раствора со следующими растворителями: вода; этиленгликоль. Сопротивления этих растворов находятся в диапазоне от 35 до 120 Ом.

Экспериментальное определение активной составляющей импеданса производилось при следующих частотах: 200 Гц; 600 Гц; 1 кГц; 2 кГц; 3 кГц; 4 кГц; 5 кГц; 6 кГц; 8 кГц; 10 кГц и 12 кГц.

По экспериментальным данным, с помощью рассмотренной методики, рассчитано значение активного сопротивления раствора в первичном преобразователе, поляризационное сопротивление и ёмкость двойного электрического слоя. Частотная зависимость активного сопротивления водных растворов имеет следующий вид:

$$R1 = 42,57 + 230 f^{-1}; \quad (6)$$

$$R2 = 63.92 + 320f^{-1}; \quad (7)$$

$$R3 = 81.62 + 336f^{-1}; \quad (8)$$

$$R4 = 111.84 + 343f^{-1}, \quad (9)$$

где: $R1$, $R2$, $R3$ и $R4$ – активное сопротивление водных растворов в первичном преобразователе, Ом;

f – частота напряжения питания первичного преобразователя.

Коэффициент корреляции зависимостей (6)-(9) и исходных данных составляет 0,998.

Поляризационные сопротивления для этих же растворов могут быть выражены следующими зависимостями от частоты:

$$Rn1 = 0.033 + 1610 f^{-1}; \quad (10)$$

$$Rn2 = 0.135 + 1858f^{-1}; \quad (11)$$

$$Rn3 = 0.109 + 2096f^{-1}; \quad (12)$$

$$Rn4 = 0.145 + 2246f^{-1}, \quad (13)$$

где: $Rn1$, $Rn2$, $Rn3$ и $Rn4$ – поляризационные сопротивления электродов первичного преобразователя с водными растворами; f – частота напряжения питания измерительной цепи первичного преобразователя.

Коэффициент корреляции зависимостей (10)-(13) исходных данных составляет 0,994.

Зависимости ёмкости двойного электрического слоя от частоты для каждого из четырёх водных растворов имеют следующий вид:

$$C1 = 133 + 41610f^{-1}; \quad (14)$$

$$C2 = 97.3 + 34460f^{-1}; \quad (15)$$

$$C3 = 92.5 + 28410f^{-1}; \quad (16)$$

$$C4 = 88.5 + 23280f^{-1}, \quad (17)$$

где: $C1$, $C2$, $C3$ и $C4$ – электрические ёмкости двойного электрического слоя электродов первичного преобразователя для четырёх водных растворов, мкФ;

f – частота напряжения питания измерительной цепи первичного преобразователя, Гц.

Коэффициент корреляции зависимостей (14)-(17) и исходных данных составляет 0,847.

Аналогично для раствора на основе этиленгликоля зависимости активного сопротивления раствора имеют следующий вид:

$$R1 = 36.00 + 329f^{-1}; \quad (18)$$

$$R2 = 65.84 + 372f^{-1}; \quad (19)$$

$$R3 = 81.57 + 386f^{-1}; \quad (20)$$

$$R4 = 99.67 + 380f^{-1}. \quad (21)$$

Коэффициент корреляции зависимостей (18)-(21) и исходных данных составляет 0,994.

Поляризационные сопротивления для этих же растворов на основе этиленгликоля могут быть представлены следующим образом:

$$Rn1 = -0.06 + 3055f^{-1}; \quad (22)$$

$$Rn2 = -0.04 + 3051f^{-1}; \quad (23)$$

$$Rn3 = -0.03 + 3066f^{-1}; \quad (24)$$

$$Rn4 = -0.04 + 3129f^{-1}. \quad (25)$$

Коэффициент корреляции зависимостей (22) – (25) и исходных данных составляет 0,999.

В свою очередь частотные зависимости емкости двойного электрического слоя электродов первичного преобразователя с растворами на основе этиленгликоля следующие:

$$C1 = 94.0 + 17710f^{-1}; \quad (26)$$

$$C2 = 85.6 + 18400f^{-1}; \quad (27)$$

$$C3 = 81.2 + 20010f^{-1}; \quad (28)$$

$$C4 = 84.7 + 13660f^{-1}. \quad (29)$$

Коэффициент корреляции зависимостей (26)–(29) и исходных даны составляет 0,87.

Для оценки влияния растворителя на результат измерения активного сопротивления раствора была получена математическая модель для относительной погрешности способа определения активного сопротивления жидкости путем измерения амплитуды тока через измерительную цепь.

Номинальная статическая характеристика такого метода имеет вид:

$$I_n = UR^{-1}, \quad (30)$$

где: I_n – ток через измерительную цепь первичного преобразователя;

U – амплитуда напряжения питания измерительной цепи;

R – активное сопротивление анализируемого раствора.

Измеряемую величину R из (30) оценивают как:

$$R = UI_n^{-1}. \quad (31)$$

Реальная статическая характеристика имеет вид:

$$I_p = U\sqrt{g^2 + b^2}, \quad (32)$$

где: I_p – реальная амплитуда тока через первичный преобразователь;

g и b – активная и реактивная составляющие проводимости первичного преобразователя.

При использовании выражений (31) и (32) может быть получена зависимость абсолютной погрешности:

$$\Delta = \left(\sqrt{g^2 + b^2}\right)^{-1} - R. \quad (33)$$

Из (33) может быть представлена относительная погрешность δ :

$$\delta = \left[\left(R\sqrt{g^2 + b^2}\right)^{-1} - 1\right] \cdot 100. \quad (34)$$

На основе полученной зависимости относительной погрешности (34) и при использовании соотношений (6)–(29) выполнена оценка систематической погрешности активного сопротивления жидкости в диапазоне изменения сопротивления от 30 до 120 Ом. Графики систематической погрешности приведены на рисунке 4.

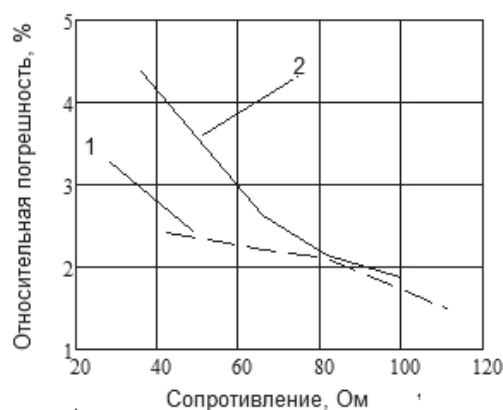


Рисунок 4 – Зависимость систематической погрешности активного сопротивления раствора: 1 – водный раствор; 2 – раствор в этиленгликоле

Выводы

В рамках статьи рассмотрена проблема возникновения систематической погрешности кондуктометрического контактного средства измерения, связанная с применением различных растворителей растворов при проведении поверки и при технологической эксплуатации прибора. Представлены результаты оценки систематической погрешности контактного кондуктометра. Оценка выполнена по экспериментальным данным, которые были получены для водных растворов и растворов на основе этиленгликоля. В результате исследований получены зависимости систематической погрешности от активного сопротивления водного раствора и раствора в этиленгликоле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.292-2013. Кондуктометры жидкости лабораторные. Методика поверки: Издание официальное: Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке (протокол от 27 декабря 2013 г. № 63-П): Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 декабря 2013 г. № 2379-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 8.292-2013. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 14 с.: Текст: непосредственный.

2. Первухин, Б.С. Сравнение методов определения постоянных контактных первичных преобразователей / Б.С. Первухин, Д.Б. Стародубцев. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2018. – №4. – С.65-68.

3. Первухин, Б.С. Определение параметров первичных преобразователей контактных кондуктометров на переменном напряжении прямоугольной формы / Б.С. Первухин Б.С., Н.В. Суворова, В.Б. Юшкова. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2013. – №1. – С.65- 66.

4. Первухин, Б.С. Сравнительный анализ методов определения параметров измерительного преобразователя контактного кондуктометра / Б.С. Первухин, Д.Е. Кривобоков, В.А. Соловьев. – Текст: непосредственный // Измерительная техника. – 2022. – №1. – С.46-51.

5. Первухин, Б.С. Определение параметров контактных первичных преобразователей кондуктометров. – Текст: непосредственный // Измерительная техника. – 2008. – №3. – С.61-63.

6. Первухин, Б.С. Определение параметров контактных кондуктометрических ячеек / Б.С. Первухин, Д.Е. Кривобоков Д.Е., Н.В. Суворова. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2014. – №1. – С.63-65.

Первухин Борис Семенович – д.т.н., профессор каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru;

Кузмин Георгий Сергеевич – студент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02.

Кандауров Кирилл Дмитриевич – студент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02.

Яковлев Борис Ренатович – студент каф. ИТ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02.

УДК 574.5 (535.3)

ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА НИЖНЕЙ ОБИ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГОДА

О. Б. Акулова, В. И. Букатый, В. В. Кириллов
Институт водных и экологических проблем СО РАН,
г. Барнаул

В работе на основе результатов экспедиционных исследований пигментных характеристик фитопланктона – хлорофиллов а, в, с и каротиноидов даны оценки трофности и качества воды на трёх створах реки Обь в условиях снежно-ледового покрова и открытой воды в 2023 г. Межгодовая динамика в 2022–2023 годах содержания хлорофилла а в единице объёма речной воды как показателя интенсивности развития водорослей фитопланктона, может свидетельствовать о постоянстве экологического состояния Нижней Оби на исследованных участках в пределах ЯНАО.

Ключевые слова: пигментные характеристики фитопланктона, хлорофилл а, трофический статус, качество воды, река Обь.

Введение

Фитопланктон, как сообщество микроскопических водорослей и первичное звено трофической цепи гидроэкосистем, является фактором и, одновременно, индикатором физических, химических и биологических характеристик качества поверхностных вод и экологического состояния водных объектов в соответствии с российскими и международными нормативами [1–3]. Для оценки физиологического состояния и количества фитопланктона широко используют пигментные характеристики водорослей, в первую очередь, концентрацию хлорофилла а [4–10].

Интразональная крупная речная система реки Оби характеризует экологическую ситуацию Западной Сибири и отличается длительным периодом ледостава – от 6 до 9 месяцев в году на различных участках течения.

Цель – исследовать основные пигментные характеристики водорослей фитопланктона – хлорофиллы а, в, с и каротиноиды для оценки качества воды и экологического статуса Нижней Оби в подлёдный период и период открытой воды в 2023 г.

Объект исследования

Участок реки Оби на южной границе ЯНАО у деревни Казым-Мыс и села Азовы Шурышкарского района, а также в 150 км ниже г. Салехард у села Салемал Ямальского района, где образуется дельта реки, переходящая в Обскую губу еще через 150 км.

Особенность участка нижнего течения реки Оби длиной около 550 км в пределах ЯНАО – отсутствие значительных сосредоточенных источников загрязнения поверхност-

ных вод при наличии многочисленных диффузных источников природного (заболоченный водосбор) и антропогенного (в основном, нефтегазовый комплекс) происхождения.

Материалы и методы исследования

Материал для исследований – 34 пробы воды, отобранные на трёх створах Нижней Оби, в подлёдный период (19–23 марта) и в период открытой воды (13–18 июня) на трех горизонтах – 0,2, 0,6, и 0,8 м. В полевых условиях была измерена спектральная прозрачность воды на портативном спектрофотометре DR1900 на следующих длинах волн – 430, 450, 550 и 670 нм, до и после фильтрации проб через мембраны с диаметром пор 0,22 мкм. Содержание хлорофиллов а, в, с и каротиноидов определили в лаборатории спектрофотометрическим методом [1, 11].

Результаты исследований

На основе полученных данных по пигментным характеристикам фитопланктона установлено, что максимальное содержание хлорофилла а в период зимней межени наблюдалось на створах у деревни Казым-Мыс (станция К4.1) и на замыкающем створе у села Салемал (Станции С2.1, С.3.1) и составило 1,8 и 1,7 мг/м³, что соответствует уровню олиготрофных водотоков. В период открытой воды наибольшие значения $S_{chl\ a}$ также наблюдались на створе у деревни Казым-Мыс – 22,4 мг/м³ (станция К1.2). По существующим классификациям [2, 10] концентрации фотосинтетических пигментов в период открытой воды при среднем значении для $S_{chl\ a}=10,3$ мг/м³, $S_{chl\ b}=2,1$ мг/м³, $S_{chl\ c_1+c_2}=19,9$ мг/м³ и $S_{K_{rd}}=2,6$ мкг/дм³ соот-

**ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА НИЖНЕЙ ОБИ
В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГОДА**

ветствуют уровню мезотрофных водотоков, в отличие от подлёдного периода, когда их уровень снижался до олиготрофных водных объектов. Соответственно, максимальные показатели $S_{chl a}$ наблюдались в тёплый летний месяц в период максимального прогрева воды, минимальные же значения оказались характерны для периода температурного и светового минимума. Амплитуды концентраций хлорофилла *a* в 2023 г. мало отличались от результатов исследований 2022 г на этих же участках реки Оби в периоды 28 марта – 7 апреля (0,2–1,5 мг/м³) и 8–13 июня (2,7–19,2 мг/м³) [12]. Близкими в оба года оказались и оценки качества воды по содержанию хлорофилла *a*. Весной речная вода относилась к классу 1 – предельно чистая, летом – к классу 2 – чистая или 3 – удовлетворительной чистоты.

Значения спектрального показателя ослабления света $\varepsilon(\lambda)$ в условиях снежно-ледового покрова для створа Азовы варьировали в пределах 7,2–12,4 м⁻¹, створа Казым-

Мыс – 5,7–12,3 м⁻¹ и створа Салемал – 6,0–11,7 м⁻¹. Летние же значения $\varepsilon(\lambda)$ для створа Азовы находились в диапазоне 6,4–15,3 м⁻¹, створа Казым-Мыс – 5,9–13,9 м⁻¹ и створа Салемал – 6,2–13,8 м⁻¹. Средние значения спектрального показателя поглощения света жёлтым веществом на длине волны 450 нм составили 15,3 м⁻¹, концентрации жёлтого вещества $S_{жв}$ – 48,6 г/м³. Для летних проб, отобранных в период открытой воды, значения $\varepsilon(\lambda)$ и $K_{жв}(\lambda)$ оказались значительно выше, чем в зимних подлёдных пробах. Амплитуда колебаний также мало отличалась для различных створов.

В результате расчётов относительного спектрального вклада основных оптически активных компонентов речной воды для разных глубин на трёх исследуемых створах реки Обь получено, что максимальное влияние на суммарное ослабление света в речной воде на всех трёх створах оказывают жёлтое вещество и взвесь.

Таблица 1 – Пигментные характеристики фитопланктона на разных створах реки Обь в подлёдный период 19–23 марта 2023 г.

Станция	Координаты	<i>H</i> , м	$S_{chl a}$, мг/м ³	$S_{chl b}$, мг/м ³	$S_{chl C1+C2}$, мг/м ³	$S_{K_{рд}}$, мкг/дм ³	Пигментный индекс
протока Малая Обь, с. Азовы							
A1.1	64°52'32.5"N 65°11'27.3"E	0,2	0,7	0,4	1,1	1,0	2,0
A2.1	64°52'36.6"N 65°11'30.6"E	0,2	0,7	0,4	1,1	1,5	2,3
A3.1	64°52'41.1"N 65°11'35.9"E	0,2	0,5	0,2	0,8	0,7	2,4
протока Большая Обь, д. Казым-Мыс							
K1.1	64°39'22.9"N 65°37'53.6"E	0,2	0,4	0,5	0,6	1,3	2,8
K2.1	64°39'32.5"N 65°37'56.5"E	0,2	0,5	0,1	0,7	1,2	2,7
K3.1	64°39'42.3"N 65°37'59.4"E	0,2	0,7	0,4	1,1	1,4	2,1
K4.1	64°39'48.5"N 65°38'02.2"E	0,2	1,8	1,4	2,9	1,6	2,6
K5.1	64°39'55.1"N 65°38'06.0"E	0,2	1,4	0,9	2,3	1,5	2,5
р. Обь, замыкающий створ, с. Салемал							
S1.1	66°46'58.6"N 68°57'56.3"E	0,2	1,4	0,7	2,0	1,8	2,7
S2.1	66°46'49.8"N 68°57'57.0"E	0,2	1,7	1,4	3,0	2,1	2,3
S3.1	66°46'40.1"N 68°57'57.6"E	0,2	1,7	1,3	2,6	2,4	2,6
S3.2	66°46'40.1"N 68°57'57.6"E	0,6	0,4	0,5	0,6	1,6	2,6
S3.3	66°46'40.1"N 68°57'57.6"E	0,8	0,7	0,4	1,1	1,3	2,1
S4.1	66°46'30.1"N 68°57'58.2"E	0,2	0,9	0,7	1,4	2,0	2,5
S5.1	66°46'20.8"N 68°57'59.2"E	0,2	0,7	0,4	1,1	3,0	1,9

Заключение

Получены современные данные по пигментным характеристикам фитопланктона – концентрация хлорофиллов *a*, *b*, *c*, каротиноидов и гидрооптическим характеристикам – спектральному показателю ослабления света $\varepsilon(\lambda)$, спектральному показателю поглощения света жёлтым веществом $K_{жв}(\lambda)$ Нижней Оби. В период зимней межени 2023 г. в речной воде обнаружены низкие концентрации хлорофилла *a* – от 0,4 до 1,8 мг/м³ со средним со-

держанием по всем трём створам 0,9 мг/м³, что соответствует олиготрофному уровню водотоков. В период открытой воды концентрация хлорофилла *a* была выше и характеризовалась большей амплитудой – от 6,2 до 12,6 мг/м³ (для створа Азовы), от 6,2 до 22,4 мг/м³ (для створа Казым-Мыс), от 5,6 до 18,8 мг/м³ (для створа Салемал), что соответствует мезотрофным водотокам, за исключением станции K1.2 с максимальной величиной 22,4 мг/м³ – эвтрофным. Оценки качества

воды по содержанию хлорофилла *a* отличались по сезонам, но не выходили за пределы класса 1 весной и класса 2 летом. Межгодовая динамика в 2022–2023 годах содержания хлорофилла *a* в единице объёма речной воды как показателя интенсивности развития водорослей фитопланктона, может свиде-

тельствовать о постоянстве экологического состояния Нижней Оби на исследованных участках в пределах ЯНАО. Используемые методы могут быть рекомендованы для экологического мониторинга водных объектов Субарктики.

Таблица 2 – Пигментные характеристики фитопланктона на разных створах реки Оби в период открытой воды 13–18 июня 2023 г.

Станция	Координаты	Н, м	$S_{chl\ a}$, мг/м ³	$S_{chl\ b}$, мг/м ³	$S_{chl\ c1+c2}$, мг/м ³	$S_{K_{рд}}$, мкг/дм ³	Пигментный индекс
протока Малая Обь, с. Азовы							
A1.1	64°52'32.1"N 65°11'27.3"E	0,2	10,1	2,0	19,6	3,3	2,2
A1.2	64°52'32.1"N 65°11'27.3"E	0,6	7,5	1,6	14,6	2,5	2,2
A1.3	64°52'32.1"N 65°11'27.3"E	0,8	8,5	1,7	16,3	2,8	2,3
A2.1	64°52'36,9"N 65°11'26.2"E	0,2	6,8	1,5	13,1	2,3	2,3
A2.2	64°52'36,9"N 65°11'26.2"E	0,6	6,2	1,7	11,9	2,5	2,1
A2.3	64°52'36,9"N 65°11'26.2"E	0,8	9,1	2,2	17,6	3,7	2,2
A3.1	64°52'41.3"N 65°11'27.9"E	0,2	12,6	2,6	24,3	2,2	2,2
A3.2	64°52'41.3"N 65°11'27.9"E	0,6	11,6	3,1	22,2	2,5	2,3
A3.3	64°52'41.3"N 65°11'27.9"E	0,8	9,8	2,4	18,6	2,4	2,2
протока Большая Обь, д. Казым-Мыс							
K1.1	64°39'20.0"N 65°38'03.6"E	0,2	18,9	2,8	37,2	2,6	2,2
K1.2	64°39'20.0"N 65°38'03.6"E	0,6	22,4	4,9	43,6	4,3	2,2
K1.3	64°39'20.0"N 65°38'03.6"E	0,8	12,9	2,2	25,1	3,9	2,3
K2.1	64°39'30.4"N 65°38'03.9"E	0,2	6,8	1,2	13,3	2,2	2,1
K2.2	64°39'30.4"N 65°38'03.9"E	0,6	7,1	1,7	13,8	2,4	2,2
K2.3	64°39'30.4"N 65°38'03.9"E	0,8	7,5	1,2	14,6	2,1	2,2
K3.1	64°39'40.3"N 65°38'06.9"E	0,2	6,2	0,9	12,1	2,2	2,2
K3.2	64°39'40.3"N 65°38'06.9"E	0,6	9,2	1,5	18,0	3,2	2,2
K3.3	64°39'40.3"N 65°38'06.9"E	0,8	11,7	2,2	22,3	2,3	2,4
K4.1	64°39'49.8"N 65°38'14.2"E	0,2	14,4	4,0	27,2	3,6	2,3
K4.2	64°39'49.8"N 65°38'14.2"E	0,6	15,9	3,5	30,6	3,0	2,4
K4.3	64°39'49.8"N 65°38'14.2"E	0,8	11,4	3,0	21,8	2,7	2,5
K5.1	64°39'55.8"N 65°38'20.4"E	0,2	13,7	3,5	26,3	2,7	2,3
K5.2	64°39'55.8"N 65°38'20.4"E	0,6	6,6	1,3	12,8	2,3	2,1
K5.3	64°39'55.8"N 65°38'20.4"E	0,8	7,5	1,5	14,3	2,8	2,4
р. Обь, замыкающий створ, с. Салемал							
S1.1	66°46'57.1"N 68°58'19.1"E	0,2	8,9	1,4	17,6	2,6	2,2
S1.2	66°46'57.1"N 68°58'19.1"E	0,6	12,0	1,5	23,7	3,5	2,2
S1.3	66°46'57.1"N 68°58'19.1"E	0,8	6,9	1,0	13,6	2,3	2,0
S2.1	66°46'49.6"N 68°58'19.8"E	0,2	7,8	1,1	15,3	2,0	2,1
S2.2	66°46'49.6"N 68°58'19.8"E	0,6	6,9	1,0	13,6	2,0	2,1
S2.3	66°46'49.6"N 68°58'19.8"E	0,8	9,0	1,6	17,5	2,9	2,2
S3.1	66°46'41.4"N 68°58'15.7"E	0,2	14,0	3,0	27,6	3,2	1,7
S3.2	66°46'41.4"N 68°58'15.7"E	0,6	18,8	2,1	36,7	2,5	2,2
S3.3	66°46'41.4"N 68°58'15.7"E	0,8	15,4	3,0	30,2	2,6	2,1
S4.1	66°46'27.1"N 68°58'09.0"E	0,2	14,2	2,6	27,7	2,3	2,2
S4.2	66°46'27.1"N 68°58'09.0"E	0,6	12,8	2,5	25,1	2,2	2,2
S4.3	66°46'27.1"N 68°58'09.0"E	0,8	5,6	1,2	10,6	2,5	2,2
S5.1	66°46'20.3"N 68°58'02.4"E	0,2	6,8	1,1	13,1	2,0	2,3
S5.2	66°46'20.3"N 68°58'02.4"E	0,6	7,6	1,5	14,8	2,2	2,2
S5.3	66°46'20.3"N 68°58'02.4"E	0,8	5,6	0,9	11,0	1,9	2,0

Сведения о финансовой поддержке
Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ИВЭП СО

РАН (№ гос. регистрации проектов 0306-2021-0001 и 0306-2021-0002) при финансовой поддержке Российского Центра освоения Арк-

ПИГМЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА НИЖНЕЙ ОБИ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ГОДА

тики (з. Салехард) проект № госрегистрации 123032700028-6 по теме «Комплексные научные исследования Обской губы в рамках реализации проекта «Экологическая безопасность Обь-Иртышского речного бассейна».

Благодарность

Благодарим науч. сотр. лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН, канд. биол. наук М.И. Ковешникова за отбор водных проб и измерения спектральной прозрачности речной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб: Гидрометеиздат, – 1992. – 318 с. – Текст: непосредственный.
2. Оксуюк, О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Оксуюк, В.Н. Жукинский, Л.П. Брагинский и др. – Текст: непосредственный // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29. – № 4. – С. 62–77.
3. Commission Directive 2014/101/EU of 30 October 2014 amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Union. – 31.10.2014. – L 311/32-L 311/35.
4. Елизарова, В.А. Хлорофилл как показатель биомассы фитопланктона / В.А. Елизарова. – Текст: непосредственный // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоёмов: Тр. РАН Биологии внутренних вод. – 1993. – С. 126–132.
5. Ляшенко, О.А. Растительные пигменты как показатели биомассы фитопланктона в мелководном эвтрофном озере / О.А. Ляшенко. – Текст: непосредственный // Проблемы региональной экологии. – 2004. – № 5. – С. 6–14.
6. Минеева, Н.М. Растительные пигменты, как показатели биомассы фитопланктона / Н.М. Минеева. – Текст: непосредственный // Альгология. – 2011. – Т. 21. – № 3. – С. 385–395.
7. Сигарева, Л.Е. Значимость пигментных характеристик фитопланктона при оценке качества воды / Л.Е. Сигарева, О.А. Ляшенко. – Текст: непосредственный // Водные ресурсы. – 2004. – № 4. – С. 475–480.
8. Гоголицын, В.А. Распределение хлорофиллов в устьевой части реки Северная Двина / В.А. Гоголицын. – Текст: непосредственный // Вестник МГОУ. – 2011. – № 3. – С. 29–36.
9. Минеева, Н.М. Многолетняя динамика хлорофилла в планктоне различных участков крупного равнинного водохранилища / Н.М. Минеева. – Текст: непосредственный // Биология внутренних вод. – 2021. – № 6. – С. 574–585.
10. Гаевский, Н.А. Трофический статус вод экосистемы Обско-Тазовской устьевой области по показателям фитопланктона / Н.А. Гаевский, Л.А. Семенова, А.К. Матковский. – Текст: непосредственный // Вестник экологии лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – №10. – С.170–179.
11. ГОСТ 17.1.4.02-90 Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а. Изд-во стандартов. – 1999. – 12 с. – Текст: непосредственный.
12. Акулова, О.Б. Пространственно-временные закономерности гидрооптических характеристик реки Обь / О.Б. Акулова, В.И. Букатый, В.В. Кириллов. – Текст: непосредственный // Известия АлтГУ. Физика. Барнаул: Изд-во АлтГУ. – 2023. – № 4(132). – С. 20–26. (DOI: 10.14258/izvasu(2023)4-02).

Акулова Ольга Борисовна – канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории гидрологии и геинформатики ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)666501, e-mail: akulova8282@mail.ru;

Букатый Владимир Иванович – д-р физ.-мат. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории гидрологии и геинформатики ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)666501, e-mail: v.bukaty@mail.ru;

Кириллов Владимир Викторович – канд. биол. наук, доцент, заведующий Лабораторией водной экологии ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)240214, e-mail: vkiirilov@iwep.ru.

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПОДВОДНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ВОДОЕМОВ

И. А. Суторихин¹, Д. Е. Кривобоков², В. А. Соловьев²

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН,

² Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Описан принцип работы программно-аппаратного комплекса и способ измерения спектральной подводной освещенности. Приводятся результаты измерений спектральной подводной освещенности на различных глубинах участков акватории Телецкого озера в летний период 2023 года. В качестве световых селективных элементов использовались интерференционные светофильтры с максимумами пропускания в разных частях видимой области спектра на восьми длинах волн: 433, 445, 459, 488, 514, 655, 679 и 780 нм.

Ключевые слова: спектральная подводная освещенность, гидробионты, интерференционный светофильтр.

Введение

В водоемах гидробионты в основном находятся в верхнем слое, который называется фотическим, а его величина определяется глубиной проникновения солнечного света в диапазоне 350-850 нм, энергия которого необходима для протекания процесса фотосинтеза. Поглощение света происходит неравномерно и существенно зависит от концентрации и спектров поглощения таких компонентов гидробионтов, как хлорофилла-а, хлорофилла-б, с-фикоциозина, коротинойдов, R-фитозеритронов и др. [1,2]. Свой вклад в ослабление солнечного света в водоемах вносят растворенные органические вещества и гидрозоли, но их спектральная зависимость менее выражена.

Для регистрации такого значимого для экологического состояния водоемов гидрооптического параметра, как величина спектральной подводной освещенности на разных глубинах, возникает необходимость создания соответствующих устройств. В работе [3] приведено описание такого устройства и показаны результаты измерений спектральной подводной освещенности на разных глубинах для участков акватории Телецкого озера. Его существенным недостатком является, во-первых, необходимость проведения измерений в ясную погоду при отсутствии облачности, во-вторых, низкая оперативность из-за необходимости после каждой регистрации поднимать из воды измерительный блок для смены интерференционных светофильтров.

Описание устройства

Положительный результат предложенного усовершенствования состоит в уменьшении погрешности измерений за счет учета влияния надводной освещенности, изменяющейся при переменной облачности или тумане, сокращении времени измерений путем оперативной смены интерференционных светофильтров, установленных на поворотном диске и приводимых во вращение шаговым двигателем, а также автоматизации записи данных.

Для измерений распределения солнечной спектральной подводной освещенности применяется программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух герметичных измерительных головок и блока индикации. Обе измерительные головки и блок индикации, который располагается на поверхности для отображения пользователю текущих измерений, связаны между собой гибким многожильным кабелем. Измерительные головки имеют прозрачные входные окна, через которые падающий свет проходит сквозь интерференционные светофильтры, установленными на поворотных дисках, регистрируется фотодатчиками. Обработка результатов происходит при помощи микроконтроллеров. Шаговые двигатели производят вращение поворотных дисков для установки интерференционных светофильтров на одной оптической оси с входными окнами и фотодатчиками. Крышки измерительных головок снимаются, что позволяет оперативно менять наборы интерференционных светофильтров, необходимых для текущих исследований. В разра-

ИЗМЕРЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПОДВОДНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ВОДОЕМОВ

ботанном комплексе использовались наборы из 10 интерференционных светофильтров в каждой измерительной головке.

Способ измерений

Первая измерительная головка регистрирует спектральный состав солнечного света, освещающего водную поверхность.

На первом этапе обе измерительные головки размещают на небольшой глубине в несколько сантиметров от поверхности воды с ориентацией входных окон в зенит. В первой и второй измерительных головках последовательно устанавливаются одинаковые интерференционные светофильтры и регистрируются сигналы с фотодатчиков. Вычисляется отношение сигналов, которое принимается за 100% прохождения светового потока для текущего спектрального диапазона.

На втором этапе вторая измерительная головка опускается на глубину от 0,5 до 1 м, а первая остается на том же малом уровне от поверхности воды и измерения повторяются. Определяется отношение сигналов с фотодатчиков первой и второй измерительных головок в выбранном спектральном диапазоне, что характеризует долю прохождения светового потока на определенной глубине с учетом падающего на поверхность воды света. Процесс измерений завершается, когда на определенной глубине сигналы с фотодатчика второй измерительной головки для всех спектральных диапазонов становятся равными нулю. Таким образом определяется зависимость распределения спектральной солнечной освещенности по глубине водоема и величина реального фотического слоя на соответствующих длинах волн. Первая измерительная головка исключает влияние изменений солнечного света у поверхности водоема из-за облаков, туч, туманной дымки на результаты измерений освещенности (рисунок 1). Шаг глубины погружения, обозначенный как H , принимался равным за 0.5 и 1 м.

Данные измерений на заданной глубине заносятся в память блока индикации и проводятся вычисления отношений по формуле (1).

Блок-схема устройства приведена на рисунке 2. Солнечный свет попадает через прозрачное входное окно 1 на интерференционный светофильтр, расположенный на поворотном барабане 2, затем на фотодиод 3. Барабан приводится в движение при помощи

шагового двигателя 4. Герметичный корпус 5 устройства погружается при помощи прочного 4-жильного кабеля, по которому передаются данные и питание. Напряжение, получаемое на фотодиоде 3, преобразуется в код АЦП и передается на блок индикации 7, где происходит сохранение данных и вычисление значения спектральной освещенности. Результаты отображаются на дисплее 6.

$$K_i = \frac{\beta_{01}}{\beta_2} = \frac{\beta_{01}}{\alpha_i \cdot \beta_{02}} = \frac{1}{\alpha_i} \cdot K_{0i} \quad (1)$$

или

$$\alpha_i = \frac{K_{0i}}{K_i}, \quad (2)$$

где β_1 – величина сигнала для первого фотодатчика на постоянной глубине 2-3 см; β_2 – величина сигнала для второго фотодатчика на заданной глубине погружения; α – коэффициент ослабления светового потока водой на заданной глубине погружения второй измерительной головки.

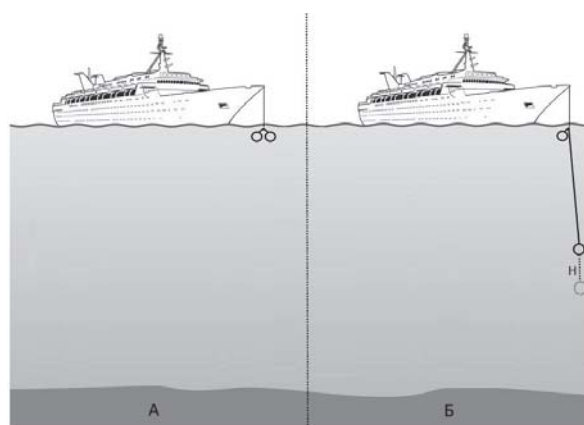


Рисунок 1 – Расположение измерительных головок относительно поверхности (а – первый этап, б – второй этап)

Результаты измерений

Апробация программно-аппаратного комплекса проводилась в августе 2023 г. на озере Телецкое. Измерения осуществлялись на длинах волн: 433, 445, 459, 488, 514, 655, 679 и 780 нм. В таблице 1 показано изменение освещенности по глубине относительно поверхностного значения, которое принимается за 100 %.

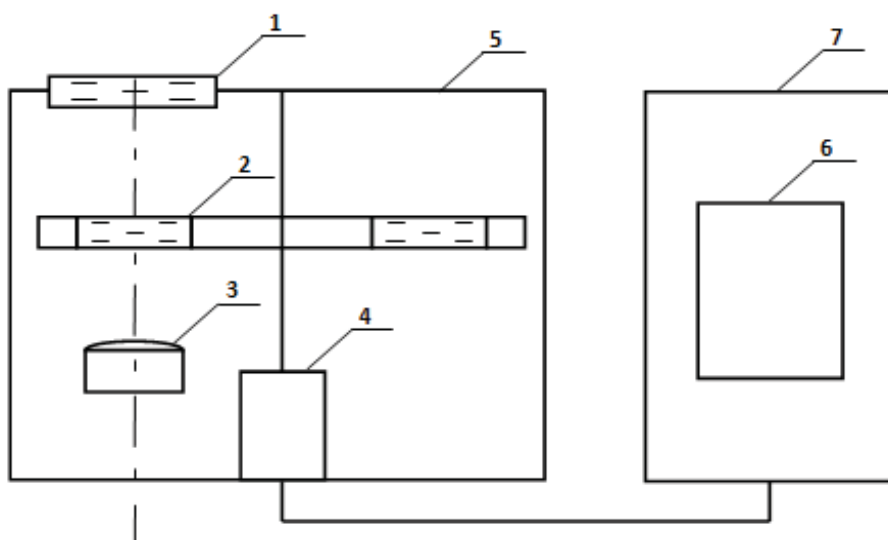


Рисунок 2 – Блок-схема устройства измерения спектральной подводной освещенности

Таблица 1 – Результаты измерения спектральной подводной освещенности в районе кордона Кокши

г, м	λ, нм							
	433	445	459	488	514	655	679	780
0	100	100	100	100	100	100	100	100
0,5	53.35	59.57	69.28	63.93	51.57	40.55	30.8	26.43
1	21.38	34.13	39.95	45.09	35.67	27.81	19.2	5.48
1,5	12.74	22.39	24.94	30.5	26.06	19.32	13.69	1.67
2	7.34	13.48	16.17	21.22	19.96	14.93	10.27	0.48
3	3.02	5.65	7.85	12.73	13.12	9.32	6.1	-
4	1.08	2.17	3.23	6.9	8.32	6.03	3.72	-
5	0.65	1.09	1.85	4.51	6.47	4.66	2.53	-
6	0.22	0.43	0.69	2.39	4.07	3.01	1.34	-
7	-	-	-	0.8	2.22	1.78	0.74	-

Обсуждение и выводы

Усовершенствованное устройство измерения спектральной подводной освещенности на разных глубинах было апробировано в ходе комплексной экспедиции на Телецком озере в августе 2023 г. и показало высокие эксплуатационные характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубин, А.Б. Биологические методы в экологическом мониторинге/ А.Б. Рубин. – Текст: непосредственный // Соровский образовательный журнал. – 2000. – Т.6. – С. 7-13.

2. Попик, А.Ю. Динамика спектров лазерной индуцированной флуоресценции хлорофилла-а фитопланктона в условиях меняющихся параметров внешней среды / А.Ю. Попик. – Текст: непосредственный // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. 2015. –145 с.

3. Суторихин, И.А. Спектральная подводная освещенность пресноводных водоемов на разных глубинах / И.А. Суторихин, И.М. Фроленков, С.А. Литвиненко, В.А. Соловьев. – Текст: непосредственный // Журнал «Оптика атмосферы и океана». – 2023. – Т. 36. – № 10. – С. 861–865. DOI: 10.15372/AOO20231011.

Суторихин Игорь Анатольевич – д.ф.-м.н, профессор, г.н.с., ИВЭП СО РАН, тел.: 8(3852)638997, e-mail: sia@iwer.ru;

Кривобок Дмитрий Евгеньевич – доцент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: solvitali@mail.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БАРНАУЛА

В. В. Надвоцкая, В. В. Тимофеев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе применен метод высокоэффективной жидкостной хроматографии для оценки загрязненности полиароматическими углеводородами рек Оби, Барнаулки и Пивоварки в черте г. Барнаула. Определено, что высокая чувствительность детектирования и селективность метода позволяет выявить микроколичества вредных веществ. Исследование показало, что концентрация бензапирена меняется в большом диапазоне, но бензапирен обнаружен во всех пробах. Главными источниками загрязнения являются сбросы сточных вод предприятиями города, золошлакоотвалы, городские снегоотвалы, форма рельефа местности, печное отопление.

Ключевые слова: метод высокоэффективной жидкостной хроматографии, оценка загрязненности, водные объекты, полиароматические углеводороды, сбросы сточных вод.

Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии используется для качественного и количественного анализа сложноконпонентных смесей природных объектов. Высокая чувствительность детектирования и селективность данного метода позволяет определить микроколичества вредных веществ при контроле загрязнения окружающей среды полиароматическими углеводородами (ПАУ).

ПАУ являются семейством канцерогенных, мутагенных соединений, образующихся за счет антропогенных, техногенных процессов, мигрирующих в экосистеме и биоаккумулирующихся в живых организмах. Источника-

ми ПАУ в водных объектах являются в основном промышленные предприятия, автотранспорт, частные домовладения, отапливаемые углём, и теплоцентрали (рисунок 1). Поскольку реки Обь, Барнаулка и Пивоварка протекают в черте города, то согласно оценочным показателям степени загрязненности, необходимо вести контроль качества воды данных водных объектов [1,2].

Бензапирен является индикатором группы соединений ПАУ, поэтому целесообразно исследование одного объекта в качестве маркера всего профиля полиароматических углеводородов [3].



Рисунок 1 – Источники образования ПАУ

Видимый спектр люминесценции бензапирена позволяет обнаружить микроконцентрации вещества до 0,01 миллиардных доли. Диапазон регистрации флуоресценции детектором составляет 390-450 нм.

Исследование загрязненности рек Оби, Барнаулки и Пивоварки проводилось на базе лаборатории хроматографического анализа АлтГТУ. Для экстракции бенз(а)пирена гексаном из пробы, очистки пробы и концентрирования экстракта использованы стандартный набор лабораторной посуды: весы аналити-

ческие, сухой фильтр, сушильный шкаф. Определение бензапирена (БП) выполнено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе «Люмахром» с флуориметрическим детектором «Люмахром ФЛД 2410 Флюорат-02-2М» (рисунок 2).

При выборе точек отбора проб авторы руководствовались нарастанием антропогенного влияния на водные объекты – частный сектор, производственные предприятия, ТЭЦ, рельеф и др. [4].

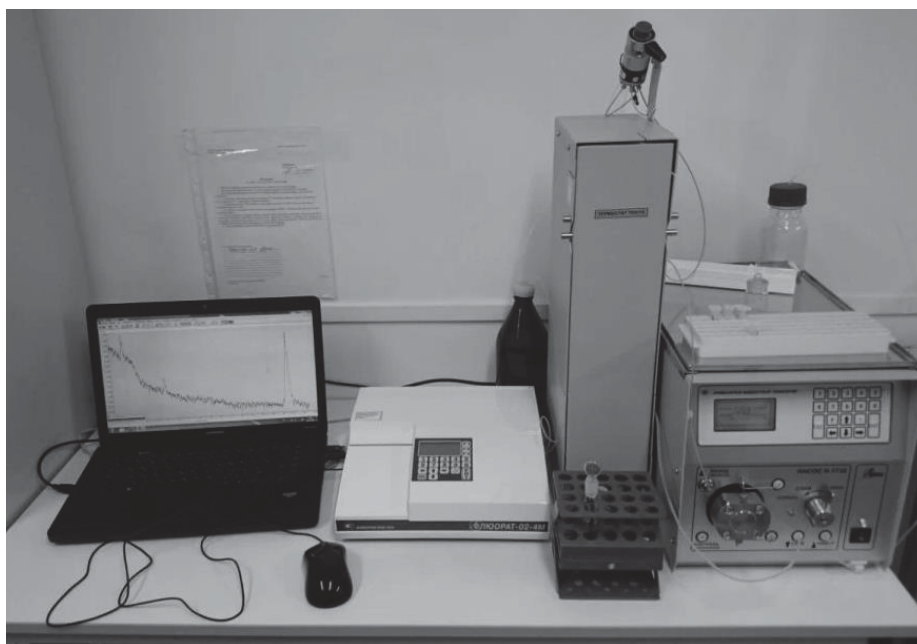


Рисунок 2 – Хроматограф «Люмахром» с флуориметрическим детектором

Результаты исследования вод рек Оби, Барнаулки и Пивоварки показали, что концентрация БП меняется в большом диапазоне, но бензапирен обнаружен во всех пробах.

Превышение ПДК бензапирена проб р. Пивоварки составило от 2 до 11 раз. Столь высокий уровень загрязнения обусловлен не только сбросом сточных вод химического завода, асфальтобетонного завода, предприятий авторембазы, водоканала и пр., но и использованием печного отопления в частном секторе в зимнее время.

Река Барнаулка является своеобразным аккумулятором загрязнений за счет пониженной формы рельефа местности, особенно во время снеготаяния. Образование «воздушной ямы» и роза ветров в Центральном районе под горой концентрирует загрязнения атмосферы, а за счет влажной седиментации ПАУ выпадают в район устья Барнаулки. ПДК бен-

запирена проб р. Барнаулки превысил ПДК от 1 до 18 раз (рисунок 3).

Рассматривая результаты измерений проб р. Оби, следует заострить внимание на том, что воды Пивоварки и Барнаулки впадают в Обь, однако критического действия на степень загрязнения не оказывают благодаря многократно превышающему расходу воды в р. Обь. Загрязнение реки Оби составило 2-7 ПДК. Причиной этому является также сброс сточных вод предприятиями города, золошлакоотвалы ТЭЦ-2.

Пробы, взятые в весенний период активного снеготаяния, показали максимально высокий уровень бензапирена (превышение ПДК до 40-94 раз) во всех водных объектах из-за перехода загрязняющих веществ снежных масс в талую воду и попадание в реки, размещения городских снегоотвалов на берегах рек.

ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
БАРНАУЛА

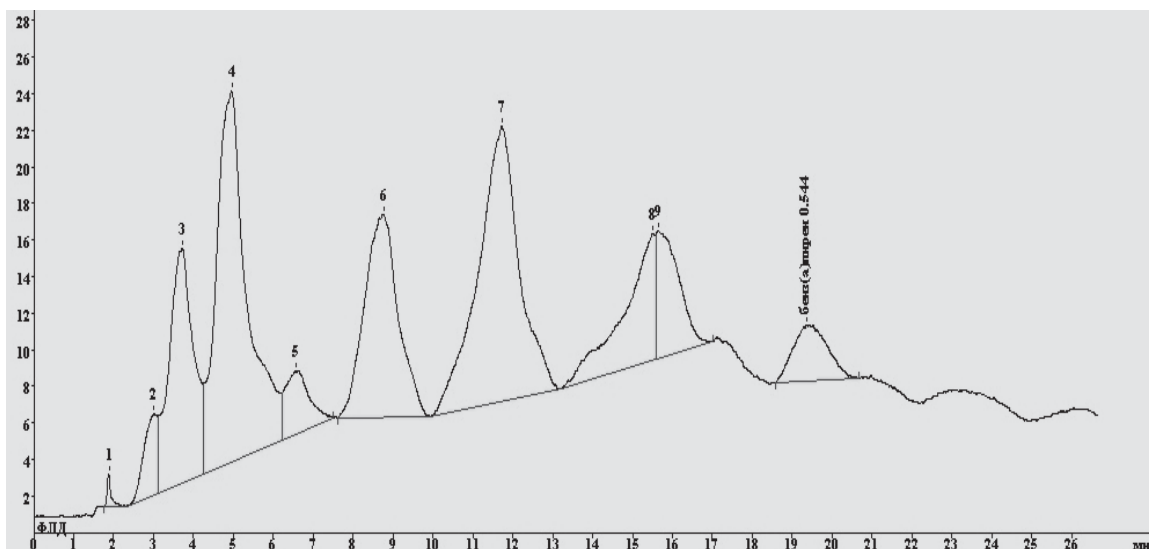


Рисунок 3 – Хроматограмма пробы №9 (устье р. Барнаулки, май 2023)

Согласно [5] в 2022 году удельный комбинаторный индекс загрязненности воды Барнаулки и Пивоварки за последние годы признан 4-го класса «грязная», а Обь дельта выше Барнаула – 3-го класса «загрязненная», ниже Барнаула – 4-го класса «грязная». Проведенные авторами исследования подтверждают данные Алтайского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС).

Таким образом, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии позволил выполнить оценку загрязненности полиароматическими углеводородами рек Оби, Барнаулки и Пивоварки в черте г. Барнаула. Концентрация вещества меняется в большом диапазоне, но бензапирен обнаружен во всех пробах. Зимой наблюдается максимально высокий уровень бензапирена. Главными источниками БП являются сбросы сточных вод предприятиями города, золошлакоотвалы, городские снегоотвалы, форма рельефа местности, печное отопление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление от 13 июля 2019 года N 891 Об утверждении Правил проведения инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду // АО «Кодекс». – 2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560704091> (дата обращения: 21.09.2023). – Текст: электронный.

2. СанПиН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора СССР от 04.07.88. М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с. – Текст: непосредственный.

3. Ершова, К.П. Изучение эффективности биологической очистки городских сточных вод от бенз[а]пирена / К.П. Ершова, Ю.И. Нефедов, Л.С. Канунникова, М.Г. Крылова. – Текст: электронный // Гигиена и санитария. – 1974. – №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-effektivnosti-biologicheskoy-ochistki-gorodskih-stochnyh-vod-ot-benz-a-pirena> (дата обращения: 21.09.2023).

4. Р 52.24.353 Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод, Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», Ростов-на-Дону, 2012. – 36 с. Текст: непосредственный.

5. Качество поверхностных вод Российской Федерации (Ежегодник) / под ред. М.М. Трофимчук. – Текст: непосредственный // "Гидрохимический институт", Ростов-на-Дону. – 2023. – 636 с.

Надвоцкая Валерия Валерьевна – к.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (3852) 290-913, e-mail: nadvotskaya7@mail.ru;

Тимофеев Виктор Владимирович – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (3852) 290-913.

УДК 543.087.9

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МНОГОЭЛЕКТРОДНОГО ИОНОМЕРА

**Д. Е. Кривобоков, Б. С. Первухин, В. А. Соловьев, В. М. Лихацкий,
К. Д. Кривобоков**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье рассмотрена конструкция полярографического иономера, состоящего из трех электродов – медного, платинового и позолоченного. Раскрыты конструктивные особенности, представлены результаты экспериментальных исследований. Показана возможность применения технологий искусственного интеллекта для обработки результатов измерений.

Ключевые слова: полярография, ион, двойной электрический слой, электрохимия, распознавание.

Приборы для анализа состава веществ являются неотъемлемой частью многих технологических процессов химических предприятий, медицинских исследований, экологического мониторинга, а также научных лабораторий. Значительную часть составляют электрохимические средства измерений, основанные на количественном и качественном определении ионов в водных растворах, поскольку вода является одним из основных растворителей биологических веществ или базовым элементом в химических и электрохимических реакциях [1].

На сегодняшний день на рынке приборов представлены в основном иономеры, механизм чувствительности которых основан на измерении равновесного потенциала между электродом и ионом, содержащимся в растворе (потенциометрический метод). Датчики подобных приборов имеют короткий срок эксплуатации, поскольку чувствительны к загрязнению, часто требуют дополнительных расходных материалов. Кроме того, большинство из них выпускаются иностранными производителями.

Авторами предложен прибор, основанный на анализе параметров протекающего тока через электроды, зависящего от материала электродов и типа ионов (полярографический метод). Причем в измерениях используется несколько электродов, изготовленных из разных материалов, например, нержавеющая сталь, медь, платина, золото, графит, что обеспечивает возможность отдельного одновременного контроля нескольких типов ионов в водном растворе. Данные электроды рассчитаны на весь срок службы прибора, и в

случае необходимости для их очистки может применяться электрохимическая коррозия.

Целью статьи является демонстрация результатов исследований макета многоэлектродного датчика ионов в водном растворе.

Исследования макета датчика

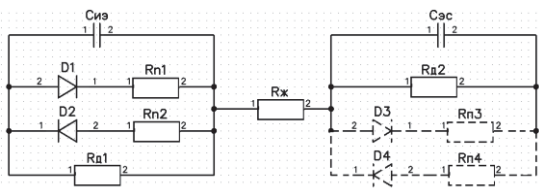
Для проведения исследований был изготовлен макет датчика прибора, представленный на рисунке 1, в котором используются три измерительных электрода (медный, платиновый и позолоченный).



Рисунок 1 – Макет трехэлектродного датчика прибора контроля ионов в растворе

В качестве электрода сравнения применяется пластина из нержавеющей стали, чья поверхностная площадь несоизмеримо больше суммарной площади контакта с жидкостью трех измерительных электродов. Сделано это для того, чтобы обеспечить максимальную плотность тока именно вблизи поверхности измерительных электродов, контактирующих с раствором [2]. Электрическая эквивалентная схема замещения электродной системы может быть представлена в виде, изображенном на рисунке 2.

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МНОГОЭЛЕКТРОДНОГО ИОНОМЕРА



$C_{иэ}$ – ёмкость двойного электрического слоя измерительного электрода; $C_{эс}$ – ёмкость двойного электрического слоя электрода сравнения; D_i – диоды, отображающие нелинейный процесс обмена электроном между ионом и электродом;

R_{ni} – сопротивление поляризации;

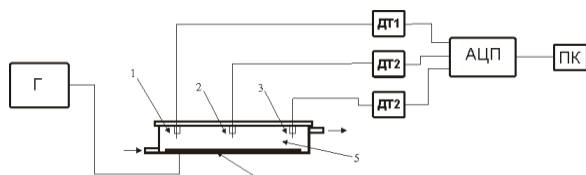
R_{di} – сопротивление, обусловленное диффузией иона;

$R_{ж}$ – сопротивление раствора

Рисунок 2 – Электрическая эквивалентная схема замещения электродной системы иономера

При несоизмеримой площади электрода сравнения по отношению к измерительным электродам значение емкости ЦЭС и проводимость резистора диффузии R_{2G} также несоизмеримо больше, чем аналогичные C_{UA} и R_{1G} , что позволяет шунтировать влияние поляризационных процессов электрода сравнения как на постоянном токе, так и на переменном. Причем более предпочтительно, чтобы шунтирование происходило именно за счет перезарядки емкости ЦЭС.

Структурная схема макета прибора представлена на рисунке 3.

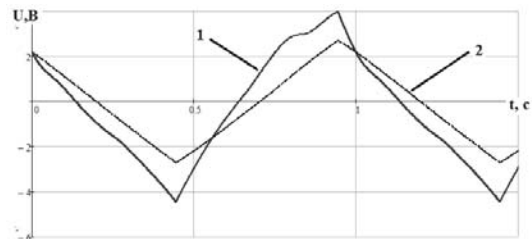


Γ – генератор сканирующего сигнала, $ДТ_i$ – датчик тока; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ПК – персональный компьютер; 1,2,3 – измерительные электроды игольчатого типа; 4 – электрод сравнения; 5 – жидкость

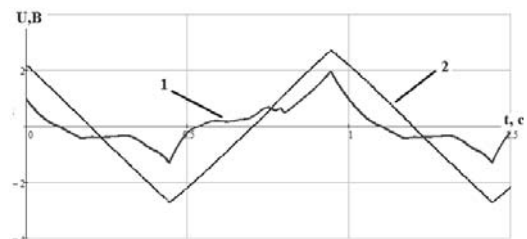
Рисунок 3 – Структурная схема макета прибора

Экспериментальные исследования проводились для водных растворов (медь, натрий, калий), а также их комбинаций. На рисунке 4 представлены результаты измерений токов, протекающих через измерительные электроды. Стоит отметить, что расположение измерительных электродов практи-

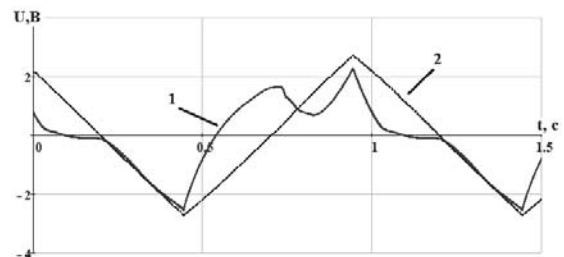
чески исключает переток зарядов между ними, поскольку электрод сравнения, в том числе, выполняет функцию охранного электрода.



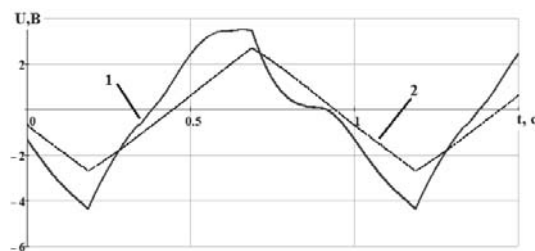
а)



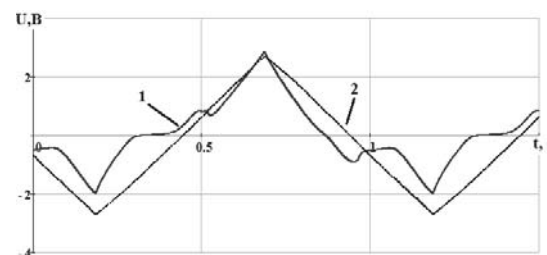
б)



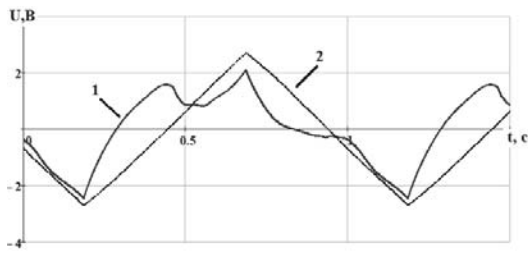
в)



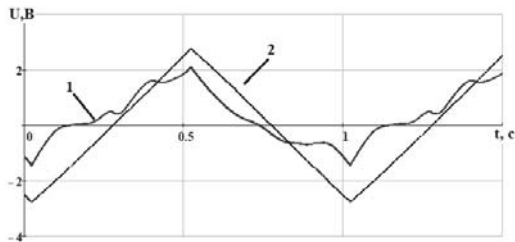
г)



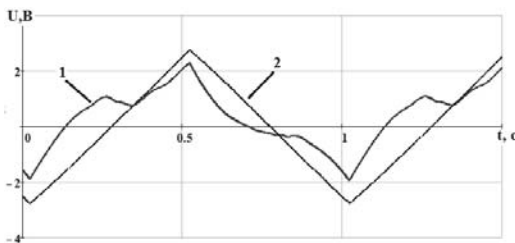
д)



е)



ж)



з)

- а) – медный электрод + KCl; в) – платиновый электрод + KCl;
в) – позолоченный электрод + KCl;
г) – медный электрод + NaCl; д) – платиновый электрод + NaCl;
е) – позолоченный электрод + NaCl;
ж) – платиновый электрод + Cu(NO₃)₂;
з) – позолоченный электрод + Cu(NO₃)₂;
1 – график, соответствующий току через измерительные электроды, преобразованный в напряжение с множителем 1200 (Ом);
2 – график сканирующего напряжения

Рисунок 4 – Графики зависимости тока измерительных электродов от напряжения

Ток через электроды формировался треугольным напряжением частотой 0,5 Гц и с наложением переменной гармонической составляющей частотой от 0 до 500 Гц и амплитудой от 0,1 до 0,3 В. По результатам экспериментов построены графические изображения зависимости тока, протекающего через измерительные электроды от напряжения для вышеупомянутых растворов, представленных на рисунке 5. Как видно из рисунка 5, к примеру, для растворов натрия и калия на ПОЛУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №3 2023

медном и позолоченном электродах различия минимальны, но на платиновом электроде различия отчетливо наблюдаются. Для раствора меди отличия более существенны по сравнению с двумя вышеуказанными растворами.

Поскольку в растворах присутствует несколько ионов, в частности, собственно металл, водород, остатки солей (анионы), формирование тока через электроды осуществляется каждым из них, но при разных условиях, т.е.:

$$I_{\text{общ}} = I_{K1} + I_{K2} + I_{A1} + I_{A2} + \dots, \quad (1)$$

где I_{K1} , I_{K2} – токи, обусловленные катионом 1 и катионом 2;
 I_{A1} , I_{A2} – ток, обусловленный анионом 1 и катионом 2.

Было предложено моделировать ток иона следующей зависимостью:

$$I_u(U) = \frac{1}{1 + e^{-N_1 \cdot (U - U_0)}} \cdot \left(N_2 + \frac{U}{N_3} \right), \quad (2)$$

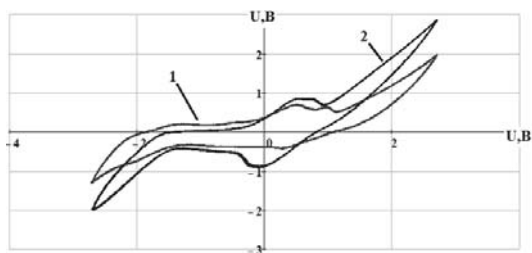
где U – сканирующее напряжение;
 N_i – коэффициенты;
 U_0 – напряжение активации иона.

Выражение 2 является приблизительным, описывающим активацию способности иона участвовать в обмене зарядом с электродом. В дальнейшем данная зависимость будет уточняться по результатам исследований.

В перспективе планируется разработать общую модель ионных процессов в приэлектродной области, представляющих собой функцию со свободными коэффициентами, характеризующими ион, значения которых будут определяться нейросетью по экспериментальным данным. При совпадении мгновенных значений токов, протекающих через измерительные электроды, с расчетными значениями функции тип ионов в растворе будет надежно идентифицироваться.

Стоит отметить, что на сегодняшний день уже могут быть применены технологии искусственного интеллекта для распознавания изображений и анализа измеряемых физических величин. К примеру, если построить график, в котором по горизонтальной оси откладывать значения напряжений с генератора сканирующего сигнала, а по вертикальной – значения токов и одного из измерительных электродов, то получим аналог фигуры Лиссажу (рисунок 5).

РАЗРАБОТКА МАКЕТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МНОГОЭЛЕКТРОДНОГО ИОНОМЕРА



1 – для раствора KCl;
2 – для раствора NaCl

Рисунок 5 – Аналоги фигуры Лиссажу для сканирующего напряжения и тока через измерительный электрод

Выводы

В статье представлен макет датчика иономера, состоящего из трех электродов (медь, платина, золото). Приведены экспериментальные зависимости тока от напряжения для различных систем электрод-ион, показано, что имеются существенные отличия зависимостей. Предложена модель активации свойств иона к обмену зарядом с электродом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка, Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для ВУЗов / Н.Л. Глинка. – Текст: непосредственный // Москва: Интеграл-Пресс, 2000. – 728 с.
2. Герасимов, Я.И. Курс физической химии / Я.И. Герасимов. – Текст: непосредственный // Москва: издательство «Химия», 1973. – 624с.

Кривобоков Дмитрий Евгеньевич – доцент кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Переухин Борис Семенович – д.т.н., профессор кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: solvitali@mail.ru;

Лихацкий Вячеслав Максимович – магистрант кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: slavalichatskiy@gmail.com;

Кривобоков Кирилл Дмитриевич – учащийся ЦДНИТТ «Наследники Ползунова» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: krivobokov.k@mail.ru.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, В. А. Соловьев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Рассмотрены проблемы разработки интеллектуальных средств измерений, связанные с нормированием требуемых метрологических характеристик. Предложены варианты решений, связанные с увеличением объема обучающих выборок, применением индикаторных функций и изменения структуры интеллектуальных приборов.

Ключевые слова: интеллектуальные средства измерений, нейросеть, метрологические характеристики, математическая модель.

Введение

Понятие «искусственный интеллект» уже прочно закрепилось в качестве одного из инструментов разработки и создания новых технических средств. Не обошло это стороной и приборостроение, в частности, средств измерений. Однако, в некоторых случаях, под интеллектуальными измерительными приборами понимают устройства, содержащие микропроцессоры (микроконтроллеры) и имеющие возможность быть запрограммированными на произвольный алгоритм действий.

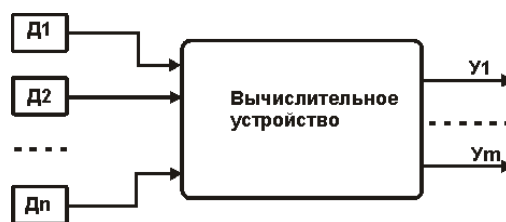
В действительности технология искусственного интеллекта применяется тогда, когда реализация детерминированных алгоритмов, в том числе для функциональных преобразований, затруднена по ряду причин. В этом случае на помощь приходят умные технологии, с помощью которых формируется вычислительный объект, внешне воспроизводящий требуемую передаточную функцию, но не раскрывающий механизм вычислений, пригодный для математического анализа устойчивости, непрерывности, монотонности и т.п. В случае измерительных приборов подобные интеллектуальные преобразователи могут привести к неопределенным метрологическим характеристикам.

Таким образом, **цель статьи** – обозначить проблему конструирования интеллектуальных средств измерения и предложить возможные варианты ее решения.

Постановка проблемы

Основной метрологической характеристикой измерительного прибора является погрешность в заданном диапазоне измерений. Все большее распространение получают приборы, которые имеют несколько измерительных каналов различных физических ве-

личин и, посредством вычислительных преобразований, выдают требуемые выходные сигналы (рисунок 1).



D_i – датчики измеряемых параметров;
 Y_i – выходные сигналы измерительного прибора

Рисунок 1 – Структурная схема многоканального измерительного преобразователя

Как правило, именно организация и реализация вычислительных преобразований составляет основную сложность в формировании выходных сигналов. К примеру, могут быть неясны с необходимой точностью физические связи между измеряемыми величинами и выходными сигналами. Или математический аппарат вычислений может быть достаточно сложен и отсутствуют эффективные инструменты его фактического применения. В этом случае осуществлять вычислительные преобразования поручаются нейросети, предварительно обучив ее. Такое решение имеет неоспоримый «плюс», поскольку нет необходимости строить сложные функции, отражающие физические зависимости, и глубоко вникать в вычислительные процессы, поскольку достаточно иметь лишь необходимый объем экспериментальных данных для обучения нейросети. Однако возникает вопрос, связанный с метрологическими харак-

теристиками средства измерений в целом и, в частности, с соответствием погрешности измерений требуемому значению в любой точке диапазона, а также с механизмом определения этой погрешности.

Вариант определения (нормирования) метрологических характеристик датчиков прибора и на этом основании вычислять погрешности измерений всего прибора не является приемлемым, поскольку «черным ящиком» в данном случае выступает вычислительная часть преобразований. А при эксплуатации прибора, как правило, интересует соответствие выходных сигналов требуемым характеристикам, которые определяются конкретными технологическими условиями по месту применения средства измерений. Передаточные характеристики нейро-сетевого преобразователя можно нормировать только в определенных точках обучающей и тестирующей выборки. К тому же при применении механизмов автоматической адаптации передаточной характеристики нейросети ситуация может осложниться. В этом случае не просто будет говорить даже о стабильности характеристик преобразования сигналов с датчиков в выходные значения (рисунок 1).

Предлагаемые варианты решения

В качестве вариантов уменьшения неопределенности в нормировании метрологических характеристик интеллектуальных средств измерения можно предложить следующее. Во-первых, увеличить объем как обучающей, так и тестирующей выборки. Причем количество точек для обучения нейросети должно быть соизмеримо с числом коэффициентов связи между нейронами для того, чтобы исключить возникновение неконтролируемых отклонений в процессе обучения. Поскольку этот объем обучающей выборки в этом случае может быть огромным, то целесообразно применять инструменты интерполяции для увеличения количества точек обучения.

Во втором варианте возможно применение так называемых «индикаторных функций». Своим видом они похожи на передаточные характеристики, которым должна быть обучена нейросеть. При этом обучающая выборка должна состоять как из экспериментальных данных, так и из значений, сгенерированных при помощи «индикаторных функций». После обучения нейросети соответствие требуемым метрологическим характеристикам можно оценить в любой точке диапазона измерений при помощи вычисления значений «индикаторных функций» и их

сравнения с соответствующими выходными значениями нейросети для тех же аргументов. Поскольку «индикаторная функция» своим поведением мало отличается от передаточной функции нейросети в целом, вычисленную погрешность измерений можно будет обобщить.

В третьем варианте предлагается не использовать нейросеть непосредственно для формирования передаточных функций измерительных преобразований. Наоборот, для этой задачи необходимо использовать коэффициенты (параметры), с помощью которых настраивается передаточная зависимость. Нейросеть же будет применяться для определения и регулирования этих коэффициентов (параметров) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структурная схема интеллектуального прибора с настраиваемой моделью

При этом одновременно обеспечивается свойство адаптивности измерительной системы путем изменения коэффициентов модели, а также однозначное определение передаточных свойств математической модели в любой точке диапазона измерений, что позволит надежно нормировать метрологические характеристики. Нейросеть в этом случае обладает более простой структурой, поскольку не выполняет сложных преобразований, а обучающая выборка формируется посредством математической модели путем оценки ее чувствительности к изменению коэффициентов (параметров). Как результат, может быть сгенерирована обучающая выборка практически любого объема.

Выводы

В статье дано обоснование возникновению неопределенности метрологических характеристик в интеллектуальных средствах измерения.

Для исключения неопределенности предложены три варианта решения проблемы:

- увеличение объема обучающей выборки;
- применение индикаторных функций;
- использование математической модели преобразования сигналов с настраиваемой передаточной характеристикой с помощью нейронной сети.

Первухин Борис Семенович – д.т.н., профессор кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru;

Кривобокос Дмитрий Евгеньевич – доцент кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Соловьев Виталий Андреевич – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: solvitali@mail.ru.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПОДВОДНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ВОДОЕМОВ

И. А. Суторихин¹, В. А. Соловьев², Б. С. Первухин²

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН,

² Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Рассмотрены способы определения спектральной подводной освещенности, их преимущества и недостатки. Определена структура устройства контроля спектральной подводной освещенности. Разработана структурная схема устройства.

Ключевые слова: спектральная подводная освещенность, гидробионты, интерференционный светофильтр.

Введение

Поскольку солнечный свет в видимом диапазоне длин волн (350-800 нм), проходящий в водную толщу, ослабляется селективно, что определяется концентрацией гидробионтов, растворенных веществ и гидрозолей органического и не органического происхождения, то по динамике изменения с глубиной спектральной подводной освещенности можно судить о количественных параметрах по разным гидрооптическим характеристикам. Данная информация является актуальной для организаций выполняющих как контролируемые функции, так и проводящие научные исследования в плане мониторинга экологического состояния водоемов [1].

Целью работы является разработка компактного погружного устройства для определения спектральной подводной освещенности на разных глубинах водоемов и измерения величины фотического слоя, как одного из параметров, характеризующих их экологическое состояние [2]. Для того чтобы выбрать способ измерения и определить аппаратную составляющую устройства, рассмотрим способы определения спектральной подводной освещенности воды.

В целом, измерения спектральной подводной освещенности воды не имеет принципиальных отличий от измерения монохроматической прозрачности воды и характеризуется способностью воды ослаблять проходящий через него световой поток. Определяется как отношение интенсивности света, прошедшего через слой воды, к интенсивности света, входящего в воду.

Способы измерения освещенности

1) При помощи светодиодов: проводится измерение ослабления света определенного спектра, излучаемого светодиодом.

Преимущества:

- отсутствие подвижных механических частей;
- невысокая стоимость комплектующих по сравнению с другими методами.

Недостатки:

- сложность в подборе светодиодов нужного спектра;
- большое количество диапазонов ведет за собой большое количество светодиодов;
- не учитываются особенности солнечного излучения;
- сравнительно широкие измеряемые диапазоны спектра (25-40 нм).

2) При помощи поворотной дисперсионной призмы: способ основан на дисперсии света при его прохождении через призму, т.е. разделении света на спектральные составляющие и фокусирование светового луча на фотодиоде.

Преимущества:

- плавное регулирование измеряемого спектра.

Недостатки:

- требуется точное позиционирование элементов конструкции;
- нелинейная дисперсия.

3) При помощи статически установленной дисперсионной призмы: в связи с тем, что призма закреплена статично, измерение происходит при помощи линейки фотодиодов одновременно.

Преимущества:

- быстрый процесс измерения;
- отсутствие подвижных механических элементов;
- фиксируются не отдельные участки спектра, а весь видимый диапазон (350-800 нм).

Недостатки:

- требуется точное позиционирование элементов конструкции;
- большое количество диапазонов ведет за собой большое количество фотодиодов или применения дорогой ПЗС-линейки высокого разрешения.

4) При помощи дифракционной решетки: вместо призмы можно использовать дифракционную решетку.

Преимущества:

- разложенный спектр более равномерен.

Недостатки:

- требуется точное позиционирование элементов конструкции;
- появляется паразитный спектр.

5) При помощи интерференционных светофильтров: используется револьверная головка с установленными интерференционными светофильтрами либо оптическими стеклами. Вращение головки происходит посредством шагового двигателя.

Преимущества:

- возможность подобрать очень узкий диапазон спектра, 2-4 нм.

Недостатки:

- медленный процесс измерения;
- большое количество диапазонов ведет за собой большое количество интерференционных светофильтров.

6) При помощи неподвижно установленных светофильтров: в этом случае конструкция будет проще, т.к. не будет шагового двигателя, повысится автономность за счет уменьшения потребляемого тока, повысится скорость измерения, однако увеличится количество фотодиодов, соответственно, и стоимость устройства, а также появится необходимость в калибровке фотодиодов.

7) При помощи акустооптического эффекта: изменение диэлектрической проницаемости среды происходит под действием механической деформации при прохождении ультразвука через акустооптическую ячейку.

Особенности:

- подходит для задач быстрого сканирования спектра.

Разработка устройства

В качестве наиболее подходящего и простого в реализации метода измерения рассматривали использование интерференционных светофильтров в приемной части устройства либо светодиодов в качестве источников света. Преимуществом первого варианта является узкий диапазон спектра, второго – очень недорогая по стоимости конструкция.

Устройство измерения подводной спектральной освещенности должно иметь следующие основные элементы конструкции:

- систему ручного или автоматического подъема/спуска;
- датчик давления для определения глубины погружения;
- датчик для определения координат местоположения;
- датчик температуры для мониторинга температуры среды и коррекции показаний фотоэлементов, меняющихся от температуры;

– фотодиоды для определения изменения надводной освещенности во время цикла измерения и подводной освещенности, зависящей от интенсивности солнечного излучения и мутности среды;

– набор светодиодов либо интерференционных светофильтров разных длин волн. В первом случае – для создания локальных источников света определенного спектра в точках, где проводятся измерения. Во втором случае – для выделения спектральной освещенности среды.

– память для хранения результатов измерений в реальном времени.

Поскольку данные должны передаваться с глубины в несколько десятков метров, то выбран интерфейс RS-485. Устройство способно проводить измерения как автономно и сохранять результаты на носителе, так и отображать на блоке индикации или ПК. Основные датчики и узлы измерительного устройства, расположенного в исследуемой среде, и блока индикации, расположенного на поверхности, приведены на структурной схеме (рисунок 1).

Герметичный корпус должен выдерживать давление до 3 атм для погружения на глубины до 30 м. Модель и макет корпуса, изготовленного при помощи фотополимерной печати, представлены на рисунке 2.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СПЕКТРАЛЬНОЙ ПОДВОДНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ
НА РАЗНЫХ ГЛУБИНАХ ВОДОЕМОВ

Исследуемая среда	Линия связи	Поверхность
Датчик температуры		Устройство автоматического погружения и подъема
Датчик давления	Кабель/Трос	Источник питания
Светодиоды либо интерференционные светофильтры	RS-485	Блок индикации
Память для хранения данных		Датчик определения местоположения
Фотодиод		Датчик внешней освещенности

Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемой системы

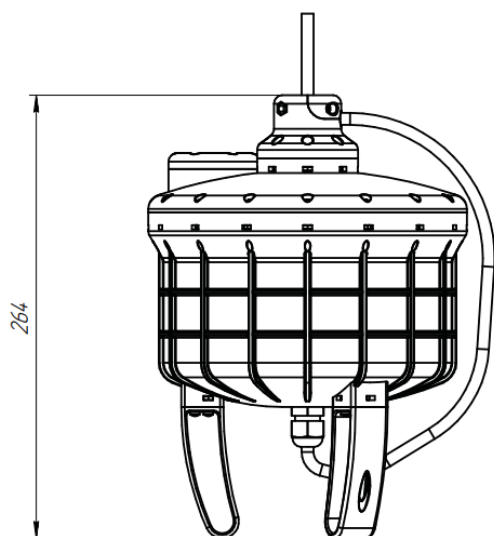


Рисунок 2 – Общий вид разрабатываемого измерительного устройства

Обсуждение и выводы

Проведя анализ существующих способов определения спектральной подводной освещенности воды, а также требования к разрабатываемому устройству, был выбран способ с использованием интерференционных светофильтров. Достоинством являются:

- отсутствие в конструкции элементов точной механики;
- отсутствие у оптических элементов паразитных спектров,
- возможность выбора интерференционных светофильтров с необходимыми характеристиками, а также возможность их оперативной замены;
- использование только одного измерительного преобразователя – фотодиода, что упрощает калибровку устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суторихин, И.А. Динамика изменения спектральной подводной освещенности по глубине на участках акватории телецкого озера / И.А. Суторихин, Б.С. Первухин, Д.Е. Кривобоков, В.А. Соловьев, А.Р. Каменев. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2022. – Т.1. – № 4. – С. 54-56.

2. Суторихин, И.А. Спектральная подводная освещенность пресноводных водоемов на разных глубинах / И.А. Суторихин, И.М. Фроленков, С.А. Литвиненко, В.А. Соловьев. – Текст: непосредственный // Журнал «Оптика атмосферы и океана». – 2023. – Т. 36. – № 10. – С. 861-865. DOI: 10.15372/AOO20231011.

Суторихин Игорь Анатольевич – д.ф.-м.н, профессор, г.н.с., ИВЭП СО РАН, тел 8 385 2 638997, e-mail: sia@iwep.ru.

Соловьев Виталий Андреевич – ст. преподаватель каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: solvitali@mail.ru;

Первухин Борис Семенович – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru.

Первухин Борис Семенович – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru.

АВТОНОМНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА РАСХОДА ВОДЫ

**А. А. Тютюнник, А. Г. Зрюмова, А. В. Балашов,
Д. В. Котов**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание устройства для питания приборов учета расхода воды на основе эффекта Зеебека. Представлена функциональная схема прибора. Рассмотрен вопрос повышения КПД прибора за счет внедрения микроконтроллера семейства МРРТ.

Ключевые слова: прибор учета, блок питания, эффект Зеебека, автоматизированная передача показаний.

Каждый абонент, использующий центральное водоснабжение, обязан ежемесячно, в установленные сроки, передавать показания приборов учета горячей и холодной воды. Прием показаний водоснабжения в Алтайском крае осуществляется с 18 по 24 число каждого месяца [1]. Снимать и передавать данные в управляющую компанию пользователям приходится вручную. Решением этой проблемы может стать электронный счетчик воды с цифровым выходом, который способен автоматически отправлять показания в установленные сроки без необходимости участия в этом процессе человека. На рынке существует большое число решений цифровых счетчиков. Например, счетчик воды Норма ИС СВКМ-15УИ, который после потребления 100 литров воды подает импульс [2]. Для данного устройства требуется стабильное бесперебойное питание, чтобы не допустить потерю данных. Как в старом, так и в новом жилищном фонде отсутствуют розетки рядом со счетчиками расхода воды, помимо этого довольно опасно располагать высоковольтную сеть на уровне ног в ванной. В существующих решениях используются либо батарейки, которые нужно периодически менять, либо аккумуляторы, которые приходится заряжать, что нивелирует удобство использования автоматизированной передачи показаний.

Цель работы – разработать автономный блок питания для устройства сбора и передачи данных приборов учета расхода воды.

В основе разрабатываемого устройства лежит эффект Зеебека. Эффект заключается в том, что если в замкнутом контуре два разнородных проводника или полупроводника (для полупроводников эффект кратко сильнее)

поддерживать в местах соединения этих проводников (спаи) разность температур, в такой цепи пойдет ток [3]. Направление тока зависит от того, температура какого спаия выше.

В таблице 1 приведены данные мощности, которую может вырабатывать элемент в зависимости от температуры его горячей и холодной частей.

На рисунке 1 представлены графики зависимости мощности от разности температур. Сплошная линия – при температуре холодной части 10°C, с одним пунктиром – при температуре холодной части 20°C, с двумя пунктирами – при температуре холодной части 30°C [4].

Исходя из данных, полученных путем построения зависимости, можем сделать следующий вывод.

Графики совпали для разных температур холодной части, следовательно, выходная мощность зависит только от разности температур. Таким образом, используя элемент Зеебека в качестве источника электричества, можно создать прибор, который будет заряжать батарею для автоматической передачи показаний приборов учета расхода воды.

Термоэлектрический блок питания состоит из элементов, приведенных на рисунке 2.

Принцип работы прибора заключается в следующем. За счет разности температур горячей части прибора и окружающей среды термоэлектрический модуль, основанный на эффекте Зеебека, вырабатывает ЭДС. Полученное напряжение преобразуется повышающим модулем. В результате контроллер заряжает Li-Ion батарею.

**АВТОНОМНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ
ДЛЯ УСТРОЙСТВА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
ПРИБОРОВ УЧЕТА РАСХОДА ВОДЫ**

Таблица 1 – Выходная мощность, Вт

Горячая сторона, °С	Холодная сторона, °С		
	10	20	30
30	0,078		
40	0,178	0,089	
50	0,328	0,188	0,064
60	0,5	0,327	0,157
70	0,739	0,508	0,298
80	1,007	0,724	0,493
90	1,328	0,993	0,7
100	1,648	1,312	0,976

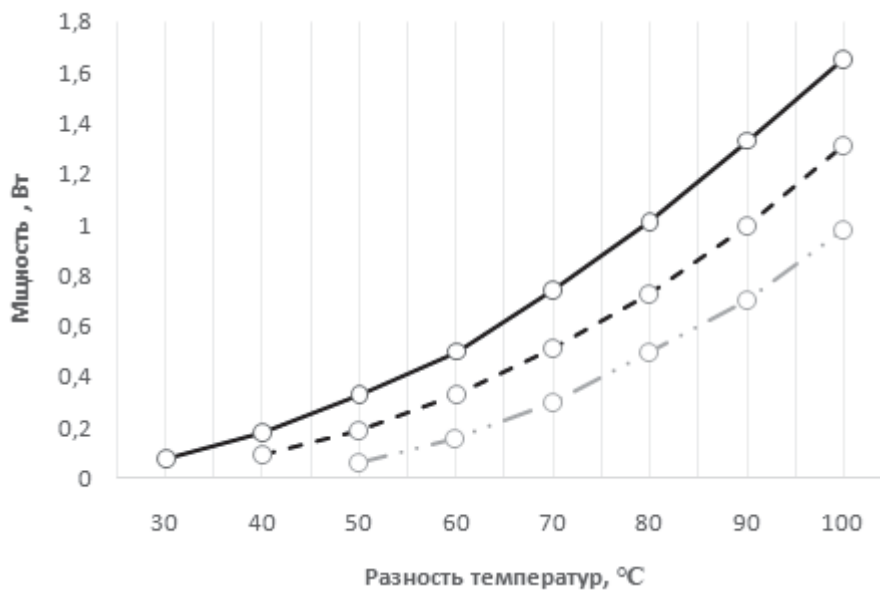


Рисунок 1 – Графики зависимости мощности от температуры горячей и холодной части элемента Зеебека SP 1848 26401

Для повышения КПД термоэлектрического блока питания следует установить входное сопротивление импульсного блока питания в точке максимума вольт-амперной характеристики модуля Зеебека.

Известен патент RU 2 742 041 С1 «Способ работы термоэлектрического генератора и устройство для его осуществления», в котором описана возможность применения микроконтроллера MPPT (MaximumPowerPointTracking) с датчиками тока и напряжения. Применение такого микроконтроллера позволяет получить больший КПД за счет подстройки сопротивления импульсного блока питания, применяемого для зарядки аккумуляторной батареи к выходному сопротивлению термоэлектрического генератора. Результатом работы MPPT микроконтроллера является поиск с заданной периодичностью точки максимальной мощности (ТММ).

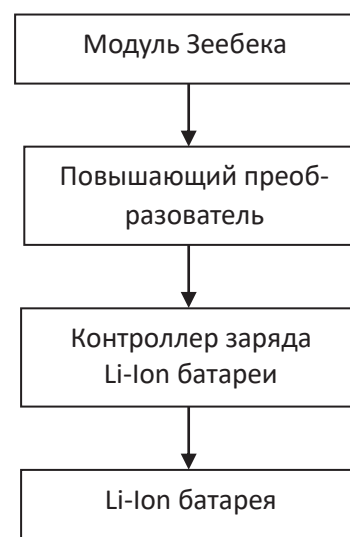


Рисунок 2 – Функциональная схема работы термоэлектрического блока питания

В случае применения МРРТ микроконтроллера в термоэлектрическом блоке питания для приборов учета расхода воды или приборов учета тепловой энергии, контроллер будет потреблять довольно значительную часть вырабатываемой энергии для анализа выходного сопротивления термоэлектрического генератора и управления импульсным блоком питания.

При использовании блока питания его термо-временная характеристика будет стабильной за счет того, что температура теплоносителя остается неизменной в заданных границах. Однако эмпирическим путем следует найти точку максимальной мощности для заданного температурного диапазона и применяемого в устройстве модуля Зеебека.

Вывод

Рассмотренное устройство для генерации электроэнергии за счет разности температур позволяет создать прибор, который автоматически может передавать показания приборов учета расхода воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ "О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов" от 06.05.2011 № N 354 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2011 г. – № 39. – Ст. 6. – Текст: непосредственный.
2. Официальный сайт ООО Норма ИС. Норма СВКМ-15 УИ / сайт. – URL: <https://normais.ru/catalog/bytovye-schetchiki/norma-svkm-15-ui/> (дата обращения: 11.11.2023). – Текст: электронный.
3. Кухлинг, Х. Справочник по физике / Х. Кухлинг. – Текст: непосредственный // Москва: Мир. – 1982. – С. 374-375.
4. Reference manual. SP184826401 Thermoelectric Cooler. MarlowIndustriesinc. 2002. – URL: <https://html.alldatasheet.com/> (дата обращения: 14.11.2023). – Текст: электронный.

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н., доцент кафедрой ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: a.zrumova@mail.ru;

Тютюнник Александр Александрович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: alextyutyunnikbrn@gmail.com;

Балашов Антон Викторович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913;

Котов Денис Викторович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913.

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Д. Е. Кривобоков, Д. Е. Пузик, В. М. Рыжих

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведены результаты измерения зависимостям импеданса системы «пьезоэлектрический первичный преобразователь – жидкая среда» от частоты подаваемого синусоидального сигнала на пьезоэлектрический первичный преобразователь в широком диапазоне частот. Исследована зависимость импеданса системы от подаваемой частоты в диапазоне чувствительности для трёх растворов различной вязкости. Разработана эквивалентная схема замещения, описывающая систему «пьезоэлектрический первичный преобразователь – жидкая среда». Представлены аппроксимации модели на экспериментальных данных и зависимости электрических параметров от вязкости среды.

Ключевые слова: вязкость, вискозиметр, вискозиметрия, метод измерения вязкости, вибрационный вискозиметр.

Введение

Вязкость жидкости является одним из ключевых параметров, использующийся при контроле технологического процесса и оценки качества продукта. Её измерение входит в задачи аналитического приборостроения для нужд нефтехимии, пищевой и фармацевтической промышленности, а также для оценки качества ГСМ.

Применяемые методы

Для измерения вязкости жидкости используют следующие методы:

- метод падающего шарика;
- капиллярный метод;
- ротационный метод;
- ультразвуковой метод;
- вибрационный метод.

Каждый из методов используется на практике, но зависит от свойств жидкости. Так, например, капиллярный метод используется при измерении вязкости жидкостей с небольшим показателем этого параметра.

Вибрационный метод

В вибрационном методе волновод опускается в исследуемую среду и под действием катушки подвергается колебаниям. Приёмная катушка фиксирует затухающие колебания и на основе скорости затухания рассчитывается вязкость жидкости.

Было сделано предложение, что при замене катушки индуктивности на пьезоэлемент, возможно измерение вязкости по его электрическим параметрам, в том числе по

импедансу и добротности. При этом конструкция датчика не будет содержать подвижных и сложно-сочлененных частей.

Проверка состоятельности гипотезы заключалась в определении резонансных областей пьезоэлектрического первичного преобразователя, погруженного в жидкость с известной вязкостью, а также на воздухе. Для этого были выполнены измерения активной и реактивной проводимости в широком диапазоне частот с шагом 500 Гц.

На рисунках 1,2 приведены графики экспериментальных данных. На графиках можно выделить основной резонанс на частоте, примерно, 51 кГц и несколько локальных резонансов в его окрестн. Диапазон между частотами 35 кГц и 64.9 кГц был определен как целевой диапазон для дальнейшего изучения, поскольку, согласно гипотезе, должен включать область, в которой пьезоэлектрический преобразователь максимально чувствителен к вязкости жидкости.

Для проверки гипотезы были взяты три вида масел с различной вязкостью и приблизительно одинаковой плотностью. При этом, вязкость образца 1 наибольшая, а вязкость образца 2 наименьшая. Далее, после термостатирования при температуре 40°C, были проведены измерения электрического импеданса с шагом в 100 Гц. По результатам измерений были получены зависимости, отраженные на рисунках 3,4.

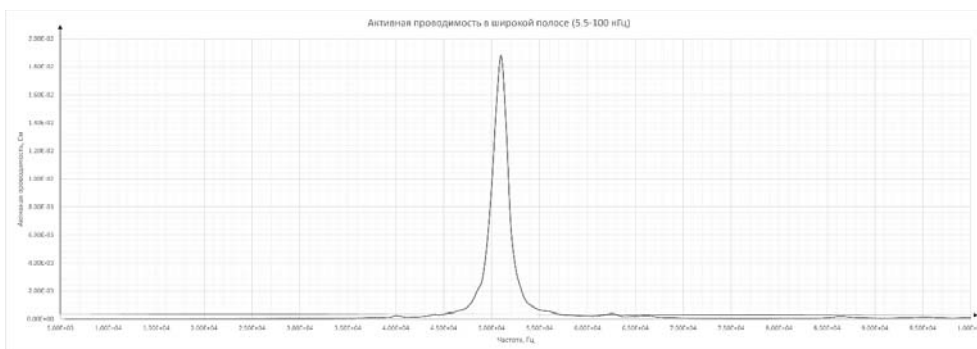


Рисунок 1 – Частотная зависимость активной проводимости системы «ПИП-жидкость» в широком диапазоне частот с шагом 500 Гц

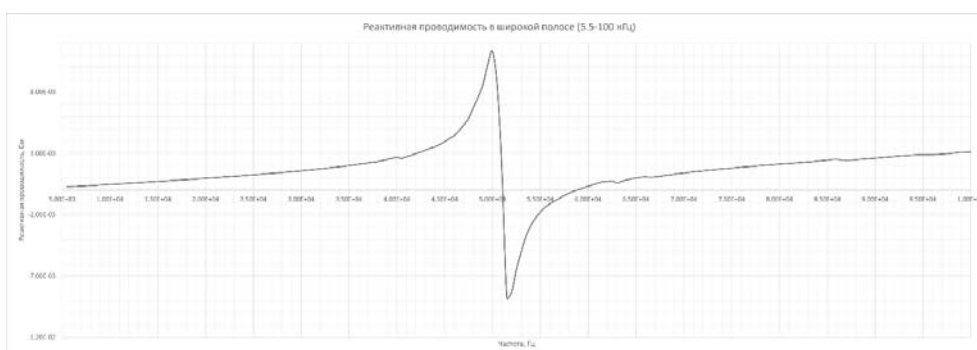


Рисунок 2 – Частотная зависимость реактивной проводимости системы «ПИП-жидкость» в широком диапазоне частот с шагом 500 Гц

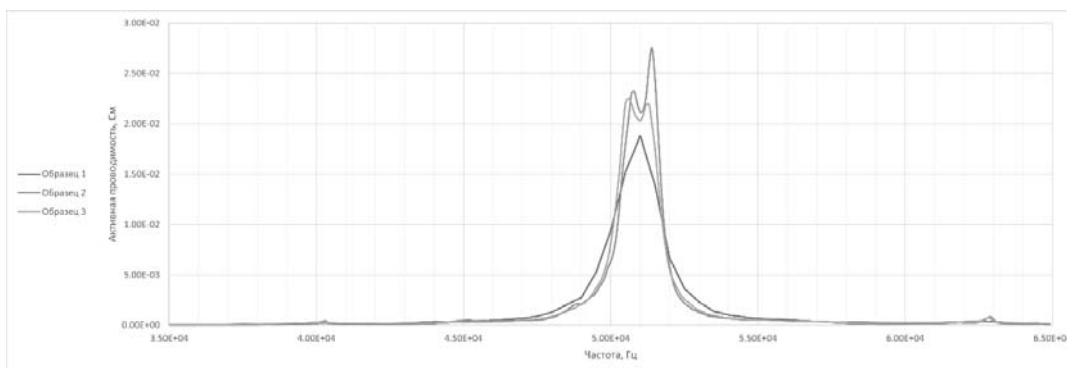


Рисунок 3 – Частотная зависимость активной проводимости системы «ПИП-жидкость» в диапазоне частот от 35 кГц до 65 кГц с шагом 100 Гц для трёх жидкостей с различной вязкостью

**ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ
ПРОВОДИМОСТЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

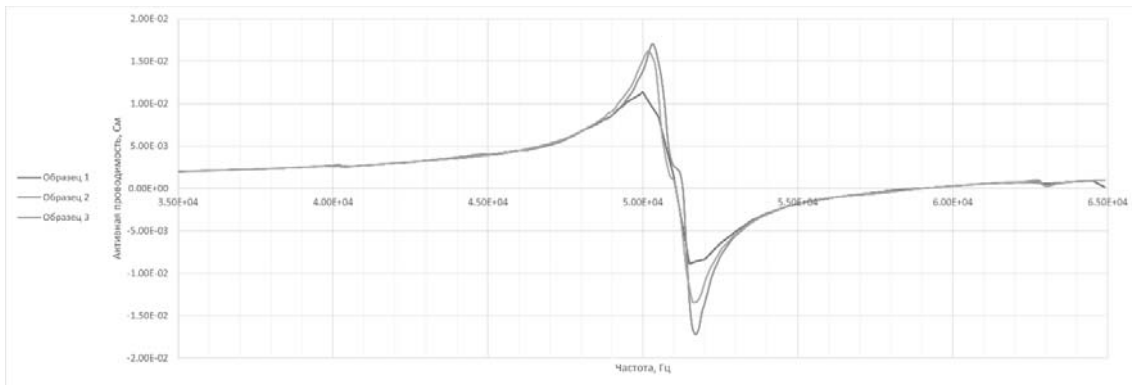


Рисунок 4 – Частотная зависимость реактивной проводимости системы «ПИП-жидкость» в диапазоне частот от 35 кГц до 65 кГц с шагом 100 Гц для трёх жидкостей с различной вязкостью

Меньший шаг позволил обнаружить два резонанса между частотами 50.5 кГц и 51.4 кГц. Замечены изменения проводимостей и частот резонанса для различных жидкостей.

Обработка экспериментальных данных

Для построения математической модели процесса была синтезирована эквивалентная электрическая схема замещения, наиболее близко описывающая исследуемую зависимость. Исходя из наличия двух основных резонансов, было сделано предположение, что эквивалентная схема содержит в себе два колебательных контура. Емкость C_3 отражает статическую емкость пьезоэлемента. Полученная схема приведена на рисунке 5.

Для данной ЭСЗ была получена математическая модель электрической проводимости.

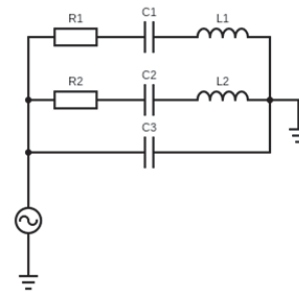


Рисунок 5 – Эквивалентная схема замещения исследуемого процесса

Стохастическим методом были определены значения параметров ЭСЗ для полученных экспериментальных данных.

$$\frac{1}{Z}(\omega) = \frac{1}{R_1 + \frac{1}{2\pi i \omega C_1} + 2\pi i \omega L_1} + \frac{1}{R_2 + \frac{1}{2\pi i \omega C_2} + 2\pi i \omega L_2} + 2\pi i \omega C_3$$

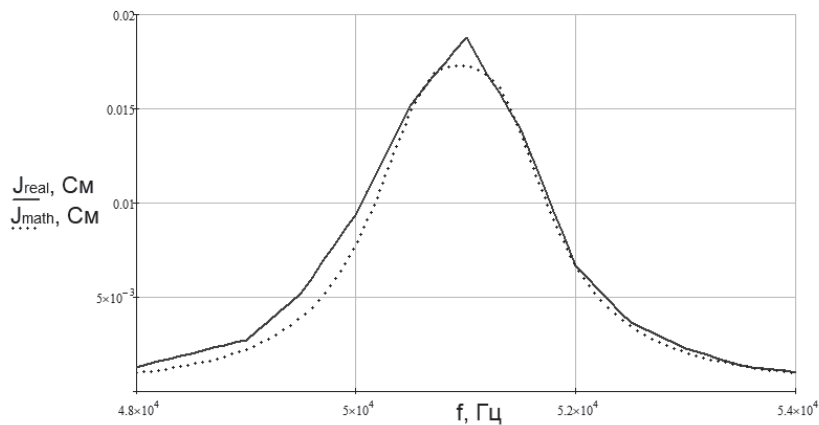


Рисунок 6 – Аппроксимация модели активной проводимости на данных образца 1

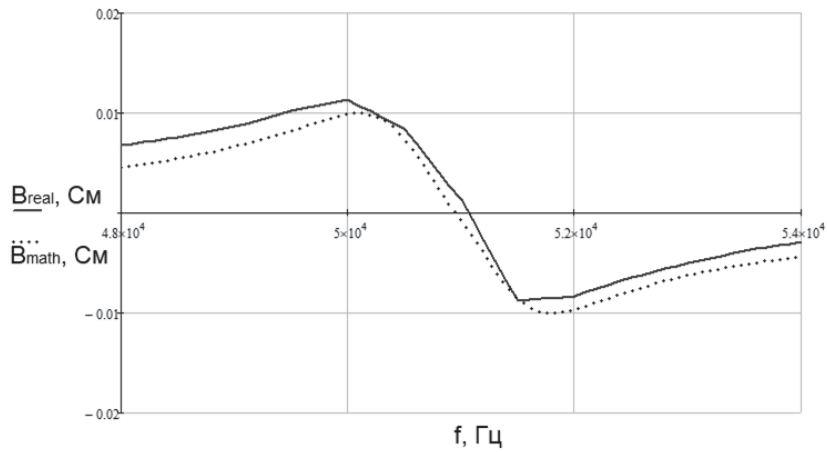


Рисунок 7 – Аппроксимация модели реактивной проводимости на данных образца 1

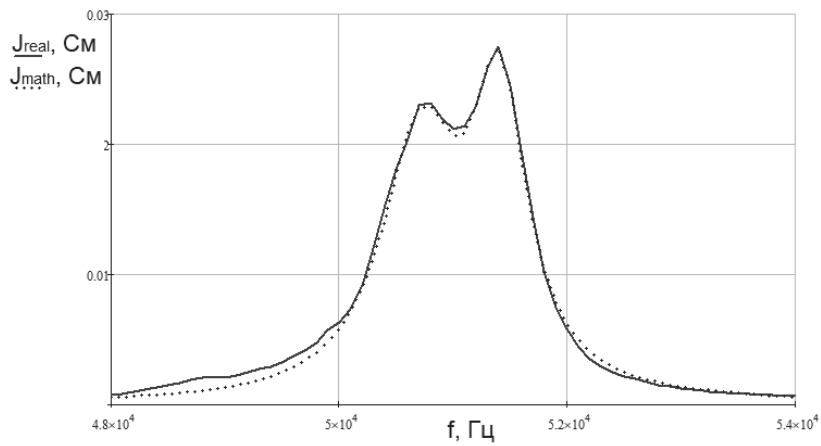


Рисунок 8 – Аппроксимация модели активной проводимости на данных образца 2

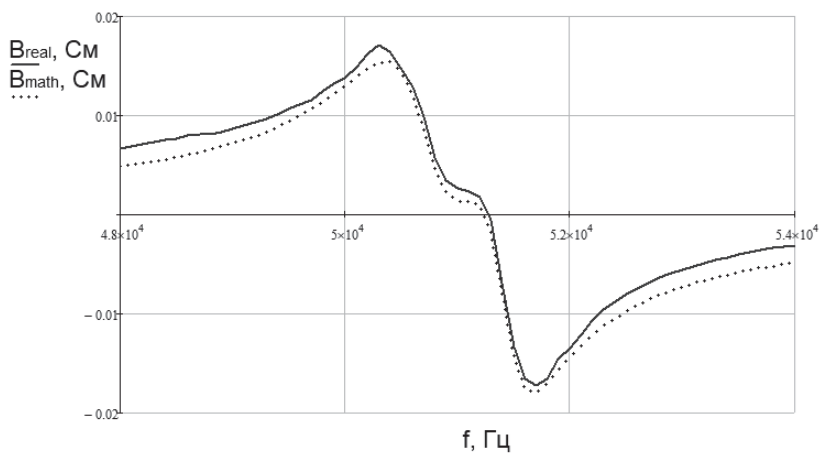


Рисунок 9 – Аппроксимация модели реактивной проводимости на данных образца 2

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ
ПРОВОДИМОСТЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

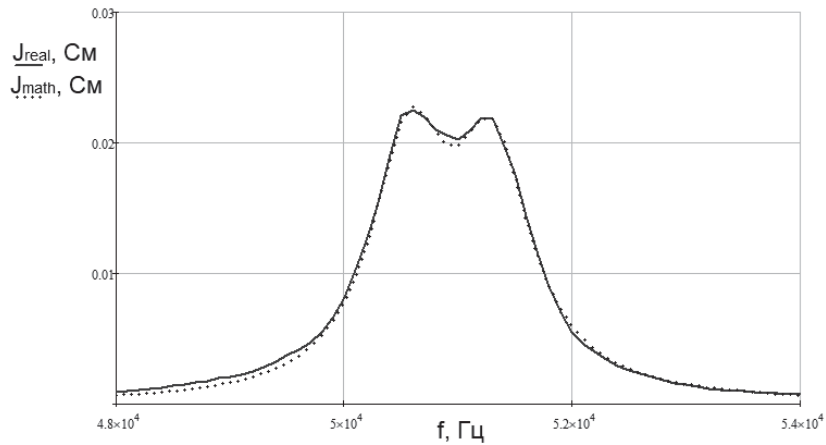


Рисунок 10 – Аппроксимация модели активной проводимости на данных образца 3

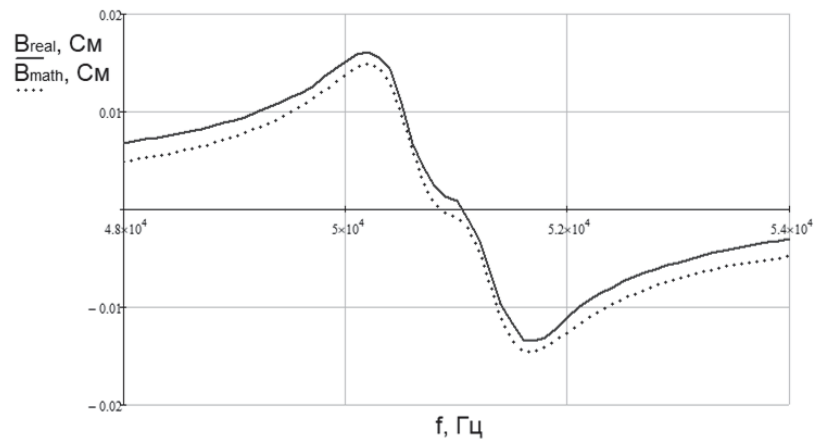


Рисунок 11 – Аппроксимация модели реактивной проводимости на данных образца 3

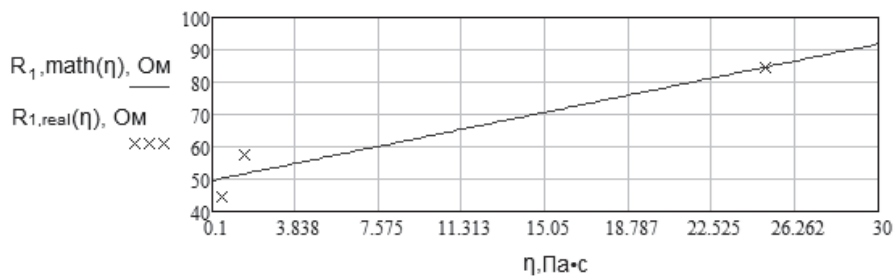


Рисунок 12 – Зависимость сопротивления R_1 от вязкости

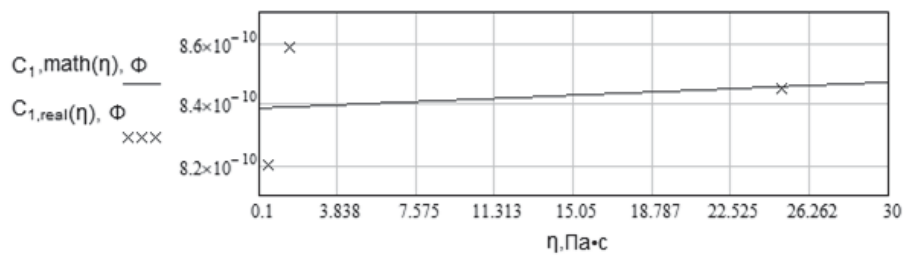


Рисунок 13 – Зависимость ёмкости C_1 от вязкости

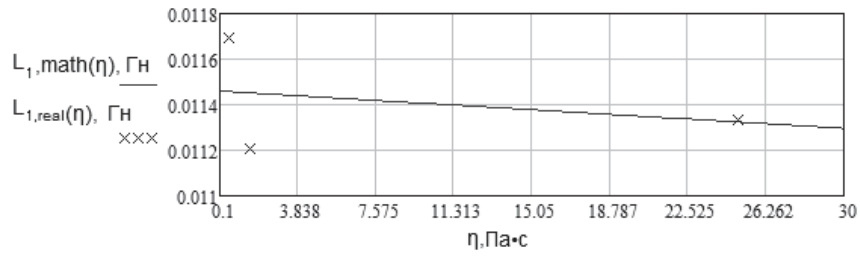


Рисунок 14 – Зависимость индуктивности L_1 от вязкости

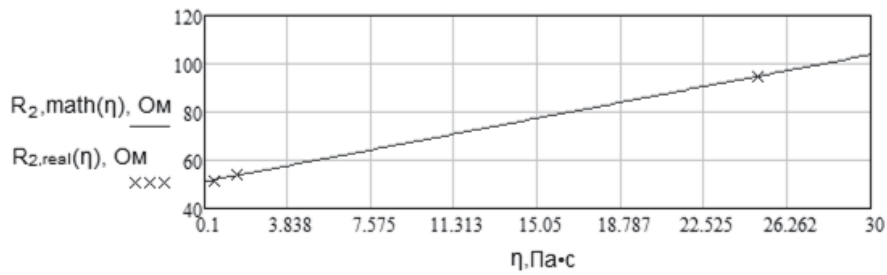


Рисунок 15 – Зависимость сопротивления R_2 от вязкости

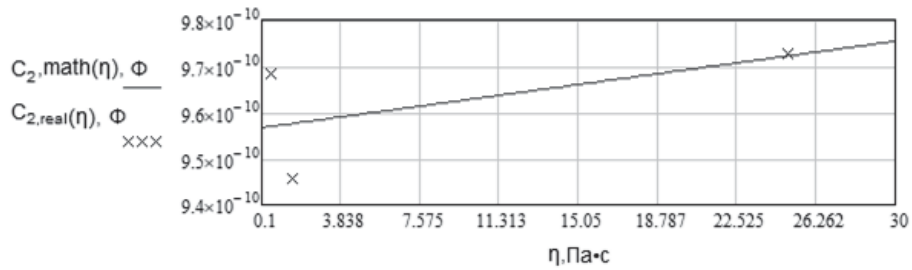


Рисунок 16 – Зависимость ёмкости C_2 от вязкости

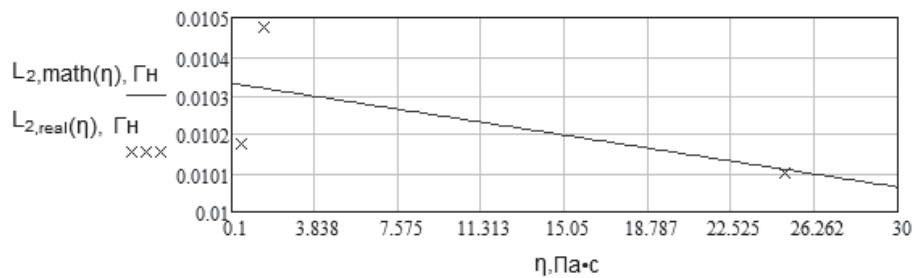


Рисунок 17 – Зависимость индуктивности L_2 от вязкости

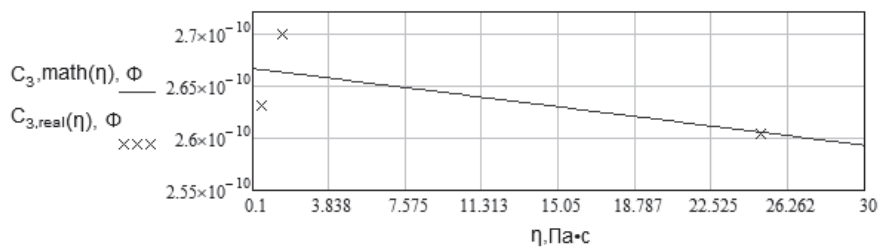


Рисунок 18 – Зависимость ёмкости C_3 от вязкости

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Зависимость электрических параметров ЭСХ от вязкости

Для оценки чувствительности пьезоэлектрического преобразователя (рисунок 5) были определены зависимости электрических параметров ЭЭСЗ от вязкости жидких сред в виде линейных уравнений. В результате получены графики, показанные на рисунках 12-18.

Выводы

Исходя из результатов исследования, можно заключить о состоятельности предположения о том, что особенности жидкости влияют на электрические свойства пьезоэлектрического первичного преобразователя. Поэтому пьезоэлектрический преобразователь может быть использован как инструмент измерения вязкости

По зависимостям электрических параметров ЭСХ от вязкости следуют утверждения:

– значения сопротивлений R_1 и R_2 прямо пропорциональны изменению вязкости среды;

– значение ёмкости C_1 прямо пропорционально изменению вязкости среды, а индуктивность L_1 обратно пропорциональна, однако в малой степени, что может говорить о влиянии другого параметра жидкости;

– значение ёмкости C_2 прямо пропорционально изменению вязкости среды, а индуктивность L_2 обратно пропорциональна, но в большей степени, чем C_1 и L_1 ;

– значение статической ёмкости C_3 обратно пропорционально изменению вязкости среды;

– так как ёмкость C_3 является собственной ёмкостью пьезоэлектрического первичного преобразователя и не может зависеть от вязкости жидкости, то можно предположить изменения C_3 от дрейфа температуры. Также дрейфом температуры можно объяснить поведение ёмкости C_2 и индуктивности L_2 .

Делая общий вывод, можно заключить, что наибольшую чувствительность к изменению вязкости проявляет активное сопротивление. Реактивные элементы показали низ-

кую чувствительность, что может объясняться влиянием иных параметров жидкости, включая небольшие отличия в плотности и дрейф температуры.

Влияние этих параметров на импеданс системы требует дальнейшего исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первухин, Б.С. Определение параметров жидкости электромеханическими преобразователями / Б. С. Первухин, В. Е. Ефремов, О. В. Сунцов. – Текст: электронный // Ползуновский Альманах. – 2021. – № 4. – С. 46-48. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/341942> (дата обращения: 12.11.2023).

2. Ломтев, Е.А. Измерение параметров первичных пьезоэлектрических преобразователей систем управления / Е.А. Ломтев, А.А. Мельников, А.В. Пушкарева [и др.]. – Текст: электронный // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 3. – С. 95-103. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/298198>; (дата обращения: 12.11.2023).

3. Седалищев, В.Н. Пьезорезонансный вискозиметр для экстремальных условий эксплуатации / В.Н. Седалищев, А.А. Доренский. – Текст: электронный // Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. – 2006. – № 2. – С. 77-78. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/302625>. (дата обращения: 10.11.2023).

Кривобоков Дмитрий Евгеньевич – доцент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(961)9767563, e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru.

Пузик Данила Евгеньевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(909)8086620, e-mail: danilapuzik16@mail.ru.

Рыжих Виктор Максимович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: rvmgd2020@yandex.ru.

РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВИБРАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА

Д. Е. Кривобоков, И. С. Емельянов, Н. В. Фатеев,

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Предложены методы измерения вязкости жидкости, смоделирован и разработан первичный измерительный преобразователь вибрационного вискозиметра с зонами чувствительности и нечувствительности к измеряемому параметру для повышения точности измерений.

Ключевые слова: вискозиметрия, вибрационный вискозиметр, измерение вязкости, динамическая вязкость, кинематическая вязкость.

Введение

В настоящее время на современных химических и нефтехимических Российских предприятиях используются иностранные приборы, в том числе вискозиметры, контролирующие ключевые технологические параметры производственных процессов. Наибольший интерес представляют промышленные приборы контроля вязкости, позволяющие проводить измерения в герметичных емкостях под давлением, при высокой температуре. Однако, до настоящего времени основными производителями подобных приборов были иностранные фирмы. Из-за ухода этих фирм с Российского рынка актуальным становится вопрос создания отечественного аналогичного прибора контроля с расширенными функциями.

Таким образом, целью статьи является разработка и исследование первичного измерительного преобразователя вибрационного вискозиметра.

Ход исследования

Вначале были определены основные этапы разработки устройства: подготовка программно-аппаратной базы для проведения исследований, разработка первичного измерительного преобразователя, проведение экспериментов для исследования первичного измерительного преобразователя, разработка принципиальной схемы и алгоритма макета, изготовление макета, проведение испытаний.

Конструкция макета датчика вязкости представляет собой металлическую стальную полосу, на одном конце которой жестко прикреплен пьезоэлемент для возбуждения механических колебаний.

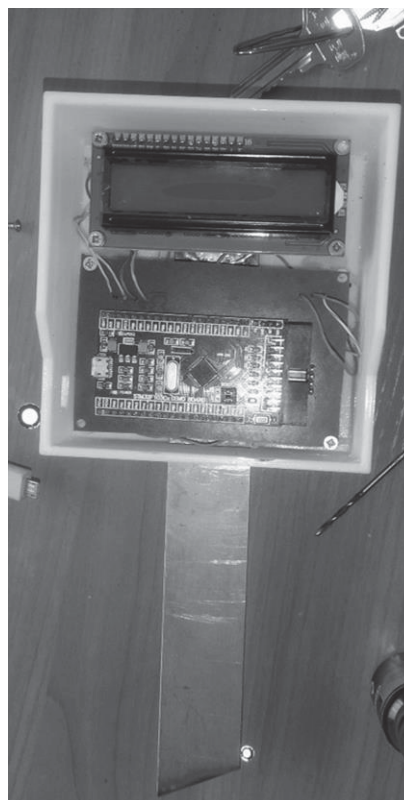


Рисунок 1 – Макет датчика

В процессе анализа устройства была предложена гипотеза о том, что при возникновении общего резонанса в системе пьезоэлемент-волновод, можно будет фиксировать различные амплитудные значения, которые будут меняться в зависимости от вязкости исследуемых жидкостей. Для поиска резонансных частот на волноводах разных длин вначале исследовали АЧХ измерительной системы в диапазоне от 10 до 75 кГц, т.к. именно в этих пределах лежит частота соб-

РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВИБРАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА

ственных колебаний волновода, а значит в этом диапазоне и возникнет необходимый резонанс.

Для автоматического сбора данных использовался АЦП/ЦАП L-CARD E14-140M и пиковый детектор, схема которого приведена на рисунке 1. Преимуществом данной конструкции является высокая точность получаемых данных, относительно ручной работы и простота первичной обработки для поиска необходимой информации. Полученные txt файлы с АЦП были обработаны в PyCharm.

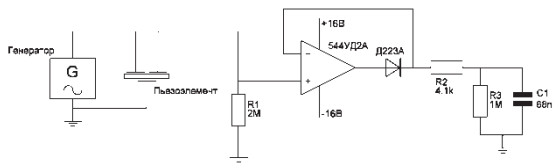


Рисунок 2 – Принципиальная схема пикового детектора

```

counter=[]
for i in range(len(data15)):
    counter.append(i)
if(len(data15[0])>1):
    data2=[]
    for i in range(len(data15)):
        data2.append(data15[i][1])
    plt.plot(counter, data2, 'y')
else:
    plt.plot(counter, data15, 'y')

counter=[]
for i in range(len(data14)):
    counter.append(i)
if(len(data14[0])>1):
    data2=[]
    for i in range(len(data14)):
        data2.append(data14[i][1])
    plt.plot(counter, data2, 'b')
else:
    plt.plot(counter, data14, 'p')
plt.show()
    
```

Рисунок 3 – Фрагмент кода первичной обработки

В коде первичной обработки первым делом открываются текстовые файлы, содержащие в себе данные, полученные с АЦП на разных длинах волновода и в разных изучаемых средах, которые представлены деся-

тичными числами. После открытия файлов данные перезаписываются в массивы. Массивы данных необходимо представить в виде удобном для понимания рисунка, для чего используется библиотека matplotlib, а именно функция pyplot.

Генератор (рисунок 1) настраивался на режим работы с качающейся частотой, при этом шаг составлял 100 Гц в диапазоне от 1Гц до 200 кГц. Время цикла качения составляло 10 секунд.

Первый этап экспериментов был связан с определением длины пластины, обладающей максимальной чувствительностью к внешним воздействиям. Для этого, в ходе экспериментов изменялась длина металлической пластины.

Результаты исследований представлены на рисунках 4–14.

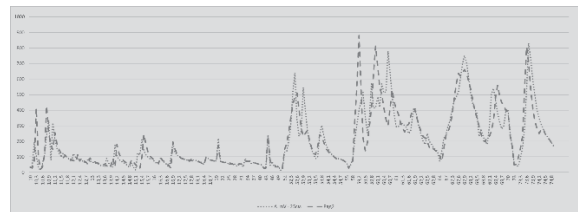


Рисунок 4 – АЧХ при 25 см

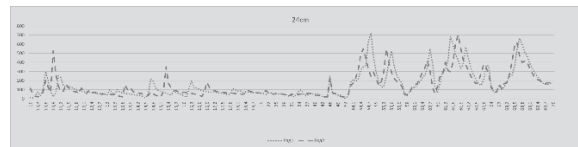


Рисунок 5 – АЧХ при 24 см

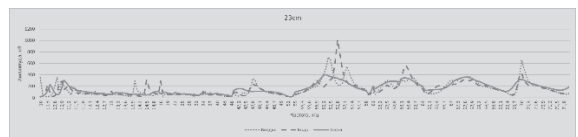


Рисунок 6 – АЧХ при 23 см

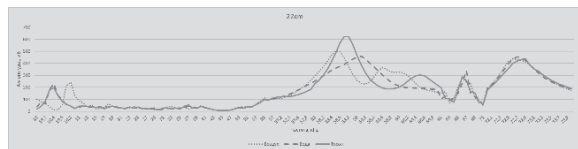


Рисунок 7 – АЧХ при 22 см

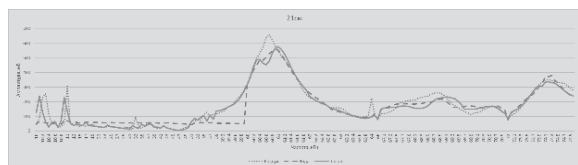


Рисунок 8 – АЧХ при 21 см

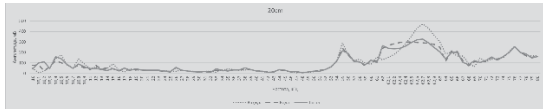


Рисунок 9 – АЧХ при 20 см

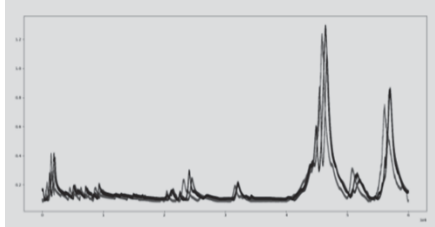


Рисунок 10 – АЧХ при 14 см

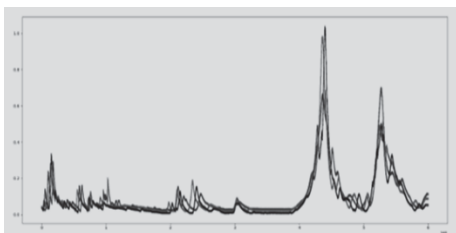


Рисунок 11 – АЧХ при 15 см

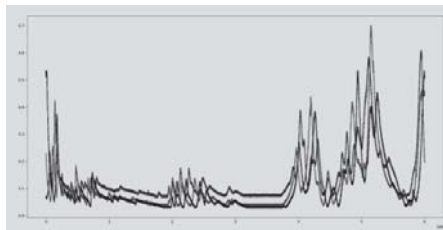


Рисунок 12 – АЧХ при 16 см

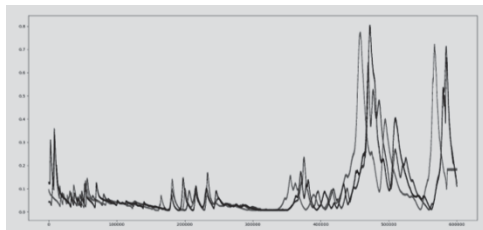


Рисунок 13 – АЧХ при 17 см

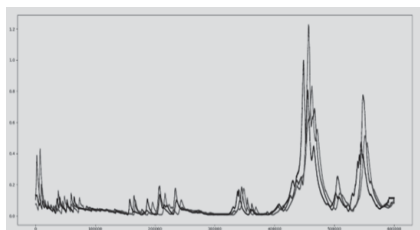


Рисунок 14 – АЧХ при 18 см

Из всех графиков можно точно сказать, что самая чувствительная частотная область находится в диапазоне от 55 до 70 кГц.

На рисунках 10-14 обозначены АЧХ при измерении в тосоле, воздухе и воде.

Таблица 1 – Максимумы амплитуд

Дли-на	частота кГц	max Воз-дух	частота кГц	max Во-да	частота кГц	Max То-сол
14.0	56.63	1.09	55.84	1.23	56.42	1.29
14.0	66.99	0.86	66.10	0.74	66.87	0.85
15.0	53.60	0.66	53.61	0.97	53.99	1.03
15.0	62.72	0.70	62.99	0.52	62.68	0.50
16.0	61.12	0.58	61.52	0.70	59.39	0.53
16.0	69.44	0.61	69.56	0.46	69.95	0.53
17.0	56.98	0.64	55.80	0.78	57.22	0.81
17.0	68.44	0.71	66.72	0.72	68.52	0.67
18.0	55.68	1.23	56.23	0.83	54.84	1.00
18.0	64.77	0.78	65.07	0.52	64.45	0.47
20.0	62.70	0.47	62.50	0.30	62.70	0.33
21.0	60.70	0.66	60.90	0.56	61.00	0.58
21.0	74.10	0.35	74.30	0.38	74.20	0.34
22.0	58.50	0.51	59.10	0.46	58.70	0.62
22.0	72.70	0.44	72.70	0.45	72.90	0.44
23.0	56.40	0.71	56.80	1.01	56.30	0.41
23.0	70.00	0.66	70.00	0.43	67.70	0.36

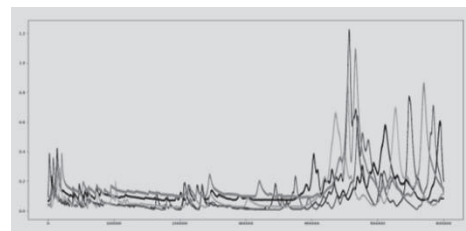


Рисунок 15 – Смещение АЧХ

При изучении данных, полученных при исследовании АЧХ, были выделены три важных резонансных области: область низких частот – 9-13 кГц, первая область высоких частот – 53-60 кГц и вторая область высоких частот – 61-70 кГц. Именно в этих областях происходит максимальный скачок амплитуд, на котором были заметны изменения амплитуды при изменении физических параметров исследуемой среды. Однако, в зависимости от длины волновода, данные изменения могли становиться и больше, и меньше, быть явными и неявными, прямыми и обратными, поэтому было решено свести две области высоких частот в одну, чтобы сравнить изменения напрямую и найти самые оптимальные параметры волновода. Данные приведены в таблице 1.

РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВИБРАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА

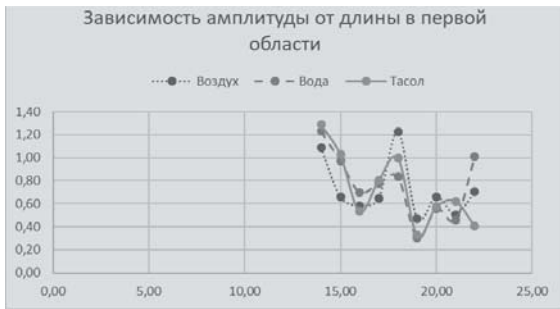


Рисунок 16 – Сведение максимумов

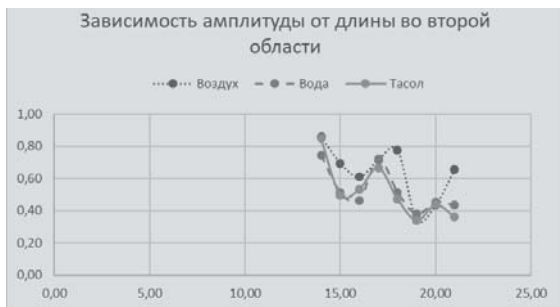


Рисунок 17 – Сведение максимумов

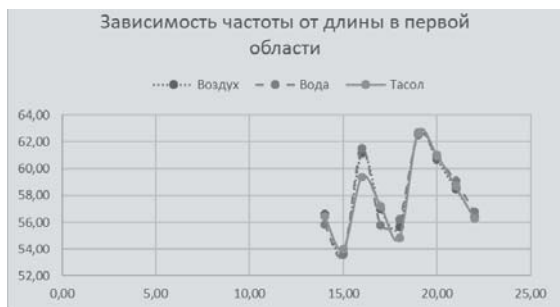


Рисунок 18 – Сведение максимумов

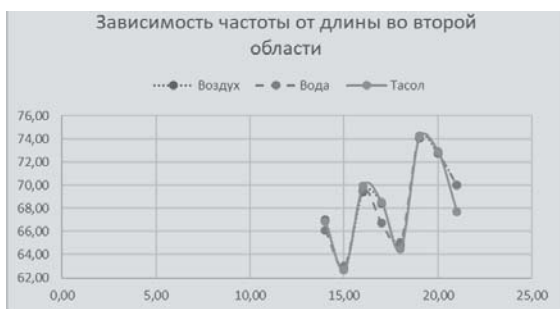


Рисунок 19 – Сведение максимумов

Из графиков, представленных на рисунках 16-19 можно выделить явную прямую зависимость во второй частотной области 68-70 кГц при длине волновода 23 см. Из полученных данных можно выйти на рабочие габариты будущего прототипа устройства. Из графиков, представленных на рисунке 4, наблюдаются почти идентичные значения напряжений в разных жидкостях на частотах 67-69 кГц, что может стать калибровочной областью в будущем устройстве.

Полученные в результате исследований зависимости можно будет использовать для обучения нейросети, способной определять параметры волновода. Нейросеть позволит вводить индивидуальные поправки для улучшения точности полученных измерений.

Заключение

В ходе выполнения исследований датчика вибрационного вискозиметра было создано устройство для автоматического определения АЧХ колебательной системы. С помощью АЧХ определены размеры пластины, обеспечивающие максимальную чувствительность датчика. Предложен вариант самокалибровки датчика прибора, выполнены экспериментальные исследования, подтверждающие возможность измерения вязкости жидкости.

Кривобоков Дмитрий Евгеньевич – доцент кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Емельянов Игорь Сергеевич – магистрант кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: igormorozilka@gmail.com;

Фатеев Николай Владимирович – магистрант кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: n.i.k.o.l.a.fateev@mail.ru.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

**Б. С. Первухин, Д. Е. Кривобоков, А. А. Загрядский, Д. С. Ложешников,
А. С. Ильин**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Проведен теоретический анализ методов, позволяющих исключить влияние источников систематической погрешности на результат измерения удельной электрической проводимости жидкости контактных и ёмкостных кондуктометрических первичных преобразователей

Ключевые слова: жидкость, активное сопротивление, поляризационное сопротивление, электроды, ёмкость, двойной электрический слой.

Для измерения удельной электрической проводимости наиболее часто используются первичные преобразователи следующих видов: контактные первичные преобразователи (прямой гальванический контакт электродов с анализируемым раствором); ёмкостные первичные преобразователи (связь с анализируемой жидкостью осуществляется через ёмкость); индуктивные первичные преобразователи. Измерение удельной электрической проводимости со всеми видами первичных преобразователей проводится как правило аналоговыми методами. В качестве аналоговых выходных сигналов первичных преобразователей используется [1] выходной ток или выходное напряжение измерительной цепи. Для вычисления значения удельной электрической проводимости используются три основных метода анализа выходного сигнала измерительной цепи:

- вычисление амплитуды выходного сигнала измерительной цепи;
- расчет среднего значения выходного сигнала, взятого за половину периода напряжения питания;
- расчет среднего значения выходного напряжения, взятого за половину периода тока, протекающего через первичный измерительный преобразователь.

Однако, все вышеуказанные методы анализа выходного сигнала подвержены систематической погрешности измерений удельной электропроводности, связанной с влиянием электрохимических приэлектродных процессов [2].

Для уменьшения влияния источников систематической погрешности в контактных

кондуктометрах, предлагается использовать метод измерительных преобразований, позволяющий анализировать эквивалентную электрическую схему замещения (ЭЭСЗ) первичного измерительного преобразователя (ПИП), с последующим вычленением из неё проводимости жидкости [3]. Этот метод основан на экспериментальном определении характеристик переходного процесса и оценке по их значению удельной электрической проводимости анализируемого раствора. Эквивалентная электрическая схема замещения такого преобразователя приведена на рисунке 1, где R_n – суммарное поляризационное сопротивление электродов, C – суммарная ёмкость электродов, R – активное сопротивление анализируемой жидкости.

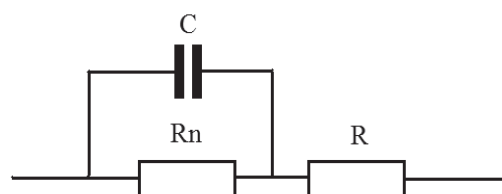


Рисунок 1 – Схема замещения контактного первичного преобразователя

Для определения параметров контактного кондуктометрического ПИП доступнее использовать переходную функцию по току (переходная проводимость) [3]. Переходная функция по току (переходная проводимость) $g(t)$ схемы замещения, показанной на рисунке 1, может быть выражена в следующем виде:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

$$g(t) = \frac{1}{R + R_n} + \frac{R_n}{R(R + R_n)} \exp\left(-\frac{R + R_n}{RR_n C} t\right). \quad (1)$$

Выражение (1) получено при условии импульсного воздействия сигналом напряжения на ПИП с чередующейся полярностью, при этом необходимо выдерживать паузу между импульсами, достаточную для перехода электропроводящей цепи датчика в начальное состояние (полной разрядки конденсаторов ЭЭСЗ).

Воздействие импульса напряжения на электрическую измерительную цепь датчика обуславливает переходный процесс, в течении которого необходимо определить несколько значений тока и соответствующего им времени, отсчитываемого от переднего фронта импульса. Полученные экспериментальные значения необходимо аппроксимировать зависимостью

$$g(t) = a + b \exp(-ct). \quad (2)$$

При использовании выражений (1) и (2) можно получить следующую систему уравнений

$$\begin{cases} a = \frac{1}{R + R_n}, \\ b = \frac{R_n}{R(R + R_n)}, \\ c = \frac{R + R_n}{RR_n C}. \end{cases} \quad (3)$$

Решив систему уравнений (3), можно определить активное сопротивление анализируемого раствора R , поляризационного сопротивления электродов первичного преобразователя R_n и емкость их двойного электрического слоя C :

$$R = \frac{1}{a+b}, \quad R_n = \frac{b}{a(a+b)}, \quad C = \frac{(a+b)^2}{bc}. \quad (4)$$

Аналогичный метод можно предложить и для определения удельной электрической проводимости емкостным ПИП. Электрическая эквивалентная схема замещения такого первичного преобразователя приведена на рисунке 2, где: C – емкость связи электрода с раствором; C_p – электрическая емкость, обусловленная диэлектрическими свойствами

раствора; R – активное сопротивление раствора; C_c – суммарная емкость связи.

Переходная проводимость первичного преобразователя, ЭЭСЗ которого приведена на рисунке 2, будет иметь вид:

$$g(t) = U \frac{C_c^2}{R} e^{-\frac{1}{R(C_c+C)} t}. \quad (4)$$

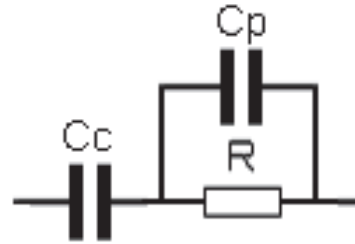


Рисунок 2 – Эквивалентная электрическая схема емкостного кондуктометрического первичного преобразователя

Если снять, как в предыдущем случае, экспериментальные данные по току и времени достижения этих значений тока и аппроксимировать их зависимостью вида $i(t) = Uae^{-bt}$, то будем иметь систему из двух уравнений при трех неизвестных, что не позволит выполнить решение. Для получения третьего уравнения необходимо изменить какой-либо из искомых параметров на известную величину. Наилучшим образом для выполнения этого условия подходит конденсатор с известной емкостью, подключаемый последовательно ПИП. При этом измерительная цепь примет вид, представленный на рисунке 3, где $C1$ – известная емкость, K – ключ.

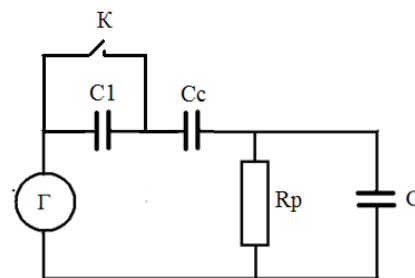


Рисунок 3 – Измерительная цепь с дополнительным конденсатором

На рисунке 3, при изменении состояния ключа K , изменяется значение емкости, подключенной последовательно исследуемой жидкости. При аппроксимации эксперимен-

тальных данных величин тока и соответствующих им значений времени при замкнутом ключе получим следующую зависимость:

$$i(t) = Ua_1 e^{-b_1 t}. \quad (5)$$

В случае разомкнутого ключа К (рисунок 3), выражение примет вид:

$$i(t) = Ua_2 e^{-b_2 t}. \quad (6)$$

При включения последовательно первичному преобразователю емкости C_1 , суммарная емкость связи уменьшится и будет равна:

$$C_{c\Sigma} = \frac{C_c C_1}{C_c + C_1}. \quad (7)$$

Из полученных результатов обработки экспериментов, с учетом (6), (7) и (8) получим следующую систему уравнений

$$\begin{cases} a_1 = \frac{C_c^2}{R_p}, \\ b_1 = \frac{1}{R_p(C_c + C)}, \\ a_2 = \frac{C_c^2 C_1^2}{R_p(C_c + C_1)^2}. \end{cases} \quad (8)$$

Данная система уравнений уже разрешима относительно сопротивления анализируемой жидкости R_p , емкости раствора C и ёмкости связи C_c . При ее решении получим следующую связь параметров первичного преобразователя с определенными экспериментально:

$$C_c = C_1 \left(\sqrt{\frac{a_1}{a_2}} - 1 \right), \quad (9)$$

$$R_p = \frac{C_1^2}{a_1} \left(\sqrt{\frac{a_1}{a_2}} - 1 \right)^2, \quad (10)$$

$$C = \frac{1}{b_1 R_p} - C_c. \quad (11)$$

Следует отметить, что устройство, которое реализует предложенный метод измерения параметров электрической эквивалентной схемы замещения контактных кондуктометрических ПИП, должно выполнять следующие функции:

- формировать переменное импульсное напряжение прямоугольной формы, причем скважность между импульсами положительной и отрицательной полярности должна обеспечивать нулевые начальные условия перед началом любого импульса;

- измерять мгновенные значения тока через первичный преобразователь и время их достижения относительно начала импульса напряжения питания;

- запоминать полученные мгновенные значения тока и времени их достижения и передавать их на обработку;

- аппроксимировать полученные значения мгновенного тока и времени в виде экспоненциальной зависимости (2);

- определять по коэффициентам экспоненциальных зависимостей значения элементов ЭЭСЗ контактного первичного преобразователя.

В случае использования динамических характеристик выходного сигнала с емкостным первичным преобразователем последовательность операций будет отличаться от используемой в предыдущем случае, то есть устройство должно обеспечить возможность следующего:

- сформировать переменное импульсное напряжение прямоугольной формы, причем скважность между импульсами положительной и отрицательной полярности должна обеспечивать нулевые начальные условия перед началом любого импульса;

- определять мгновенные значения тока через первичный преобразователь и время их достижения относительно начала импульса напряжения питания при отсутствии дополнительного конденсатора;

- запоминать полученные мгновенные значения тока и времени их достижения и передавать их на обработку;

- аппроксимировать полученные значения мгновенного тока и времени в виде экспоненциальной зависимости (5);

- повторить три предыдущие операции с включенным дополнительным конденсатором;

- определить по коэффициентам полученных экспоненциальных зависимостей значения элементов ЭЭСЗ емкостного первичного преобразователя.

Таким образом, с статье рассмотрен метод исключения систематической погрешности измерений электропроводности жидкости контактными и ёмкостными ПИП, основанный

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

на расчете параметров их ЭЭСЗ по переходным характеристикам, в результате чего определяется непосредственно проводимость раствора, тем самым исключается влияние приэлектродных процессов на результат измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первухин, Б.С. Проектирование контактных кондуктометров с использованием в качестве критериев оптимизации заданной систематической погрешности / Б.С. Первухин. – Текст: непосредственный // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2011. – №2. – С.41-44.

2. Первухин, Б.С. Методическая погрешность контактных кондуктометров / Б.С. Первухин. – Текст: непосредственный // Естественные и технические науки. – 2011. – №1. – С. 176-182.

3. Юшкова, В.Б. Модернизация метода измерения удельной электропроводности жидкостей, воды и химических растворов / В.Б. Юшкова, Б.С. Первухин. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2015. – №4. Т.1. – С.95-98.

Первухин Борис Семенович – д.т.н., профессор каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: bspervuhin@mail.ru;

Кривобоков Дмитрий Евгениевич – к.т.н., доцент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02, e-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru;

Загрядский Артем Андреевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02;

Ложешников Дмитрий Сергеевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02;

Ильин Александр Сергеевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (385-2)66-65-02.

УДК 004.891:334.7

КОМПОНЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ

О. И. Пятковский

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе представлены технология и методы создания аналитических информационных систем организаций с применением компонентов прогнозирования экономических показателей в гибридных экспертных системах. Раскрыты вопросы применения нейросетевых компонентов для прогнозирования экономических показателей. Разработанная структура нейросетевого компонента обеспечивает реализацию его самообучающихся возможностей. Для реализации режима самообучения описаны методы, используемые в компонентах нейромимитатора на этапах преобработки данных, формирования обучающей выборки, в процессе функционирования информационной системы и самообучения нейронных сетей.

***Ключевые слова:** гибридные экспертные системы, нейронная сеть, аналитические информационные системы, нейросетевые компоненты, самообучение нейронной сети.*

Введение

Для решения задач эффективного управления предприятием необходимо построение гибридных мультиагентных экспертных систем с нейросетевыми компонентами [3,6,7], обеспечивающих эффективную поддержку принятия решений на всех уровнях и фазах управления, стадиях жизненного цикла продукта, услуги.

Основным достоинством нейросетевых компонентов в мультиагентных гибридных экспертных системах является их возможность самоорганизации в непрерывно изменяющихся в реальном масштабе времени динамических бизнес-процессах на предприятии [1,2].

В статье представлены вопросы создания аналитических систем с применением нейросетевых компонентов прогнозирования экономических показателей. Эти компоненты входят в состав поля знаний гибридной экспертной системы. Данная система реализует дерево целей для оценки состояния предприятия. Технологии построения данных систем представлены в работе автора [14].

Цель исследования

Разработать технологию и методы создания аналитических информационных систем организаций с применением компонентов прогнозирования экономических показателей в гибридных экспертных системах.

Описание решаемой задачи

Для решения задач прогнозирования экономических показателей предлагается

применение нейросетевых компонентов [3,5]. Основной проблемой для внедрения нейросетевых компонентов в поле знаний аналитической системы является сложность и динамичность информационных систем. Достоинством нейросетевых компонентов в мультиагентных гибридных экспертных системах является возможность их самоорганизации в непрерывно изменяющихся бизнес-процессах [1,3,8].

Число компонентов нейросетевого прогнозирования соответствует общему количеству экономических показателей, применяемому для управления. Также следует иметь в виду, что тестирование системы, и в том числе проверка адекватности нейросетевых моделей, возможна только в составе реально работающей комплексной информационной системы. Это подтверждает невозможность настройки нейросетевых компонентов автономно вне действующей информационной системы.

Разработанная структура нейросетевого компонента [3,4] обеспечивает реализацию его самообучающихся возможностей. Основными элементами, реализующими автоматическое самообучение нейромимитатора, являются: интерфейс ввода, преобработчик, задачник, нейромимитатор (учитель, оценка, контрастер, конструктор, нейронная сеть), интерпретатор, интерфейс вывода, управляющий модуль [3,4,14]. Все эти элементы необходимы для реализации режима самообучения нейронной сети.

На этапе предобработки важную роль играет элемент *предобработчик* данных (рисунк 1). В него входят блоки собственно предобработки данных, а также погружения (формирования обучающей выборки). К этапам предобработки данных при нейросетевом моделировании в информационных системах относятся: исключение аномальных наблюдений, проверка однородности, заполнение пропусков, фильтрация, нормировка, погружение данных. На этапе погружения данных происходит формирование обучающей выборки из базы данных в соответствии с определенными правилами, заданными процедурой решения конкретной прикладной задачи. В частности, различаются функции погружения при решении задач анализа и прогноза. При решении задач прогнозирования выделяются варианты погружения данных в режимах "без пересечения", "с пересечением", "по одному ряду", "по совокупности временных рядов".

Предварительная очистка и первичная статистическая обработка исходных данных при нейросетевом моделировании включает этап *исключения аномальных наблюдений*. Для этих целей применяются алгоритмы «ремонта» данных [10].

Следующим этапом предобработки следует считать проверку *однородности* данных. Для проверки однородности данных применяются методы классификации данных «без учителя». Наиболее эффективными являются методы динамических ядер и нейросетевой метод адаптивной кластеризации данных, основанный на картах Кохонена [11].

Важным этапом предобработки является также процедура заполнения пропусков в данных. Данная процедура выполняется при помощи метода, который интерпретируется как построение конвейера нейронов для обработки данных с пробелами [10].

Следующим элементом предобработчика является оценка выборки и, при *необходимости*, *фильтрация* данных. В зависимости от характера обучающей выборки возможно использование различных методов фильтра-

ции данных. Для выбора методов производится предварительная *оценка* данных. Для этого можно использовать оценку дисперсии, эвристические методы. В зависимости от результатов анализа при помощи экспертной системы (продукционной, основанной на теории прецедентов и др.) определяется тот или иной метод фильтрации данных: простые скользящие средние, взвешенные скользящие средние, экспоненциальное скользящее среднее, вейвлет-анализ [12]. На рисунке 2 показаны результаты фильтрации с помощью вейвлет-преобразования.

Заключительным этапом предобработки является *нормировка данных*. При этом осуществляется преобразование входных сигналов таким образом, чтобы обеспечить эффективную работу нейронной сети. Для количественных признаков стандартными процедурами предобработки являются нормировка и центрирование, которые обеспечивают универсальность нейронной сети при работе с произвольными данными и позволяют сохранять параметры сети в оптимальном для функционирования диапазоне [11].

Для информационных систем важным является вопрос формирования задачника для нейросети. Это связано с тем, что для любого интеллектуального блока, которых в информационных системах довольно много, на входе формируется обучающая выборка, которая находится в постоянном динамическом изменении. Задачники формируются в результате функционирования информационной системы в базах данных в ритме процессов производства и управления в соответствии с разработанными технологиями. При этом выполняются процедуры погружения данных. Для задач прогнозирования возможны следующие варианты погружения информации: без пересечения, с пересечением, с дообучением, без дообучения, по совокупности временных рядов, в том числе возможны варианты с учетом сезонных колебаний, с учетом других качественных признаков (рисунк 1).

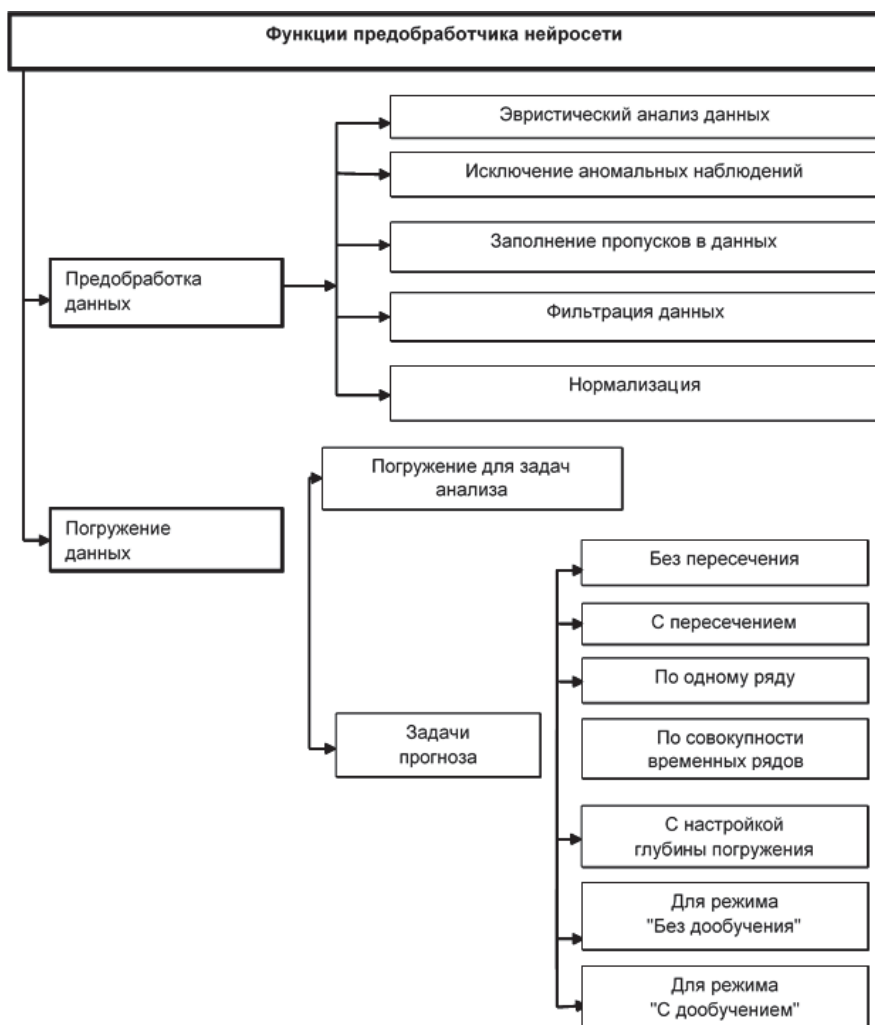


Рисунок 1 – Функции предобработчика нейросети

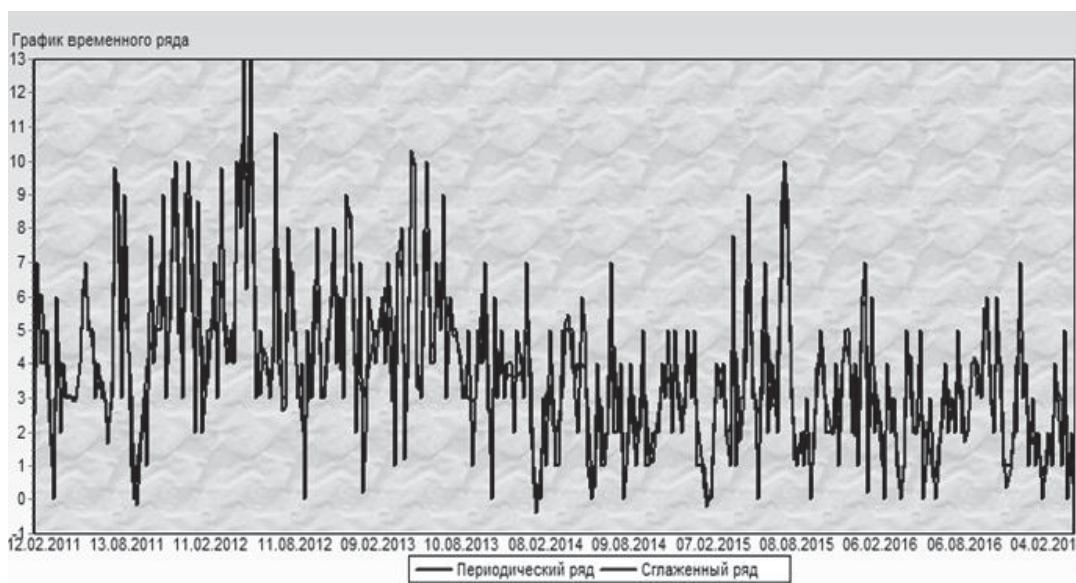


Рисунок 2 – Сглаживание ряда с помощью Вейвлет-преобразования

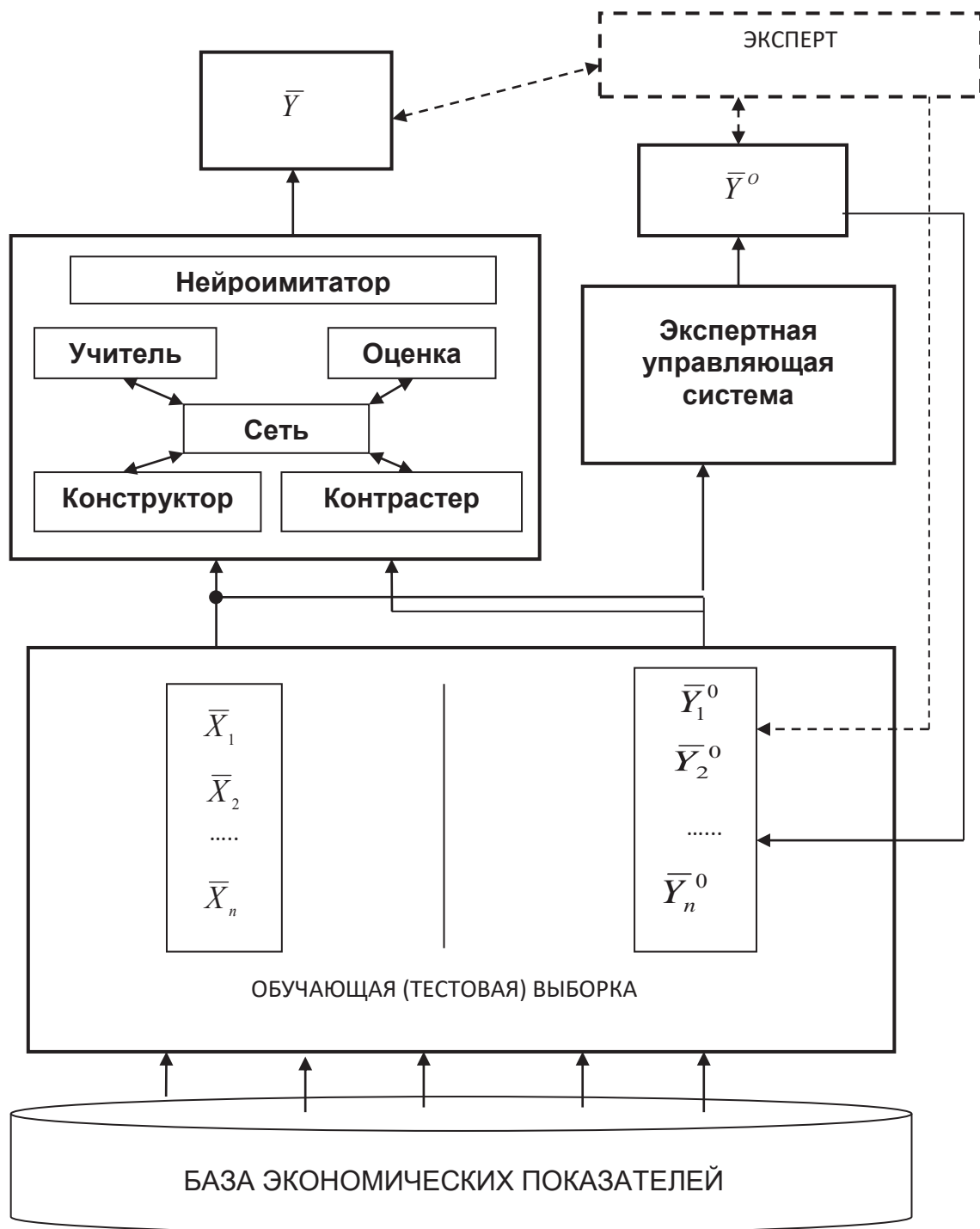


Рисунок 3 – Функционирование нейросетевого решателя в режиме самообучения

Важную роль при реализации режима самообучения нейронной сети играют методы формирования выходных (целевых) параметров \bar{Y} задачника нейросети (рисунок 3). Наиболее качественные данные задачника получаются на основе фактической выбороч-

ной, экспериментальной информации, в том числе по данным происшедших событий, выполненных опытов и экспериментов. При решении неформализованных задач, таких, например, как оценка состояния объекта управления, получение значения целевого

параметра экспериментальным путем бывает невозможно. В этом случае используется экспертная информация, формируемая опытным специалистом в соответствующей области знаний или группой экспертов при помощи методов экспертной оценки [9,13]. В процессе функционирования информационной системы, при постоянно изменяющемся состоянии предметной области, существенном обновлении данных задачника часто не представляется возможным своевременно привлечь опытных специалистов для выработки значений целевых параметров и последующего дообучения нейронной сети. Для этого в работе созданы методы автоматического самообучения нейросетевых компонентов. Они реализуются при помощи специально разработанных экспертных систем, содержащих знания опытных специалистов, по аналитическим методикам и зависимостям, с использованием фиксированных констант и множеств, определяющих значения целевых параметров "по умолчанию".

На рисунке 3 представлен процесс функционирования нейросетевого решателя в режиме автоматического самообучения. В данной схеме показано подключение экспертной системы при формировании управляющего сигнала для переключения нейросетевого решателя в режим самообучения и автоматизированного формирования значений целевого параметра \bar{Y}^0 . Перевод нейроимитатора в режим самообучения определяется управляющими коэффициентами \bar{K} . Они формируются на основе определения расстояния вектора текущих значений показателей до значений вектора при последнем обучении сети. Если расстояние

достигает величины отклонения $\bar{\varepsilon}$, управляющая экспертная система подключает блок формирования значений целевого параметра \bar{Y}^0 для обучающей выборки нейронной сети. После его формирования вырабатывается сигнал на включение режима самообучения.

Величина отклонения $\bar{\varepsilon}$ подбирается экспериментальным путем при проектировании информационной системы [4]. В процессе самообучения основную роль играют блоки нейроимитатора, сеть, конструктор, контрастер, учитель, оценка (рисунок 3) [3,4,14].

Программная реализация системы выполнена на основе разработанных программно – инструментальных комплексов с WEB-сервисами: «Бизнес-аналитик», «Нейроаналитик», обладающими адаптивными свой-

ствами, для реализации представленных в статье технологий самоорганизации. [3,4,5,14].

Выводы

Разработана технология и методы создания аналитических информационных систем организаций с применением компонентов прогнозирования экономических показателей в гибридных экспертных системах. Раскрыты вопросы применения нейросетевых компонентов для прогнозирования экономических показателей. Разработанная структура нейросетевого компонента обеспечивает реализацию его самообучающихся возможностей. Для реализации режима самообучения описаны методы, применяющиеся в компонентах нейроимитатора на этапах предобработки данных, формирования обучающей выборки, в процессе функционирования информационной системы и самообучения нейронных сетей.

Разработанная технология и методы создания гибридных экспертных систем с нейросетевыми компонентами для решения задач прогнозирования экономических показателей была опробована при проектировании систем управления торгово-сервисными и производственными предприятиями и показала эффективность ее использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбань, А.Н. Обучение нейронных сетей / А.Н. Горбань. – М.: изд. СССР–США СП "ParaGraph", 1990. – 159 с. – Текст непосредственный.
2. Миркес, Е.М. Нейрокомпьютер. Проект стандарта / Е.М. Миркес. – Текст непосредственный // Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1999. – 337с.
3. Пятковский, О.И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием: Монография / О.И. Пятковский. – Текст непосредственный // Барнаул: изд-во АлтГТУ, 1999. – 351с.
4. Авдеев, А.С. Адаптивная модель прогнозирования временных рядов на примере продаж автомобилей в регионе / А.С. Авдеев, О.И. Пятковский. – Текст непосредственный. // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: материалы XVII Всеросс. Семинара / ИВМ СО РАН. – Красноярск, 2009. – С. 9–12.
5. Авдеев, А.С. Разработка WEB – сервисов интеллектуальной информационной системы «Бизнес-аналитик» и их применение при решении задачи оценки инвестиционных проектов» / А.С. Авдеев, М.В. Гунер, О.И. Пятковский. – Текст непосредственный. // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: материалы XVII Все-

КОМПОНЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИЙ

росс. Семинара / ИВМ СО РАН. – Красноярск, 2013. – С. 111–117.

6. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – Текст непосредственный // СПб.: Питер, 2000. – 384с.

7. Волкова, В.Н. Теория систем: Учеб. Пособие/ В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – Текст непосредственный // М.: Высш.шк., 2006. – 511 с.

8. Тельнов, Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: компонентная методология / Ю. Ф. Тельнов. – Текст непосредственный // М.: Финансы и статистика, 2005. – 318 с.

9. Воронов, А. А. Теоретические основы построения автоматизированных систем управления: Разраб. техн. задания / А.А. Воронов, Г.А. Кондратьев, Ю.В. Чистяков. – Текст непосредственный // АН СССР, Дальневост. науч. центр, Ин-т автоматики и процессов управления. – М: Наука, 1977. – 232 с.

10. Россиев, А.А. Моделирование данных при помощи кривых для восстановления пробелов в таблицах / А.А. Россиев. – Текст непосредственный // Методы нейроинформатики : Сб. научн. трудов. Под ред. А.Н.Горбаня. – Изд-во КГТУ. –

Красноярск, 1998. – С.6–22.

11. Горбань, А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере/ А.Н.Горбань, Д.А. Россиев. – Текст непосредственный // Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 276 с.

12. Ежов, А.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе / А.А. Ежов, С.А. Шумский – М.: МИФИ, 1998. – 224 с.

13. Евланов, Л.Г., Кутузов В.А. Экспертные оценки в управлении / Л.Г. Евланов, В.А. Кутузов. – Текст непосредственный // М.: Экономика, 1978. – 133 с.

14. Пятковский, О.И. Технология создания аналитических информационных систем организаций на основе интеллектуальных компонентов / О.И. Пятковский. – Текст непосредственный // Ползуновский альманах. – 2021. – № 4. – С.75–80

Пятковский Олег Иванович – д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 89059872675, e-mail: poi1952@mail.ru.

ИНТЕГРАЦИЯ WHATSAPP И 1С: СОЗДАНИЕ ЧАТ-БОТА ДЛЯ ЗАКАЗА УСЛУГ И ПРОСМОТРА ПЛАТЕЖЕЙ

А. Г. Блем, А. А. Веряскин, Д. Д. Никитин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе рассмотрена автоматизированная информационная система формирования и выполнения заявок клиентов, построенная на основе интеграции мессенджера WhatsApp с корпоративной системой 1С. Разработанная ИС позволяет полностью исключить менеджмент фирмы из процесса формирования и исполнения заявок клиентов, существенно сократить время и качество исполнения заявок.

Ключевые слова: информационная система, чат-бот, 1С, WhatsApp, клиентские услуги, колливинг.

Современные информационные технологии постоянно развиваются, и одной из последних популярных тенденций является интеграция мессенджеров с корпоративными системами. WhatsApp – одна из самых используемых платформ общения, поэтому многие компании рассматривают его в качестве важного инструмента для удовлетворения потребностей клиентов. В данной статье рассмотрен процесс интеграции WhatsApp и 1С, а в качестве примера – создание эффективного чат-бота для заказа услуг и просмотра платежей в рамках автоматизированной информационной системы управления колливинговой компанией.

Чат-боты, работающие в мессенджерах, являются чрезвычайно гибкими и удобными с точки зрения взаимодействия с клиентами. Они позволяют организациям автоматизировать и оптимизировать процесс обслуживания клиентов, улучшить качество обслуживания и сократить время ожидания ответа. Вместо того чтобы звонить, писать электронные письма или посещать сайт для получения информации о заказах или платежах, клиенты могут легко получить нужные данные через чат-бот в WhatsApp.

Преимущества интеграции WhatsApp и 1С для создания чат-бота:

1. Удобство для клиентов. С помощью WhatsApp, используя свой смартфон, клиенты имеют возможность оставлять заказы или запросы на услуги в любое удобное для них время, что делает процесс более удобным и быстрым.

2. Автоматизация процесса. Чат-боты обычно осуществляют автоматическое обслуживание клиентов, что позволяет организациям сосредоточить свои усилия на более

важных задачах. Например, чат-бот может автоматически обрабатывать заказы и отправлять клиентам подтверждение об их выполнении.

3. Сокращение времени ожидания. Клиентам больше не придется ждать ответа от службы поддержки или посещать офис для получения необходимой информации. Чат-бот в WhatsApp может мгновенно отвечать на запросы клиентов и предоставлять им нужную информацию в режиме реального времени.

4. Интеграция с базой данных 1С. Одним из ключевых преимуществ интеграции WhatsApp и 1С является возможность связать чат-бот с корпоративной информационной системой. В результате чат-бот сможет получать информацию о заказах и платежах из базы данных 1С и предоставлять эту информацию клиентам по запросу.

Процесс интеграции WhatsApp и 1С для создания чат-бота включает несколько этапов:

1. Установка и настройка чат-платформы. Первым шагом является установка и настройка платформы для создания чат-бота. Существуют различные программные решения, позволяющие создавать чат-бот для различных мессенджеров, включая WhatsApp.

2. Интеграция с 1С. Для интеграции WhatsApp с 1С необходимо разработать соответствующий модуль или использовать готовое решение, предоставляемое разработчиками или сторонними поставщиками. Этот модуль будет обеспечивать связь между чат-ботом и базой данных 1С и позволит получать и обрабатывать нужную информацию.

ИНТЕГРАЦИЯ WHATSAPP И 1С: СОЗДАНИЕ ЧАТ-БОТА ДЛЯ ЗАКАЗА УСЛУГ И ПРОСМОТРА ПЛАТЕЖЕЙ

3. Настройка функционала чат-бота. После интеграции с 1С необходимо настроить функционал чат-бота. Например, настраивается возможность оставлять заказы, просматривать информацию о уже сделанных заказах или проверять состояние платежей.

4. Тестирование и запуск. После настройки функционала чат-бота следует провести его тестирование, чтобы убедиться в корректной работе, после чего бот готов к запуску и удовлетворению потребностей клиентов.

Интеграция WhatsApp и 1С для создания чат-бота для заказа услуг и просмотра платежей позволяет организациям значительно улучшить качество обслуживания клиентов и оптимизировать бизнес-процессы. Вместо того чтобы тратить время на телефонные звонки или ожидание ответа службы поддержки, клиенты смогут легко и быстро получить необходимую информацию через WhatsApp. Это повысит удовлетворенность клиентов, сократит время обработки заказов и позволит организациям лучше сосредоточиться на своих основных бизнес-задачах.

Изложенные принципы интеграции WhatsApp и 1С были использованы при разработке подсистемы «Услуги» в рамках разработанной АИС управления коливинговой компанией.

Коливинг — новый вид коммерческой аренды квартир, возникший в современную эпоху, это своеобразный симбиоз аренды квартир, апарт-отелей и коворкинга [1].

Разработанная АИС внедрена в одной из коливинговых компаний, расположенных в г. Сингапуре, поэтому диалоги между клиентами и чат-ботом реализованы на английском языке, являющимся государственным языком Сингапура.

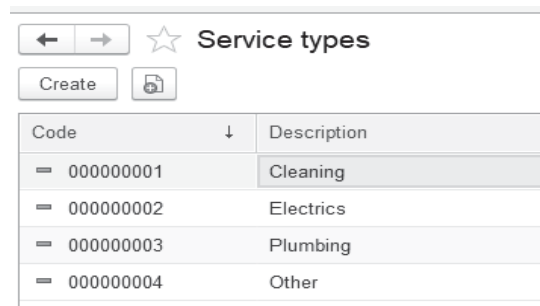
Для возможности быстрого и оперативного заказа заявок было принято решение о разработке собственного автоматизированного бота в мессенджере WhatsApp [2].

Вся работа с заявками на услуги происходит в подсистеме «Услуги» («Services»).

Первым шагом реализации задачи является создание основных справочников: «Виды услуг» («Servicetypes») и «Услуги» («Services»). Формы справочников представлены на рисунках 1 и 2. Справочник «Виды услуг» предназначен для хранения типов услуг, выполняемых сотрудниками коливинга. Справочник «Услуги» предназначен для хранения видов услуг в разрезе типов. Справочник имеет иерархическую структуру. Для каждой услуги указывается цена, которая ис-

пользуется для дальнейшего расчета начислений арендаторам.

При регистрации арендатора в информационной системе ему доступна возможность использования автоматизированного бота в мессенджере WhatsApp. Арендатор получает контактный номер. При написании на номер любого сообщения происходит начало работы бота.



Code	Description
000000001	Cleaning
000000002	Electrics
000000003	Plumbing
000000004	Other

Рисунок 1 – Справочник «Servicetypes»



Code	Description	Service type	Price
000000002	General cleaning	Cleaning	195.00
000000001	Wet cleaning	Cleaning	120.00

Рисунок 2 – Справочник «Services»

Для верного оформления заявок необходим своего рода сценарий, которому должен следовать арендатор. Такой сценарий был реализован в виде бизнес-процесса — прикладного объекта конфигурации 1С:Предприятие. Бизнес-процесс позволяет описать последовательность шагов, которые необходимо выполнить для достижения конечной цели, а также определить роли и ответственность каждого участника в процессе.

В меню бота есть следующие возможности выбора: «Начисления» («Accruals»), «Услуги» («Services»), «Информация» («Info»). Результаты ответа чат-бота при выборе «Accruals» и «Info» представлены на рисунках 3 и 4.

При выборе «Services» происходит появление окна выбора типа услуг, как показано на рисунке 5. После выбора типа услуги появляется окно с вариантами выбора вида услуги. На основании зарегистрированного договора аренды клиента появляется список доступных ему помещений для выполнения услуги (личные и общие помещения в квартире). Итогом является оформленная заявка на выполнение услуги.

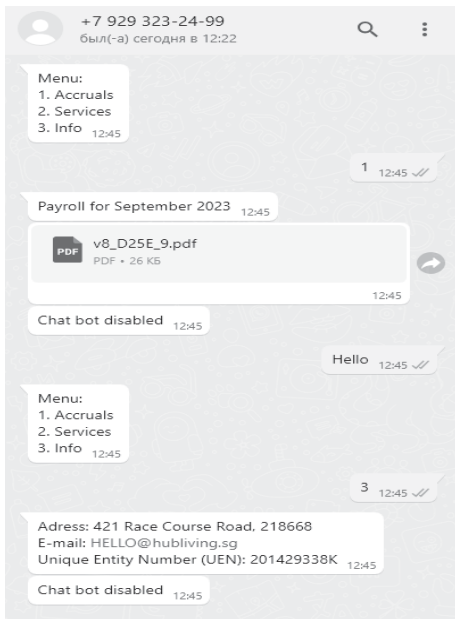


Рисунок 3 – Ответ чат бота при выборе пункта меню «Инфо» («Info»)

Customer	Opening balance	Credit	Debit	Customer debt	Company debt	Ending balance
Apartment #1						
Room						
Payment type						
Customer #1	1 650,00		1 700,00		50	-50,00
Apartment #1	1 650,00		1 700,00		50	-50,00
Standard #1	1 650,00		1 700,00		50	-50,00
	100,00		150,00		50	-50,00
Internet	100,00		100,00			
Rent	1 200,00		1 200,00			
Utilities	250,00		250,00			
Total	1 650,00		1 700,00		50	-50,00

Рисунок 4 – Ответ чат-бота при выборе пункта меню «Начисления» («Accruals»)

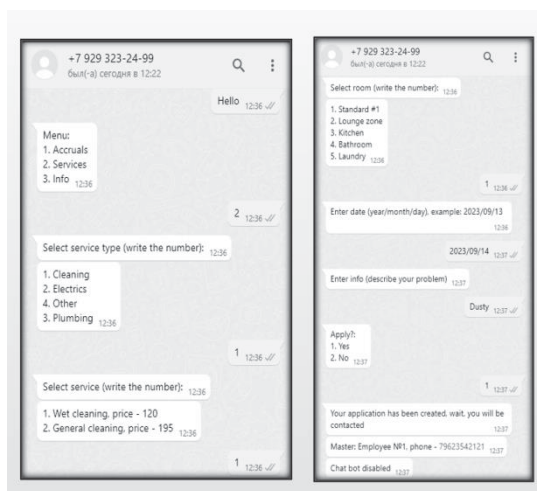


Рисунок 5 – Процесс заказа заявки с помощью бота

При оформлении заявки в WhatsApp, в системе 1С автоматически происходит создание и проведение документа «Заказ услуги» («Serviceorder»). Пример созданного документа представлен на рисунке 6. Исполнитель услуги подбирается в заявку автоматически на основании следующих условий: исполнитель может выполнять такой тип услуг, исполнитель не имеет других заявок на дату исполнения.

Уведомление от бота также приходит и в диалог с ботом исполнителю, как показано на рисунке 7.

При окончании выполнения услуги от исполнителя требуется закрыть заявку. Для этого необходимо начать диалог с ботом WhatsApp, выбрать пункт меню «Service», выбрать нужную заявку.

← → ☆ Service order 000000005 dated 13.09.2023 8:37:33

Post and close Save Post Generate

Number: 000000005 Date: 13.09.2023 8:37:33

Customer: Customer #1

Apartment: Apartment #1

Address: 66 Barry Meadows Lake Chelseaport BT35 7PB

Room: Standard #1

Service: Wet cleaning

Service type: Cleaning

Service date: 14.09.2023

Employee: Employee №1

Description: Dusty

Рисунок 6 – Документ «Serviceorders»

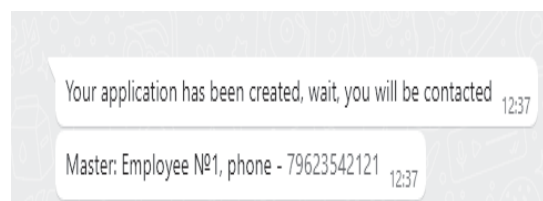


Рисунок 7 – Уведомление исполнителю при оформлении заявки

После подтверждения исполнителем выполнения, в диалог с арендатором от бота поступает сообщение с одноразовым сгенерированным автоматически кодом подтверждения выполнения. Процесс закрытия заявки исполнителем представлен на рисунке 8.

ИНТЕГРАЦИЯ WHATSAPP И 1С: СОЗДАНИЕ ЧАТ-БОТА ДЛЯ ЗАКАЗА УСЛУГ И ПРОСМОТРА ПЛАТЕЖЕЙ

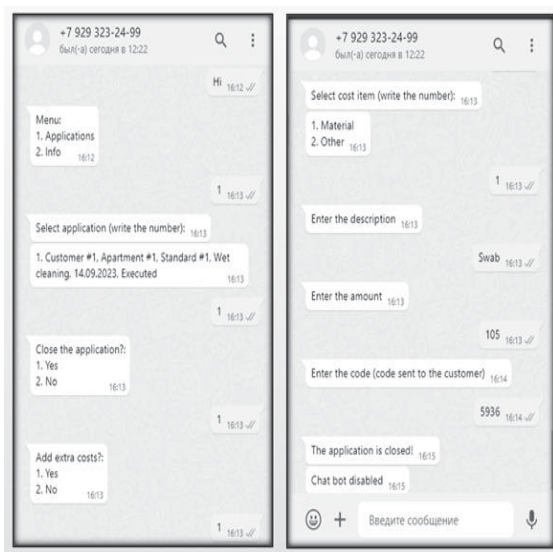


Рисунок 8 – Подтверждение выполнения заявки

Данный код исполнитель вводит в собственном диалоге с ботом, после чего в созданном документе «Serviceorder» поле «Status» изменяется на «Выполнен», и на основании заявки создается документ «Отчет о выполненных услугах» («Servicesreport»), в котором фиксируются все данные из заявки на оказание услуги, а также информация по дополнительным расходам, поступающей из чата с исполнителем услуги из бота WhatsApp.

Форма документа представлена на рисунке 9.

#	Cost item	Description
1	Swab	Dusty

Рисунок 9 – Документ «Services report»

Выводы

Автоматизация бизнес-процесса заказа и исполнения заявок услуг клиентов коливинговой компании с использованием чат-бота позволил:

- полностью исключить из процесса административную нагрузку;
- существенно сократить время на выполнение процесса (от формирования заявки клиента до завершения ее выполнения);
- повысить ответственность исполнителей за качество и сроки выполнения заявок клиентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коливинг: новый формат арендной недвижимости // Partapart.ru URL: <https://partapart.ru/novosti-i-analitika/koliving-novyj-format-arendnoj-vedvizhimosti>. – Текст: электронный.
2. Как настроить чатбот для WhatsAppBusiness? // Wondershare.com URL: <https://mobiletrans.wondershare.com.ru/whatsapp-business/set-up-chatbot.html>. – Текст: электронный.

Блем Александр Генрихович – к.э.н., доцент, доцент каф. ИСЭ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. 960-958-84-98, e-mail: alblem@mail.ru

Веряскин Андрей Анатольевич – аспирант каф. ИСЭ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: andrew.veryaskin@mail.ru

Никитин Денис Дмитриевич – магистрант каф. ИСЭ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: enigma.nera@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КОЛИВИНГОВЫХ КОМПАНИЙ

А. Г. Блем, А. А. Веряскин, Н. Е. Макарова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В работе проведено обоснование выбора моделей, методов и алгоритмов оптимизации транспортной логистики коливинговых компаний и краткое описание информационной системы, разработанной на основе выбранных алгоритмов. Приводятся результаты использования разработанной информационной системы на примере конкретной коливинговой компании.

Ключевые слова: информационная система, оптимизация, транспортная логистика, коливинг.

Коливинг — новый вид коммерческой аренды квартир, возникший в современную эпоху, это своеобразный симбиоз аренды квартир, апартаментов и коворкинга [1]. Большинство коливинговых компаний расположены в крупных городах с населением более 1 млн. человек, и объекты (квартиры) компании находятся в разных районах города. В связи с этим, выполнение таких бизнес-процессов, как «Плановые и внеплановые инспекции квартир администрацией коливинговой компании», «Выполнение плановых и внеплановых заказов по обслуживанию клиентов», «Выполнение плановых и внеплановых работ по текущему ремонту помещений» и др. связаны с большими транспортными издержками, которые могут составлять до 50 процентов общих расходов, связанных с реализацией данных бизнес-процессов. Поэтому организация транспортной логистики играет важную роль в деятельности коливинговых компаний.

Перечисленные выше бизнес-процессы транспортной логистики сводятся либо к решению задачи одного коммивояжера (выполнение в течение рабочей смены нескольких текущих ремонтов), либо к решению задачи нескольких коммивояжеров (формирование плана инспекций объектов коливинга и др.).

Для обеих задач необходима матрица расстояний между объектами коливинга. Таким образом, в подсистеме «Транспортная логистика» решаются три задачи:

- формирование матрицы расстояний между объектами коливинга;
- задача одного коммивояжера;
- задача нескольких коммивояжеров.

Задача «Формирование матрицы расстояний»

Матрица расстояний представляет собой таблицу, в которой каждая ячейка содержит расстояние между двумя квартирами. Вычисление расстояний предлагается производить с помощью интерактивных ГИС-карт, в частности с помощью Google Maps.

Задача одного коммивояжера

Задача коммивояжера является одной из самых известных и важных задач транспортной логистики. В классической постановке задача коммивояжера формулируется следующим образом: коммивояжеру необходимо объехать n пунктов (адресов) и вернуться в исходную точку. Главная цель задачи – поиск оптимального (кратчайшего, быстрого или самого дешевого) пути объезда этих пунктов.

Для точного решения задачи коммивояжера используются либо метод полного перебора возможных вариантов, либо метод «ветвей и границ», который позволяет несколько снизить объем вычислений по сравнению с полным перебором, за счет отсева в процессе решения подмножеств неэффективных решений [2].

Поскольку для коливинговых компаний количество пунктов в задаче одного коммивояжера, как правило, не превышает 5-7, для решения задачи одного коммивояжера целесообразно использовать методы полного перебора или ветвей и границ, которые в данном случае гарантируют нахождение оптимального решения за приемлемое время.

Задача нескольких коммивояжеров

Имеется n пунктов (адресов), которые требуется посетить одному коммивояжеру за

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КОЛИВИНГОВЫХ КОМПАНИЙ

m поездок или m коммивояжерам одновременно.

Обозначим: $I=\{1, 2, \dots, n\}$ – множество пунктов (адресов), $C_{i,j}$ – расстояние между пунктами i и j .

Решение задачи нескольких (m) коммивояжеров можно разбить на две части:

1. Формирование состава маршрутов (распределение адресов по маршрутам). В результате решения задачи формируется состав всех m маршрутов.

2. Нахождение оптимальной последовательности для каждого сформированного маршрута (решение задачи одного коммивояжера для каждого из m маршрутов).

В качестве оценки эффективности Y распределения адресов по маршрутам использовался критерий:

$$Y = \min \sum_{k=1}^m \sum_{\forall i, j \in I_k} C_{i,j} \quad (1)$$

В критерии (1) k – индекс (номер) маршрута ($k=1,2,\dots,m$); I_k – подмножество адресов маршрута k .

Сформулируем следующую гипотезу: решая задачу формирования маршрутов по критерию Y , мы гарантируем высокое качество (близкое к оптимальному) общего решения задачи нескольких коммивояжеров, если на втором этапе задачи одного коммивояжера решаются оптимальным образом.

Для подтверждения данной гипотезы была смоделирована задача нескольких коммивояжеров с параметрами $n=30$, $m=5$, то

есть 30 адресов требовалось распределить по 5 маршрутам (по 6 адресов в каждом маршруте). Расстояния между адресами формировались случайным образом, и составляли от 0,1 до 15 км. Это примерно соответствует населенному пункту площадью 150 – 180 кв. км. Полагалось, что $C_{ij}=C_{ji}$, то есть рассматривалась симметричная задача нескольких коммивояжеров.

Было проведено 50000 экспериментов, в каждом из которых маршруты формировались случайным образом.

В результате моделирования пятидесяти тысяч вариантов распределения по маршрутам, лучший (Y_{\min}), худший (Y_{\max}) и средний ($Y_{\text{ср}}$) варианты (по критерию 1) приняли значения: $Y_{\min}= 672, Y_{\max}= 935, Y_{\text{ср}} = 789$.

Затем для вариантов распределения по маршрутам решалась задача одного коммивояжера (путем полного перебора возможных вариантов решения для каждого сформированного маршрута). В качестве критерия эффективности E рассматривалась суммарная длина пути всех m коммивояжеров по данному распределению адресов по маршрутам. В таблице 1 представлены 16 вариантов (из 50000) случайного распределения адресов по маршрутам. По каждому варианту определен критерий Y , а затем найдено оптимальное решение E (сумма оптимальных путей по каждому маршруту для соответствующего варианта распределения адресов по маршрутам).

Таблица 1 – Значения критериев эффективности Y и E по 16 вариантам распределения адресов по маршрутам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Y	672	708	733	751	755	780	783	789	790	803	806	837	844	863	881	935
E	124	125	134	137	142	149	138	138	144	148	162	177	161	170	196	199
Ур.перп.	113	123	132	138	139	147	148	150	150	155	156	166	169	175	181	198

Анализ результатов, приведенных в таблице 1, свидетельствует о сильной зависимости между критериями Y и E . Коэффициент корреляции между Y и E равен 0,94.

Уравнение линейной регрессионной зависимости между Y и E : **$E=0,3277*Y-108,2232$** .

Расчет по приведенной формуле значений E приведен в нижней строке таблицы 1.

Коэффициент детерминации равен 0,8833, что говорит о высокой достоверности полученной формулы линейной регрессии.

Конечно, собственно использование данной формулы не имеет большого практического смысла. Приведенный анализ свидетельствует, прежде всего, о справедливости сформулированной выше гипотезы о том, что

решая задачу формирования маршрутов по критерию Y , мы гарантируем высокое качество (близкое к оптимальному) общего решения задачи нескольких коммивояжеров, если на втором этапе задачи одного коммивояжера решаются оптимальным образом.

На этом же контрольном примере, включающем 30 адресов, которые следовало распределить по пяти маршрутам (по 6 адресов в каждом маршруте) были протестированы четыре метода формирования состава маршрутов:

Метод 1. Маршруты формируются абсолютно случайным образом.

Метод 2. Основан на принципе ближайшего соседа. Маршруты формируются по-

следовательно. Вначале формируется первый маршрут: из базы коммивояжер отправляется в ближайший пункт, затем из этого пункта – опять в ближайший (из оставшихся), пока не будет достигнут необходимый (по количеству адресов) состав маршрута. Затем точно таким же способом формируются 2,3,...,m-ый маршруты (на каждом этапе рассматриваются только те адреса, которые еще не включены в маршруты).

Метод 3. Алгоритм, состоящий из следующих шагов (подробно рассмотрен авторами в статье [3]):

Шаг 1. Формирование m маршрутов, состоящих из одного элемента – базы.

Шаг 2. Из множества адресов, еще не включенных в маршруты, случайным образом выбирается некоторый адрес j, который включается в маршрут k*, для которого $L_{j,k^*} = \min\{L_{j,k}\}; k=1.2....,m.$

$$L_{j,k} = (1/A_k) * \sum_{Vi \in K} (C_{j,i} + C_{i,j}), \quad (2)$$

где A_k – количество адресов в маршруте k на момент присоединения адреса j.

Шаг 2 повторяется до тех пор, пока не будут распределены все n адресов.

Метод 4. Алгоритм, аналогичный алгоритму 3, но очередной адрес j, выбираемый случайным образом на шаге 2, присоединяется к маршруту k*, для которого $C_{i_k,j} = \min(C_{i_k,j})$, где i_k – последний (крайний) адрес, ранее присоединенный к маршруту k.

В алгоритмах 1,3,4 задается количество реализаций. В процессе анализа по каждому из этих алгоритмов проводилось 50000 экспериментов, из которых выбирался лучший. В алгоритмах 1 и 3 лучшее решение выбирается по критерию (1). В алгоритме 4 лучшим

считается решение, для которого общая длина всех сформированных маршрутов минимальна, при этом длина k-ого маршрута складывается из расстояний между адресами в порядке формирования маршрута.

Проведенные эксперименты показали, что лучший итоговый результат был получен по методу 4. Именно этот метод используется в разработанной подсистеме транспортной логистики коливинговой компании.

Разработанная подсистема оптимизации транспортной логистики апробирована на примере конкретной коливинговой компании, расположенной в г. Сингапуре.

На рисунке 1 представлена матрица расстояний между объектами коливинга.

На рисунке 2 приведена иллюстрация решения задачи одного коммивояжера, когда в качестве объектов выбраны адреса: 400BalestierRd, 132SophiaRd, 133NewBridgeRd, 1HillecrestRd, 10JalanBesar, 95PasirPanjangHill. В качестве базы – головной офис фирмы, расположенный по адресу 419RaceCourseRd. Выбранный для посещения список квартир заполняется в поле «Apartmentlist», после чего нажимается кнопка «Make up an optimal path». После этого в табличной части выдается оптимальный маршрут посещения квартир, а в поле «Length» - длина оптимального маршрута в километрах.

На рисунке 3 приведена иллюстрация решения задачи нескольких коммивояжеров, когда общее число адресов (27) распределяется по 5 маршрутам (в каждом по 4-6 адресов). В качестве базы использовался офис компании (419 RaceCourse Rd).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	133 New Bridge Road #13-01, Chinatown Point	9.4	0	4.2	6.7	7.5	7.1	11.1	6.9	10.6	8	7	4.9	4.9	6.6	7.5	9.1	7.3	8.2	8	8.8	4.5	11	16.4	15.9	14.7	4	9.4
2	1 Hillecrest Rd, Singapore, 288893	6.5	4.2	0	2.7	3.5	9.3	11.3	2.9	10.8	4.5	3.1	7	0.85	8.8	5.4	3.2	3.6	2.8	4.2	11.7	2.3	7.3	11.7	9.2	10	5.1	12.2
3	10 Jalan Besar #10-03, Singapore, 208787	3.2	6.7	2.7	0	1.3	11.2	9.3	1.6	8.8	4.1	4	9	2.8	10.7	6.7	3.6	5.1	1.7	4.7	14.1	4.7	4.8	9.6	4.9	5.3	7.5	15.6
4	132 Sophia Rd, Singapore, 238186	2.8	7.5	3.5	1.3	0	11.7	10.6	2.6	10.1	4.6	4.4	9.4	3.2	11.1	6.1	5.4	3.8	5.3	4.2	12.7	5.6	6	10.2	6	8.4	6.5	13.3
5	15 Eng Tong Terrace, Singapore, 398987	15.8	7.1	9.3	11.2	15.7	0	19	12.1	18.5	15.8	16.2	20	10	6.7	12.6	12	11.1	11.9	11.8	10.5	9.3	14.9	19.4	16.9	17.6	7.8	11.1
6	15 Rochdale Road, Singapore, 538829	13.9	11.1	11.3	9.2	10.6	19	0	9.8	1.6	19	12.4	13.5	9.2	15.2	18.9	10	16.5	8.3	15.8	20.6	12	3.5	7.2	4.7	5.4	12.1	12.2
7	15 Sing Lee Walk, Singapore, 217826	6.2	6.9	2.9	1.6	2.6	11.2	9.8	0	9.8	7.5	7.9	9.9	3.7	14.2	10.4	2.3	5.6	0.75	7.7	15.3	5	4.7	9.3	5.3	5.8	7.9	16
8	17 Pillar Rd, Singapore, 535908	13.3	10.6	10.8	8.8	10.1	18.5	1.6	9.8	0	19.7	10.8	14.2	9.9	16	18.3	9.5	16	6.5	14.8	20.1	11.5	3	6.7	4.2	5	11.6	21.7
9	12 Indus Rd, Singapore, 169586	2.1	8	4.5	4.1	4.6	15.8	15	7.5	13.7	0	1.3	4.3	4.2	6.1	2	8	1.9	7.9	0.95	7.1	5.7	10.6	15.1	12.5	13.3	5.2	7.6
10	21 Hoot Kiam Rd Singapore, 249403	2.3	7	3.1	4	4.4	16.2	13.4	7.9	10.8	1.3	0	5.6	2.9	6.7	2.4	8.4	0.5	7.7	1.1	7.4	4.3	11	15.5	12.9	9.1	4.4	8
11	228 Queensway, Singapore, 149056	6.1	4.9	7	9	9.4	10	13.5	9.9	14.2	4.3	5.6	0	7.2	3.3	2.9	9.8	4.5	9.7	4.9	6.2	6.9	12.7	17.2	14.7	15.4	2.1	6.8
12	272 Bukit Timah Rd, Singapore, 259708	4.7	4.9	0.85	2.8	3.2	10	9.2	3.7	9.9	4.2	2.9	7.2	0	8	5.2	4.2	3.4	3.5	4	10	2.9	6.8	11.3	8.8	9.5	5.8	10.6
13	38 Dover Road, Singapore, 138884	9.4	6.6	8.8	10.7	11.1	6.7	15.2	14.2	16	6.1	6.7	3.9	8	0	4.7	14.7	6.3	14	9.3	3.9	8.6	17.3	20.5	19.3	18.7	3.1	4.6
14	383 Tanglin Rd, Singapore, 247866	4.4	7.5	5.4	6.7	6.1	12.6	18.8	10.4	18.3	2	3.4	2.9	5.2	4.7	0	7.9	3	7.2	3.9	6.5	5.4	10.5	14.9	12.4	13.2	4.5	7.1
15	400 Balestier Rd, Singapore, 329802	6.9	9.1	3.2	3.6	5.4	12	10	2.3	9.5	8	8.4	9.8	4.2	14.7	7.9	0	5.7	2	7.6	15.3	4.5	6.1	10.6	8.1	8.8	8	16
16	415a River Valley Road, Singapore, 248314	3.6	7.3	3.6	5.1	3.8	11.1	16.5	5.6	16	1.3	0.5	4.5	3.4	6.3	3	5.7	0	7.7	1.1	8	4.3	11	15.4	12.9	9.1	4.4	8.6
17	419 Race Course Rd, Singapore, 218666	6.2	8.2	2.8	1.7	3.3	11.9	8.3	0.75	6.5	7.3	7.7	9.7	3.5	14	7.2	2	7.7	0	8.1	15.7	5.3	3.9	8.6	4.6	5	8.2	16.4
18	550 Havelock Rd, Singapore, 169638	2.4	8	4.2	4.7	4.2	11.8	15.3	7.7	14.8	0.95	1.1	4.9	4	9.3	3.9	7.6	1.1	8.1	0	9.9	5.5	10.4	14.9	12.3	13.1	5.6	8
19	61 Lor Serangoon, Singapore, 239174	8.9	8.6	11.7	14.1	12.7	20.5	20.6	15.9	20.1	7.1	7.4	6.2	10	3.9	6.5	15.3	8	15.7	9.9	0	11.1	17.8	19.3	19.8	19.3	6.3	1.2
20	62 Trevas Crescent, Singapore, 248063	6.8	4.3	2.2	4.7	5.6	9.8	12	5	11.5	5.7	4.9	6.9	2.9	8.6	5.4	4.5	4.3	3.9	5.5	11.1	0	10.6	15.1	12.5	13.3	3.7	10.8
21	74 Jin Gambira, Singapore, 389154	9.5	12	7.3	4.8	6	14.9	3.5	4.7	3	10.6	11	12.7	6.8	17.3	10.5	6.1	11	3.9	10.4	17.8	10.6	0	5.9	3.6	4.3	11.1	19.2
22	75 Dulu Rd, Singapore, 429237	11.1	16.4	11.7	9.6	10.2	19.4	7.2	9.3	6.7	15.1	15.5	17.2	11.3	20.5	14.9	10.6	15.4	8.6	14.9	19.3	15.1	5.9	0	2.3	1.7	16.3	20.1
23	810 Geylang Rd, Singapore, 409286	11.5	13.9	9.2	4.9	6	16.9	4.7	5.3	4.2	11.5	11.9	14.7	8.8	19.3	12.4	8.1	11.9	4.6	12.3	19.8	12.5	3.6	2.3	0	0.6	13.7	19.2
24	84 Rose Lane, Singapore, 437367	9.3	14.7	10	5.3	8.4	17.6	5.4	5.8	5	19.3	9.1	15.4	9.5	18.7	13.2	8.8	9.1	5	13.1	19.3	13.3	4.3	1.7	0.6	0	14.3	18.7
25	90 Holland Rd, Singapore, 278535	6.9	4	5.1	7.5	6.5	7.8	12.1	7.9	11.6	5.2	4.4	2.1	5.8	3.2	4.5	8	4.4	8.2	5.6	6.3	3.7	11.1	16.3	13.7	14.3	0	6.6
26	95 Pasir Panjang Hill, Singapore, 118893	10.5	9.4	12.2	15.6	13.3	11.1	22.2	16	21.7	7.6	8	6.8	10.6	4.6	7.1	16	8.6	16.4	8	1.2	10.8	19.2	20.1	19.2	18.7	6.6	0

Рисунок 1 – Матрица расстояний между объектами

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ КОЛИВИНГОВЫХ КОМПАНИЙ

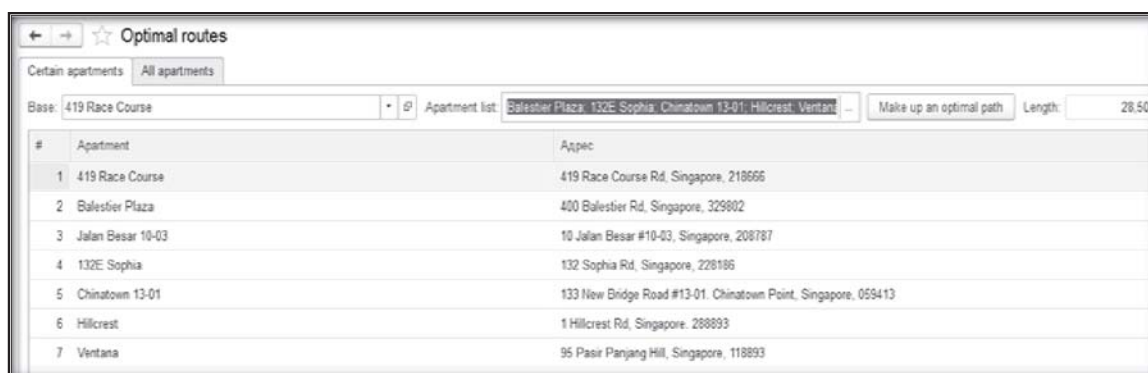


Рисунок 2 – Пример решения задачи одного коммивояжера

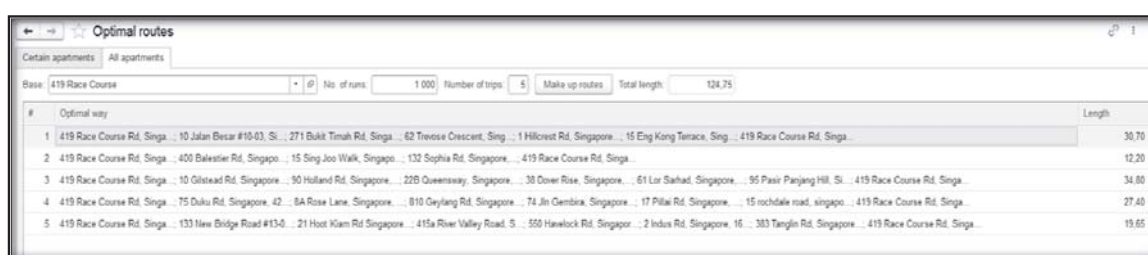


Рисунок 3 – Пример решения задачи нескольких коммивояжеров

Как и при расчете пути для нескольких точек, требуется заполнение поля «Base», в поле «Numberoftrips» указывается количество маршрутов, в поле «No.ofruns» - количество экспериментов (в примере 1000). При нажатии кнопки «Make up routes» происходит расчет оптимальных маршрутов. Сформированные маршруты, с указанием длины каждого, отражаются в табличной части, общая длина всех маршрутов - в поле «Total length». В рассмотренном примере оптимальный вариант из 1000 проведенных экспериментов, равен 124,75 км.

В процессе тестирования программы были проведены сравнения результатов в зависимости от количества маршрутов и количества экспериментов («проходов») для определения лучшего результата.

Зависимость временных характеристик работы программы приведены в таблице 2.

Зависимость степени оптимальности расчетов от количества прогонов приведены в таблице 3 для случая, когда все множество адресов необходимо разбить на 7 маршрутов (по 3-4 адреса в каждом маршруте).

В клетках таблицы отражены лучшие результаты (минимальная общая длина маршрутов) для заданного количества прогонов модели. Для количества прогонов 1, 100 и 1000 было проведено по 10 экспериментов. В случае, если использовался один прогон, результаты варьировались от 152,6 до 203,7

(вариация 51,1 км). Для случая 100 прогонов, разброс результатов (вариация) составила всего 6,85 км, при этом среднее значение более чем на 30 км меньше, чем среднее значение для случая 1 прогона, а лучшее значение на 7 км меньше. При 1000 прогонах среднее значение улучшается еще на 5 км, вариация уменьшается до 4 км, лучшее значение на 2,25 км меньше, чем для случая со 100 прогонами. Наконец, для случая 10 000 прогонов, было проведено 3 эксперимента. Лучший результат (по сравнению с 1000 прогонами) улучшился на 1 км.

Таблица 2 – Временные характеристики работы программы формирования оптимальных маршрутов

Количество маршрутов	Количество проходов при моделировании			
	1	10	100	1000
3	≈ 10 мин	≈ 100 мин	≈ 1000 мин	
4	≈ 13 сек	≈ 2,1 мин	≈ 22 мин	≈ 3,5 час
5	< 2 сек	≈ 20 сек	≈ 3 мин	≈ 30 мин
6		≈ 3 сек	≈ 30 сек	≈ 5 мин
7		≈ 1 сек	≈ 11 сек	≈ 2 мин

Таким образом, можно сделать вывод, что 1000 прогонов достаточно для получения результата, близкого к оптимальному.

В целом, использование разработанной информационной системы оптимизации транспортной логистики позволяет снизить транспортные издержки на 20-30 процентов.

Таблица 3 – Зависимость результатов от количества прогонов

№ эксперимента	Количество прогонов			
	1	100	1000	10000
1	198,1	150,25	146,35	142,8
2	188,8	149,4	144,85	142,5
3	172,8	152,6	146	143,5
4	182,4	145,75	145,8	
5	203,7	152,4	147,6	
6	190	151,45	145	
7	173,9	152,35	143,5	
8	152,6	147,55	144,7	
9	181,3	150,5	144	
10	163,5	151	146,85	
Ср.знач.	180,7	150,32	145,46	142,9
Ср.кв.	15,56	2,23	1,28	0,51
Вариа-	51,1	6,85	4,1	1,0

В клетках таблицы – лучший результат (минимальная общая длина маршрутов) для заданного количества прогонов модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колинвинг: новый формат арендной недвижимости // Partapart.ru URL: <https://partapart.ru/novosti-i-analitika/koliving-novyy-format-arendnoj-nedvizhimost>. – Текст: электронный.
2. Галяутдинов, Р.Р. Задача коммивояжера – метод ветвей и границ // Сайт преподавателя экономики. [2020]. URL: <http://galyautdinov.ru/post/zadacha-kommivoyazhera>. – Текст: электронный.
3. Блем, А.Г. Формирование состава маршрутов при решении задач оптимизации транспортной логистики/ А.Г. Блем, А.А. Веряскин, Н.Е. Макарова, Э.С. Штенгер. – Текст: непосредственный //Современные цифровые технологии: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (01 июня 2023 г.), г. Барнаул, с. 14-18.

Блем Александр Генрихович – к.э.н., доцент, доцент каф. ИСЭ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. 960-958-84-98, e-mail: alblem@mail.ru;

Веряскин Андрей Анатольевич – аспирант каф. ИСЭ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: andrew.veryaskin@mail.ru;

Макарова Наталья Евгеньевна – магистрант каф. ИСЭ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: makarovan140201@mail.ru.

УДК 004.94

СИМУЛИРОВАНИЕ КУБИТОВ В ИСХОДНОМ КОДЕ PYTHON 3

С. Ю. Тырышкин^{1, 2}

1 ООО НИИ Кибернетики Сибири,

2 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведен исходный код моделирования кубита в программном пакете Python 3 с использованием библиотеки NumPy. Рассмотрены примеры квантового измерения и визуализация квантовых взаимодействий на основе допущения об электронной модели кубита.

Ключевые слова: кубит, симулирование кубита, квантовое измерение, квантовое взаимодействие, QRNG.

Введение

На данном этапе развития научно-технического прогресса, создание больших квантовых компьютеров весьма затруднительно. Одной из ключевых проблем является поддержание изолированного состояния квантового бита (кубит). Вторая проблема – поддержание сверхнизких температур для компенсации теплового воздействия.

Альтернативным направлением созданию квантовых компьютеров является симуляция кубитов на классических вычислительных мощностях. Следует учесть, что для симулирования кубитов на классических вычислительных мощностях требуется экспоненциальный объем ресурсов.

Цель – симулирование кубитов на классических вычислительных мощностях.

Описание объекта

Важной особенностью симуляции кубита является то, что мы можем напрямую обратиться к набору данных симулятора. Данная операция с реальным кубитом невозможна, поэтому при работе с симулятором вне режима отладки запрещено обращаться непосредственно к набору данных симулятора.

Мы должны обеспечить написание квантового алгоритма на основе информации доступной в реальной квантовой системе. Положительным аспектом доступности данных симулятора является возможность использования этих данных для анализа вычислений симулированной квантовой системы.

В то время как операции с классическими битами являются логическими операциями, которые могут выполняться путем сочетания операций NOT, AND и OR, квантовые операции состоят из поворотов.

Например, если мы хотим перевести состояние кубита из $|0\rangle$ в $|1\rangle$ и наоборот, т.е. применить квантовый аналог операции NOT,

то мы поворачиваем кубит по часовой стрелке на 180° .

Важно отметить, что все квантовые операции должны быть обратимы.

Поворот исходного кубита на 90° позволяет вычислить квадратный корень из операции NOT.

Операцию поворота на 90° можно для простоты записать в тригонометрическом виде:

$$\cos(\pi/4)|0\rangle + \sin(\pi/4)|1\rangle = (|0\rangle + |1\rangle)/\sqrt{2} \quad (1)$$

Таким же образом выражены основные элементы булевой алгебры и другие простейшие классические операции [1].

Когда мы хотим получить информацию, хранящуюся в кубите, нам нужно измерить кубит. Прямое считывание информации из кубита без изменения его состояния невозможно по законам квантовой механики. Мы остановимся на рассмотрении измерения только вдоль линии между состояниями $|0\rangle$ и $|1\rangle$. В рассмотренных примерах мы будем измерять, есть ли у нас $|0\rangle$ или $|1\rangle$.

Измерение вдоль оси $|0\rangle - |1\rangle$ производим в виде измерения проекции вектора состояния на эту ось. Процесс измерения показан на рисунке 1.

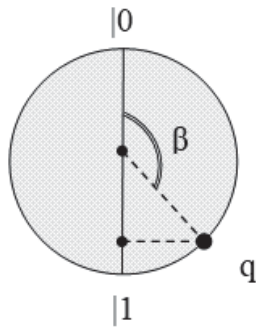


Рисунок 1 – Визуализация квантового измерения кубита

Макет квантового симулятора и метода его написания

Важной особенностью квантового симулятора является создание защищенного канала передачи данных. Для реализации надежного защищенного канала передачи данных нам потребуется алгоритм шифрования, обеспеченный генератором случайных чисел.

Создадим генератор случайных чисел с помощью кубитов, который обозначим QRNG. Чтобы сделать QRNG-генератор, мы будем симулировать кубиты классическими битами. Случайные числа, которые генерирует такой генератор, безопасны, если цифровое устройство, на котором они сгенерированы, имеет надежную защиту от несанкционированного доступа. Такой подход позволяет понять основные принципы работы кубитов.

Ниже приведен пример использования случайной последовательности для шифрования сообщений.

Открытый текст															
0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1			
Секрет															
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1			
Зашифрованный текст															
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0

Рисунок 2 – Пример случайной последовательности

Пример кода представления кубитов в исходном коде с помощью NumPy:

Пример 1

```
>>> import numpy as np
>>> ket0 = np.array(
...     [[1], [0]]
... )
>>> ket0
Array([[1],
       [0]])
>>> ket1 = np.array(
...     [[0], [1]]
```

...)

Необходимо учитывать, что все симулированные кубиты представлены матрицами и все вычисления и преобразования симулированных кубитов – это операции с матрицами.

Процедура симулирования операций с кубитами чаще всего представлено умножением матрицы на матрицу, либо умножением матрицы на вектор. В качестве матрицы представляется любая линейная функция, в качестве вектора – входные данные функции, которые собственно и являются начальным состоянием кубита. Рассмотрим пример умножения матрицы X [[0, 1], [1, 0]] на вектор \vec{y} [[2], [3]], используя пакет NumPy $X \vec{y}$:

```
def matmul (A, B):
    n_rows_A = len(A)
    n_cols_A = len(A[0])
    n_rows_B = len(B)
    n_cols_B = len(B[0])
    assert n_cols_A == n_rows_B
    return [
        [
            sum(
                A[idx_row][idx_inner]*B[idx_inner][idx_col]
                for idx_inner in range(n_cols_A)
            )
            for idx_col in range(n_cols_B)
        ]
        for idx_row in range(n_rows_A)
    ]

import numpy as np
X = np.array([[0+0j, 1+0j], [1+0j, 0+0j]])
Z = np.array([[1+0j, 0+0j], [0+0j, -1+0j]])
matmul(X, Z)
```

В приведенном примере так же выполняется проверка соответствия размерностей перемножаемых матриц.

Продолжая код, показанный в Примере 1,

опишем операцию поворота на $\pi/2$:

Пример 2

```
>>> ket_plus = (ket0 + ket1) / np.sqrt(2)
>>> ket_plus
Array([[0.70710678+0.j],
       [0.70710678+0.j]])
```

Продемонстрируем одну из простейших операций над кубитами – операцию Адамара:

Пример 3

```
>>> H = np.array([[1, 1], [1, -1]]) / np.sqrt(2)
>>> H @ ket0
array([[0.70710678],
       [0.70710678]])
>>> H @ ket1
array([[0.70710678],
       [-0.70710678]])
```

В *Примере 3* мы определяем переменную N для хранения матричного представления операции Адамара.

Для преобразования кубита $|0\rangle$ в кубит $|1\rangle$ и наоборот нам понадобится описать операцию NOT, что соответствует операции поворота на 180° . Опишем указанную операцию ниже:

Пример 4

```
>>> X = np.array([[0, 1], [1, 0]])
>>> X @ ket0
array([[0],
       [1]])
>>> (X @ ket0 == ket1).all()
True
>>> X @ N @ ket0
array([[0.70710678],
       [0.70710678]])
```

Мы определили переменную X для хранения матричного представления операции NOT.

Обобщая все вышесказанное, можем написать простейшую программу квантового генератора случайных чисел (QRNG) на симулированном кубите:

Пример 5

```
def qrng():
    q = Qubit()
    H(q)
    return measure(q)
```

В приведенном примере показана простейшая квантовая программа генератора случайных чисел, которая состоит из трех шагов:

1. Подготовить кубит в состоянии $|0\rangle$.
2. Применить к этому кубиту операцию Адамара.
3. Измерить полученный кубит, чтобы получить результат 0 либо 1 с вероятностью 50% / 50%.

Выводы

Для симулирования квантовых вычислений нам понадобилось:

1. Определить кубит.
2. Определить основные операции с кубитом и описать их в программном пакете Python 3 с использованием библиотеки NumPy.

В качестве примера приведен программный код генератора случайных чисел на симулированном кубите.

Дальнейшее развитие квантовых симуляций позволяет более детально изучить взаимодействие квантовых систем с высокой степенью точности без использования квантовых систем непосредственно, что существенно удешевляет процесс изучения квантовых вычислений и повышает их доступность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзунов, С.В. Квантовые вычисления: пер. с англ. / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. – Текст: непосредственный // СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 144 с.
2. Кнут, Д.Э. Искусство программирования / Д.Э. Кнут. – Текст: непосредственный // Москва: Вильямс, 2018. – Т.3. Сортировка и поиск. – 832 с.
3. Копытин, И.В. Квантовая теория : курс лекций / И.В. Копытин, А.С. Корнев, Н.Л. Манаков, М.В. Фролов. – Текст: непосредственный // Москва, Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 262 с.
4. Борзунов, С.В. Алгебра и геометрия с примерами на Python / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. – Текст: непосредственный // Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 444 с.
5. Валиев, К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления / К.А. Валиев. –Текст: непосредственный. // Успехи физических наук, 2005. Т. 175. №1. – С. 3-39.
6. Запругаев, С.А. Введение в квантовые информационные системы: учебное пособие / С.А. Запругаев. – Текст: непосредственный // Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. – 219 с. – (Серия: Учебник Воронежского государственного университета).
7. Billig, Y. Quantum Computing for High School Students / Y.Billig. – 2018. – 134 p.
8. Kurgalin, S.D. The Discrete Math Workbook: A Companion Manual Using Python / S.D. Kurgalin, S.V. Borzunov. – Second edition. – Cham: Springer International Publishing, 2020. – xii, 500 p. – (Series: Texts in Computer Science).

Тырышкин Сергей Юрьевич – к.т.н., доцент каф. ИВТиИБ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», директор ООО НИИ Кибернетики Сибири, тел: 8 (3852) 290718, e-mail: service.vip-spe@yandex.ru.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ КОМАНДИРОВОЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ФИЛИАЛОВ КОМПАНИИ

А. Д. Астафьев, О. Е. Хорунжева

Российский биотехнологический университет,
г. Москва

В статье рассматривается разработка и внедрение автоматизированного модуля для управления командировками в рамках корпоративной информационной системы предприятия. Описывается алгоритм оформления, согласования и оценки командировки сотрудника с использованием клиент-серверной архитектуры с тремя уровнями. Данный модуль упрощает процесс управления командировками, улучшает контроль и повышает эффективность работы с кадровыми ресурсами.

Ключевые слова: автоматизация процесса, командировочное направление, сервер, оценка результата, данные, виза, регламент, контрольный срок, отчёт, филиал, архив, куратор филиала, директор филиала, маршрут.

Введение

Корпоративные информационные системы играют важную роль в управлении бизнес-процессами. Они предоставляют сотрудникам мощные инструменты для работы и помогают автоматизировать множество повседневных задач. Модуль командировочных направлений, далее МКН, является одним из таких инструментов, который упрощает и структурирует процесс организации и управления командировками внутри предприятия.

МКН играет важную роль в организации командировок сотрудников, позволяя им создавать и управлять карточками командировочных направлений с помощью удобного интерфейса. Кроме того, МКН автоматизирует процесс маршрутизации и визирования, обеспечивая эффективное согласование с руководителями и другими заинтересованными лицами [1].

Сотруднику потребуется указать все необходимые данные, такие как цель командировки, длительность, место пребывания и т.д. Это помогает создать централизованную базу данных, где информация о каждой командировке доступна для просмотра и контроля.

Однако, само по себе создание карточки командировочного направления не является конечной целью процесса. МКН также осуществляет автоматизацию маршрута визирования. Это означает, что после создания карточки, она проходит через процесс согласования с руководителем и другими заинтересованными лицами. Такой подход позволяет снизить время и ресурсы, затрачиваемые на организацию и визирование командировок, и

обеспечивает прозрачность и отчетность внутри системы.

Описание

Использование МКН позволяет не только управлять командировками сотрудников, но и выставлять оценки командировкам по итогам их выполнения.

Структура корпоративной информационной системы основана на клиент-серверной архитектуре с тремя уровнями: клиентская часть, серверная часть и СУБД [2]. Клиентская часть реализована в виде веб-приложения, где пользователь взаимодействует с системой с помощью браузера. Серверная часть обрабатывает запросы пользователей, предоставляет доступ к данным в БД и формирует HTML-представление для отображения на клиентской части. И наконец, СУБД используется для хранения и управления данными.

В качестве среды разработки серверной и клиентской части МКН используется Microsoft Visual Studio 2019/2022. Также эта среда используется для отладки кода серверной части, проверки кода, сравнений версий [3-4].

Для работы с БД используются инструменты продукта Microsoft SQL Server 2019. Для администрирования и разработки БД, новых структур таблиц, процедур модификации данных, используется инструмент среды SQL Server Management Studio, а для отладки запросов к БД, поступающих от серверной части программы используется инструмент среды SQL Server Profiler [5]. Также для сравнения изменений версий скриптов как кода серверной части, так и SQL скриптов, исполь-

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ КОМАНДИРОВОЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ФИЛИАЛОВ КОМПАНИИ

зуется редактор Notepad++ с плагином для сравнения версий ComparePlugin.

Перед публикацией на рабочий сервер, все изменения разработчиков выкладываются в единой распределенной системе управления версиями GIT. С установленной графической оболочкой GitExtensions, для более удобной и интуитивно понятной работы с GIT.

Процесс оформления командировки сотрудниками предприятия осуществляется по следующему алгоритму (рисунок 1).

Сотрудник создает командировочное направление и заполняет все необходимые данные. Эти данные включают информацию о целях командировки, месте пребывания, датах и прочие необходимые сведения о предполагаемом командировочном мероприятии. Также возможно внесение информации о предполагаемых расходах на командировку, таких как транспортные расходы или проживание.

Когда сотрудник заполнил все необходимые данные, командировочное направление отправляется на согласование. На этом этапе командировочное направление проходит через согласование от руководителя сотрудника (Директора филиала) и Куратора филиала. Каждый этап маршрута визирования служит проверкой и подтверждением соответствия командировки утвержденным бюджетным и организационным ограничениям.

Виза директора филиала необходима, потому что руководитель рассматривает командировочное направление с точки зрения общих интересов филиала и компании, а также в контексте общих стратегий, бюджетов и политик. Его виза подтверждает соблюдение процедур и правил, а также, что расходы вписываются в пределы бюджета.

Виза куратора филиала обеспечивает контроль и согласованность принятых решений. Куратор филиала является представителем уровня руководства над директором филиала и может иметь более общий обзор на деятельность филиала. Виза куратора подтверждает, что предложенная командировка соответствует стратегии и целям филиала, а также согласована с руководством на более высоком уровне.

Если командировочное направление прошло все этапы визирования, оно переходит к выполнению самой командировки. По возвращении из командировки сотрудник составляет отчет о проделанной работе, расходах и достигнутых результатах и отправляет его директору филиала.

Директор филиала утверждает или отклоняет отчет и проставляет оценку по результатам командировки. Всего есть три типа оценки командировки:

– оценка "Эффективная" указывает на успешное достижение целей командировки и выполнение задач, связанных с продажами, дегустацией, презентацией, выработкой или апробацией. Эта оценка подчеркивает, что командировка была полезной и важной для развития предприятия;

– оценка "Неэффективная" используется, когда цели командировки не были достигнуты или сотрудник не справился с возложенными на него обязанностями. Такая оценка помогает выявить причины неудачи и предоставляет обратную связь, необходимую для улучшения планирования и выполнения будущих командировок;

– оценка "Эффективная" с признаком 'Контроль проработки'. При выборе этой оценки директор филиала выбирает дату, до которой необходимо предоставить отчет. Эта оценка необходима в том случае, когда результаты или влияние командировки не могут быть непосредственно оценены сразу после ее завершения. Такой подход дает сотруднику возможность продемонстрировать полезность своей работы и предоставить результаты своей деятельности, которые могут быть затруднительными или требующими дополнительного времени для получения, например, когда клиенту были переданы образцы продукции для тестирования.

После утверждения и проставления оценки командировке, отчет отправляется на проверку куратору филиала. Это необходимо по следующим причинам:

– контроль и подтверждение выполнения поставленных задач во время командировки. Куратор филиала проверяет, насколько эффективно и успешно сотрудник выполнил поставленные перед ним задачи;

– проверка объективности и прозрачности проставления оценки директором филиала;

– предоставление обратной связи по выполнению задач и возможности улучшения результатов.

Если куратор филиала не согласен с предоставленным отчетом, то он отклоняет его. После чего сотруднику, который был в командировке, необходимо представить новый отчет с замечаниями от куратора филиала.

Если куратор филиала утвердил отчет, в зависимости от оценки командировки, происходит следующее:

- оценка командировки “Эффективная”. После утверждения отчёта куратором филиала командировка считается завершенной;
- оценка командировки “Эффективная с признаком “Контроль проработки”. После

утверждения отчёта куратором филиала сотруднику, который был в командировке, приходит письмо на почту за 5 дней до даты “Контрольного срока”, который проставил директор филиала. После этого у сотрудника появляется возможность представить отчет с результатами, полученными от клиента.

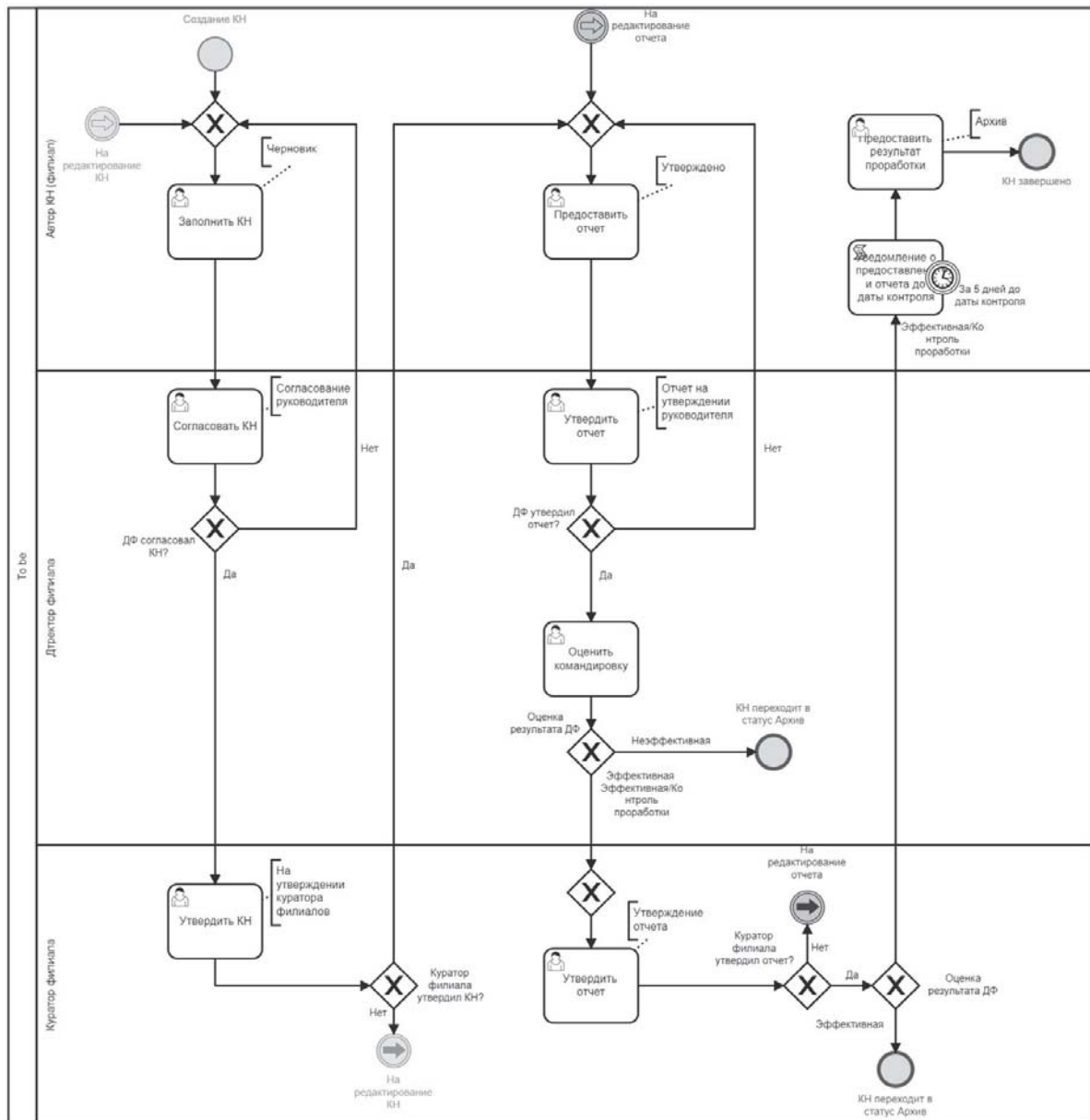


Рисунок 1 – Маршрут визирования командировочного направления

Обсуждение и выводы

В данной статье рассмотрена реализация алгоритма модуля командировочных направлений, основанного на клиент-серверной архитектуре. Разработаны критерии оценивания командировки, позволяющие

обеспечить более точную оценку и контроль командировок. Кроме того, внедрение возможности предоставления результатов и отчетов о проделанной работе после командировки позволяет более полно оценить вклад

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ КОМАНДИРОВОЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ФИЛИАЛОВ КОМПАНИИ

сотрудника и эффективность его деятельности.

МКН способствует повышению эффективности бизнес-процессов внутри предприятия. Это оптимизирует процесс организации и управления командировками, способствуя развитию организации и достижению поставленных целей.

В дальнейшем, МКН может быть доработан и расширен в соответствии с нуждами и требованиями организации, включая добавление новых функциональных возможностей, оптимизацию производительности и внедрение новых технологий, чтобы достичь еще более высокого уровня эффективности и качества работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белугина, С.В. Архитектура компьютерных систем. Курс лекций. Учебное пособие / С.В. Белугина. – Текст: непосредственный // Москва: Лань, 2020. – 160 с.

2. Федорова, Г.Н. Разработка модулей программного обеспечения для компьютерных систем / Г.Н. Федорова. – Текст: непосредственный // Москва: Академия, 2018. – 384 с.

3. Вейцман, В.М. Проектирование информационных систем / В.М. Вейцман. – Текст: непосредственный // Москва: Издательство Лань, 2022. – 316 с.

4. Рочев, К.В. Информационные технологии. Анализ и проектирование информационных систем / К.В. Рочев. – Текст: непосредственный // учебное пособие для вузов. – Электронное издание: Лань, 2022. – 128 с.

5. Соснин, П.И. Архитектурное моделирование автоматизированных систем / П.И. Соснин. – Текст: непосредственный // Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2021. – 180 с. – ISBN 978-5-8114-6975-8.

Астафьев Артем Дмитриевич – магистрант каф. автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», тел: 8 9206904909, e-mail: astafev3228@mail.ru.

Хорунжева Ольга Евгеньевна – к.т.н., доцент каф. автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», тел: 89261116164, e-mail: KHorunzhevaOE@tgupp.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОГО СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

О. В. Руденко¹, Е. С. Анищенко¹, Н. Н. Авакимян²

1 Кубанский государственный университет,

2 Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар

В статье проведен сравнительный анализ методов ускорения кодирования фрактального сжатия изображений с использованием самоорганизующихся карт Кохонена и метода, основанного на модифицированном генетическом алгоритме. Оба алгоритма показали полную работоспособность и примерно одинаковые ошибки кодирования, однако время кодирования модифицированного генетического алгоритма во много раз превышает время кодирования с использованием самоорганизующихся карт.

Ключевые слова: фрактальное кодирование, нейронная сеть, изображения, сжатие, генетический алгоритм.

Введение

Вопрос качества и скорости передачи информации крайне актуален в наше время, поскольку каждый день мы получаем и отправляем гигабайты информации. Поэтому большой интерес представляют собой алгоритмы сжатия данных, представляющих изображения. Эффективное сжатие данных играет ключевую роль в повышении скорости передачи информации. Методы фрактального кодирования показывают лучшие показатели при сжатии реальных фотографий природных объектов, так как в их основе лежит обнаружение самоподобных участков в изображении. Алгоритмы такого кодирования обладают привлекательной возможностью масштабирования изображений при их восстановлении [1].

Фрактальное сжатие данных основано на использовании коэффициентов итерируемой функции (трехмерных аффинных преобразований), с помощью которых изображения переводятся в более компактную форму. Чтобы это сделать, необходимо найти сжимающие преобразования, которые отображают доменные перекрывающиеся блоки во множество ранговых блоков, покрывающих все изображение. Одной из главных проблем такого сжатия является то, что для выбора подходящего рангового блока требуется иметь континуум размеров и положений доменных блоков. Поскольку в процессе перебора при каждой итерации будут сравниваться два больших массива, такая операция займет длительное время [2].

Одним из способов ускорения сопоставлений блоков является классификация доменных и ранговых областей, в которой доменно-ранговые сопоставления выполняются только с доменами, которые принадлежат классу подобия выбранной ранговой области. Для сжатия выполняется формирование списка доменных блоков, которые являются множеством перекрывающихся подизображений, и формирование неперекрывающихся ранговых блоков. Ранговым блокам назначается наиболее подходящий доменный блок и применяется аффинное преобразование, которое переводит домен в ранговый блок. Для нахождения оптимального соответствия необходим полный перебор всех доменных блоков, что занимает много ресурсов как вычислительных, так и временных. Зато восстановление изображения не составляет столько проблем и является достаточно быстрым [3,4].

Методы исследования

Проведем исследования в области фрактального сжатия в направлении сокращения времени кодирования. Для этого сравним метод ускорения с использованием самоорганизующихся карт Кохонена и метод, основанный на модифицированном генетическом алгоритме.

Первым рассмотрим метод ускорения с использованием карт Кохонена [5]. Здесь ускорение компрессии будет реализовано за счет классификации блоков. Для классификации доменных блоков необходимо использовать характеристики, неизменные по отношению к применяемым аффинным преобразованиям,

среди которых будет среднеквадратическое отклонение пиксельных значений в блоке, асимметрия, межпиксельная контрастность, коэффициент бета, который показывает отличие значения пиксела от центра блока, и максимальный градиент. По векторам характеристик будет определяться принадлежность блока к классу. Каждый узел-класс решетки в картах Кохонена имеет весовой вектор и соответствующее множество доменных блоков с векторами наиболее близкими к вектору узла.

После распределения всех доменных блоков по классам проведем классификацию ранговых блоков по тому же принципу. Теперь можно сузить поиск соответствующего домена для ранга, так как наиболее близкими для него будут домены из его класса. Тогда реализуем поиск среди множества доменных блоков класса, к которому отнесли ранг. Благодаря классификации можно будет избаться от главной проблемы алгоритма фрактального сжатия – полного перебора данных.

Второй метод будет базироваться на генетическом алгоритме, основанном на эволюционных процессах [6]. Поиск решения происходит на подмножестве точек пространства поиска, то есть генерируется множество потенциальных решений, которое формирует популяцию. Популяция совершенствуется благодаря операторам изменчивости и фитнес-функции, моделирующей естественный отбор. Используется и наследственность в формировании новых хромосом из предыдущего поколения. Потенциальные решения представим в виде генов, соединенных в простые структуры – хромосомы. В модифицированном алгоритме хромосомами будут являться домены. Хромосома состоит из координат доменного блока и случайного аффинного преобразования.

Для улучшения разнообразия в популяции был применен модифицированный оператор выбора родителей на основе турнирной селекции. В турнирной селекции случайно выбираются несколько индивидуумов из популяции, и из них выбираются два с наилучшей приспособленностью для скрещивания. Таким образом, даже менее приспособленные особи имеют шанс быть выбранными, что способствует увеличению разнообразия в популяции.

При выполнении модифицированного оператора кроссинговера случайным образом выбирается характеристика домена, и у родителей, у которых эта характеристика различается, она меняется местами. При перестанов-

ке характеристики местами, потомки получают комбинацию генетических свойств от обоих родителей, что способствует разнообразию и появлению новых комбинаций в популяции.

Оператор мутации случайным образом изменяет гены хромосом в соответствии с вероятностью мутации. Гены (X_{Dom} , Y_{Dom} , W_i) изменяются случайным образом сгенерированными значениями, соответственно, через интервалы $[0, L]$, $[0, W]$ и $[0, 7]$, где L , W – длина и ширина изображения соответственно.

В качестве фитнес функции будет использована функция $RMSE$ (корень из среднеквадратичной ошибки (Root Mean Squared Error)):

$$RMSE = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^W (d_{ij} * s - r_{ij} + o)^2 \quad (1)$$

где L , W – длина и ширина изображения соответственно,

d и r – доменный и ранговый блоки,

s – контрастность,

o – яркость.

Данный метод решает проблему полного перебора, однако так же требует больших затрат ресурсов из-за необходимости генерации достаточно большого количества популяций для нахождения оптимальных соответствий блоков.

Результаты

Рассмотрим результаты кодирования изображений с помощью модифицированного генетического алгоритма. Было выбрано два изображения с различными параметрами сжатия (таблица 1).

На рисунке 1 приведены результаты декодирования изображения «Обезьяна», параметры которого приведены во второй строке таблицы 1. Первое число над изображением соответствует номеру итерации, второе ошибки декодирования, вычисленной по формуле (1), и переведённой в проценты.

В результате работы алгоритма на первой итерации декодирования ошибка изображения была наименьшая, на следующих итерациях при декодировании ошибка выросла.

На рисунке 2 приведена работа алгоритма для изображения «Лена», параметры которого соответствуют 4 строке таблицы 1. Для этого изображения процент ошибки декодирования уменьшается с каждой итерацией.

Таблица 1 – Пример входных данных и соответствующее им время кодирования

№	Изображение	Разрешение изображения	Размер доменных блоков	Начальный размер ранговых блоков	Шаг	Время кодирования, с	Допуск для весовых векторов
1	Обезьяна	256×256	32	16	8	154.4	0.1
2	Обезьяна	256×256	32	16	16	142.03	0.1
3	Обезьяна	256×256	32	16	16	105.96	0.2
4	Лена	512×512	128	64	16	445.21	0.2
5	Лена	512×512	64	32	32	1062.91	0.1

Таблица 2 – Пример входных данных и соответствующее им время кодирования для сжатия с использованием карт Кохонена

№	Изображение	Разрешение изображения	Размер доменных блоков	Размер ранговых блоков	Шаг	Время кодирования, с	Допуск для весовых векторов
1	Обезьяна	512×512	32	8	16	28.83	0.2
2	Енот	512×512	32	8	16	20.85	0.2
3	Енот	512×512	64	16	32	6.9	0.2
4	Капибара	1024×1024	64	16	32	60.53	0.3
5	Капибара	1024×1024	64	32	32	54.54	0.3

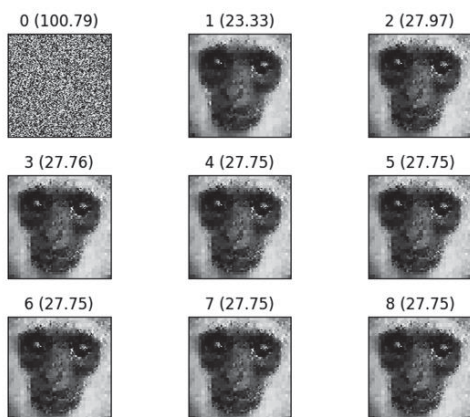


Рисунок 1 – Изображение «Обезьяна»

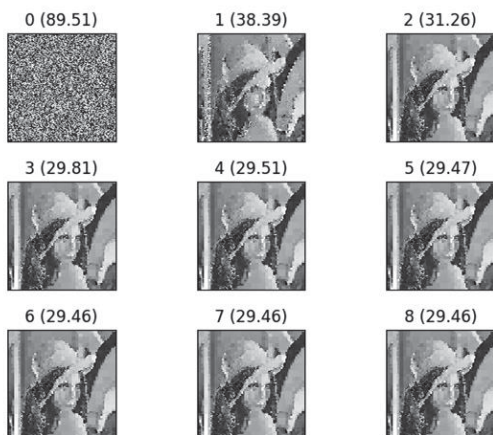


Рисунок 2 – Изображение «Лена»



Рисунок 3 – Изображение «Лена»

На рисунке 3 для изображения «Лена», параметры сжатия которого на 5 строке таблицы 1, снова с каждой итерацией декодирования ошибка увеличивается. Однако именно в этом эксперименте был достигнут наилучший результат кодирования по сравнению с предыдущими экспериментами. Очевидно, что небольшой процент ошибки кодирования обусловлен небольшой допустимой ошибкой. Время кодирования здесь достигает тысячи секунд, что говорит о том, что данный способ сжатия не эффективен в условиях ограниченного времени.

Рассмотрим работу алгоритма фрактального сжатия изображений с использованием карт Кохонена. Для исследования были выбраны три изображения с различными параметрами сжатия (таблица 2).

По значениям столбца «*Время кодирования*» из таблицы 2 сразу можно сделать вывод, что использование карт Кохонена сильно сокращает время сжатия изображения, что стало проблемой в методе с модифицированным генетическим алгоритмом.

На рисунке 4 для изображения «Енот», с параметрами сжатия из 3 столбца таблицы 2, можно заметить, что, если увеличить размер доменного блока и тем самым уменьшить количество доменных блоков, время кодирования сильно уменьшается, однако декодированное изображение, как следствие, имеет большую ошибку.

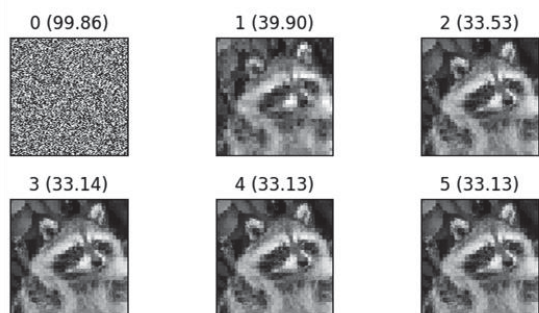


Рисунок 4 – Изображение «Енот»

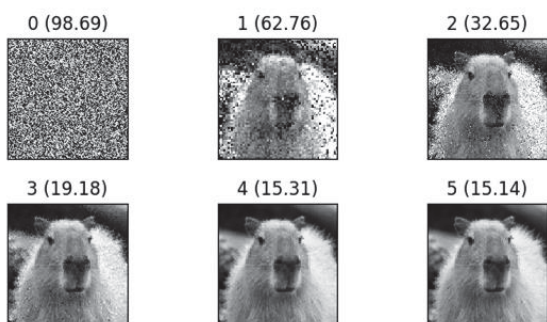


Рисунок 5 – Изображение «Капибара»

На рисунке 5 приведены результаты работы алгоритма для изображения «Капибара», параметры которого расположены в строке 4 таблицы 2. В результате работы алгоритма при взятии изображения большей размерности время кодирования сильно увеличивается. Однако в этом случае мы получаем довольно хороший результат декодированного изображения.

Выводы

В результате работы двух алгоритмов фрактального сжатия на нескольких изображениях с различными размерами и параметрами сжатия, были получены следующие результаты.

В работе метода сжатия с использованием модифицированного генетического алгоритма время кодирования изображений было достаточно велико по сравнению с фрактальным сжатием с помощью самоорганизующихся карт Кохонена. В тестировании с использованием нейронной сети время кодирования для изображений размерностью 512×512 пикселей было всегда меньше минуты, не говоря уже об изображениях меньшей размерности.

Ошибка в обоих методах получается примерно одинаковой, однако карты Кохонена дают возможность подобрать оптимальные параметры для сжатия, так как это не сильно отразится на времени сжатия. Генетический алгоритм ограничивает нас в этом отношении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уэлстид, С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособие / С. Уэлстид. – Москва: Издательство Триумф, 2003. – 320 с.: ил. – ISBN 5–89392–079–1. – Текст: непосредственный.
2. Ватолин, Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – Текст: непосредственный // М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2003. – 384 с. – ISBN 5–86404–170–х.
3. Медведев, М.В. Ускорение поиска блоков изображения при фрактальном сжатии на основе вейвлет-преобразования / Р.Н. Гайнуллин, М.В. Медведев, М.П. Шлеймович. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 10. – С. 280–284.
4. Barnsley, M. Fractal Image Compression / M. Barnsley, L. Hurd // AK Peters, Wellesley, 1993
5. Kohonen, T. Self-Organizing Maps, Berlin – New York: Springer Verlag. Third extended edition 2001.
6. Курейчик, В.М. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – Текст: непосредственный // М.: ФИЗМАЛИТ, 2006. – 320 с. – ISBN 5-9221-0510-8.

Руденко Ольга Валентиновна – к.т.н, КубГУ, тел. 8-903-450-6544, e-mail: olga_ned@mail.ru

Авакимян Наталья Николаевна – к.ф.-м.н., доцент, КубГАУ, тел. 8-918-328-5920, e-mail: avnatali@mail.ru

Анищенко Екатерина Сергеевна – студентка каф. ВТ КубГУ, тел. 8 962 1288282, e-mail: katya.anishenko24@gmail.com.

ОБЗОР МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Е. С. Жердев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье представлен обзор способов получения хаотических сигналов. Рассматриваются методы генерации хаоса в цифровых и динамических системах. Анализируются характеристики хаоса, такие как чувствительность к начальным условиям и представление хаотических сигналов в шифровании данных и других областях. Обзор подчеркивает важность хаоса в современных науках и технологиях. Автором были выявлены особенности представленных методов обнаружения хаотических сигналов.

Ключевые слова: хаотический сигнал, начальные условия, корреляция, синхронизация сигнала, аттрактор.

Введение

Хаотический сигнал представляет собой сигнал, который проявляет хаотическое поведение во времени. Хаос здесь означает высокую чувствительность к начальным условиям и сложную, априори непредсказуемую динамику. Хаотические сигналы часто обладают широким спектром частот, случайными флуктуациями и структурой, напоминающей случайный шум.

Хаотические сигналы имеют множество применений, включая криптографию, случайную генерацию чисел, обработку сигналов и другие области. Их особенность заключается в способности обеспечивать высокую степень случайности и непредсказуемости, что может быть полезным в различных инженерных и научных задачах [1].

Для создания хаотических сигналов в системах уравнений третьего порядка, следует учитывать определенные требования и особенности:

1) Третий порядок системы. Уравнение должно быть третьего порядка, чтобы обеспечить достаточно сложную динамику и возможность возникновения хаоса.

2) Нелинейность. Система должна содержать нелинейные элементы или функции,

чтобы нелинейные эффекты могли стать источником хаоса.

3) Неустойчивость. Наличие хотя бы одной неустойчивой точки равновесия. Примером такой системы может быть генератор Тамашевичуса, система которого описана уравнением (1) в безразмерном виде:

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = x + ay - z \\ \varepsilon \dot{z} = y - b((\exp(z) - 1)) \end{cases}, \quad (1)$$

где x, y, z – безразмерные динамические переменные и их производные;
 a, b, ε – постоянные коэффициенты системы, бифуркационные параметры;
 $\exp(z)$ – функция экспоненты, показательная функция [1].

Результаты исследования

Чтобы легко обнаружить случайный сигнал, применяются следующие методы:

1) Синхронизация генератора хаоса.

Метод заключается в обнаружении и анализе хаотических сигналов, который основан на идее управления и сопоставления двух хаотических систем.

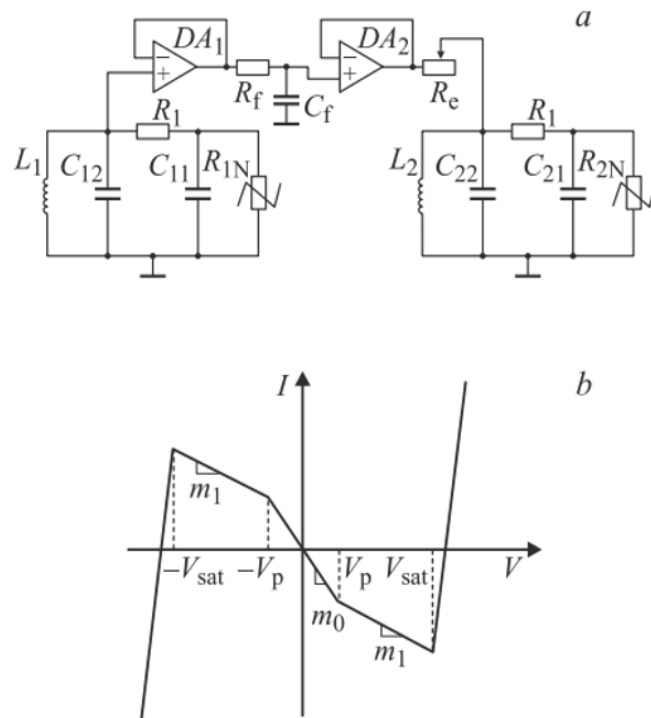


Рисунок 1 – Принципиальная схема двух генераторов Чуа, однонаправленно связанных через фильтр низких частот первого порядка (а). Вольт-амперная характеристика нелинейных элементов (б) [2]

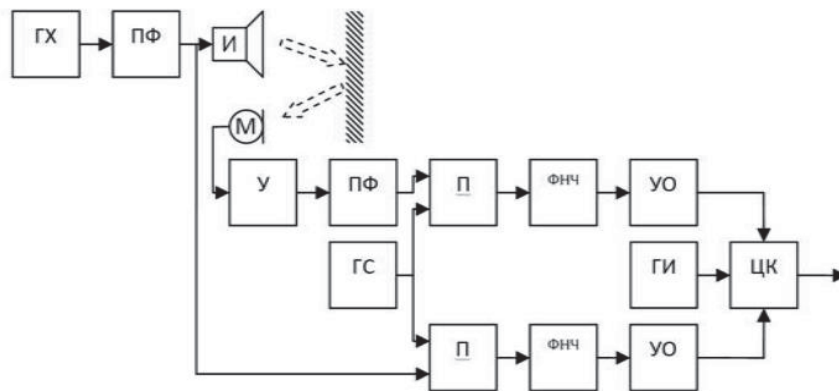


Рисунок 2 – Структурная схема датчика измерения радарного типа [3]

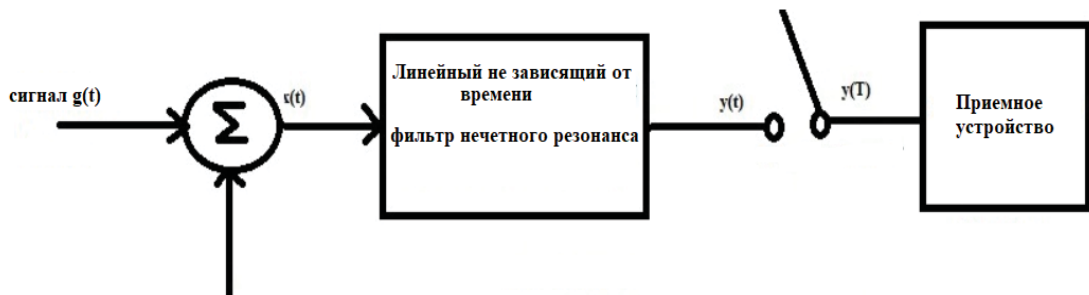


Рисунок 3 – Структурная схема согласованной фильтрации

2) Корреляционный анализ.

Метод заключается в измерении показателя взаимности между несколькими или более переменными с использованием статистических вычислений. Применяя коэффициенты корреляции, он позволяет определить, насколько изменения в одной переменной связаны с изменениями в другой переменной. В результате можно выявить наличие зависимостей, силу и направление этих связей, что помогает в анализе данных и выявлении паттернов. Пример реализации такого метода, представлен на рисунке 3 [3].

3) Согласованная фильтрация.

Метод согласованной фильтрации заключается в использовании фильтра, спроектированного таким образом, чтобы подавить или усилить определенные частоты или компоненты сигнала. Этот фильтр настраивается так, чтобы лучше соответствовать определенным требованиям или характеристикам сигнала, обеспечивая более эффективную обработку и анализ данных. Пример структурной схемы согласованной фильтрации представлен на рисунке 4 [4].

Выводы

Представленные методы обнаружения хаотических сигналов могут быть использованы в различных областях исследований, связанных с динамическими системами и анализом сигналов.

Кроме того, данные методы обладают особенностями в области применения.

1) Метод синхронизации генератора хаоса позволяет создавать контролируемый хаотический сигнал, что может быть полезно в различных приложениях, включая криптографию и безопасную передачу данных. Метод может быть применен для синхронизации систем с разными параметрами.

2) Метод корреляционного анализа широко используется для анализа связей между переменными в статистических данных.

3) Метод согласованной фильтрации позволяет подавлять или усиливать определенные компоненты сигнала, что может быть полезно для улучшения качества сигналов и анализа его свойств. Фильтры настраиваются на конкретные требования и характеристики сигнала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патрушев, Е.М. Разработка ультразвукового генератора случайных сигналов / Е.М. Патрушев, Е.С. Жердев. – Текст: непосредственный // Современные цифровые технологии: Материалы I Всероссийской научно – практической конференции. – Барнаул, 2021. – С.184 – 187.

2. Прохоров, А.А. Синхронизация хаоса с учетом искажений сигнала в канале связи: эксперимент и численное моделирование / А.А. Прохоров, Е.С. Мчедлова. – Текст: непосредственный // Журнал технической физики. – Саратов, 2008. – С. 77 – 84.

3. Патрушев, Е.М. К вопросу о разработке радарных датчиков расстояния на основе хаотических генераторов / Е.М. Патрушев, И.В. Колосов. – Текст: непосредственный // Ползуновский альманах. – 2021. – №4. – С.28-32.

4. Чернышев, С.Л. Применение согласованной фильтрации для обработки сверхширокополосных сигналов / С.Л. Чернышев. – Текст: непосредственный // Машиностроение и компьютерные технологии, 2013. – С.315 – 324.

Жердев Евгений Сергеевич – магистрант, каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(961)9768641, e-mail: zheny.zherdev@bk.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ НА ТОКОПРОВОДЯЩИЕ ДОРОЖКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

С. В. Умбетов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание лабораторной установки для имитации влияния морской среды на печатные платы. Представлены экспериментальные исследования проникновения коррозии в токопроводящие дорожки печатной платы лабораторных образцов. Приводятся результаты проведенных измерений, обсуждаются полученные данные.

Ключевые слова: коррозия, печатная плата, токопроводящая дорожка, изображение, гистограмма, контраст, глубина коррозии, соленая вода.

Введение

Изучение коррозии печатных плат под воздействием морской воды является важной задачей в приборостроении, особенно для разработки и производства электронных систем, которые будут использоваться в морских условиях [1].

Коррозия металлических поверхностей, включая медные проводники на печатных платах, может привести к нарушению работы электронных устройств, снижению их надежности и производительности, а также увеличению затрат на их обслуживание и ремонт. Поэтому изучение коррозии печатных плат под воздействием морской воды позволяет разработчикам и производителям электронных систем определить наиболее эффективные методы защиты от коррозии и выбрать подходящие материалы и технологии производства, которые обеспечивают высокую устойчивость к коррозии [2,3].

Кроме того, изучение коррозии печатных плат под воздействием морской воды может быть полезно для обслуживания и ремонта уже существующих электронных систем, которые используются в морских условиях. Это позволяет своевременно выявлять и устранять дефекты, вызванные коррозией, повышать надежность и производительность электронных устройств.

Как правило, в основном используют оптический метод контроля коррозии на печатных платах по фотографиям, основанный на визуальном анализе фотографий поверхности меди на печатной плате [4,5].

Для этого на поверхность меди наносят специальные реагенты, которые окрашивают окисленные участки в определенный цвет. Затем фотографируют поверхность меди при помощи микроскопа или специальной камеры

с высоким разрешением. Полученные фотографии анализируются на наличие окисленных пятен на поверхности меди. Оптическая плотность окисленных пятен может быть оценена визуально или при помощи специальных программ для обработки изображений [6].

Этот метод контроля коррозии на печатных платах имеет два недостатка. Во-первых, визуальная оценка качества токопроводящей дорожки зависит от опыта и квалификации оператора. Во-вторых, метод не позволяет получить количественную оценку об оптической плотности окисленных пятен на поверхности меди.

Под влиянием коррозии медного проводника происходит изменение его структуры и химического состава, что может привести к изменению его электрических свойств [7,8].

Коррозия ведет к образованию оксидных пленок на поверхности меди, которые уменьшают электрическую проводимость меди.

Оксидные пленки имеют гораздо большее сопротивление, чем медь, и могут замедлять передачу электрических сигналов. Кроме того, оксидные пленки могут препятствовать контакту между проводниками и другими элементами схемы, что также может привести к увеличению электрического сопротивления.

Коррозия уменьшает сечение проводника, образует поры на поверхности меди, что в конечном итоге ведет к уменьшению эффективности передачи электрических сигналов и снижению производительности медного проводника.

В рамках изучения влияния коррозии на металлы были проведены исследования зависимости изменения медианного контраста

от глубины проникновения коррозии в сталь Ст3 [9].

Данный метод может быть использован для анализа качества токопроводящих дорожек печатных плат.

Материалы и методы

Для проведения экспериментов были взяты 4 печатные платы одинакового размера и формы, а также имеющие одинаковый набор компонентов и медных проводников. Для развития коррозии на печатных платах использовался раствор поваренной соли с концентрацией 1,025 мг/мл.

В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода. Такая концентрация раствора имитировала воздействие морской воды на печатные платы. Раствор был подготовлен в соответствии с требованиями стандартов и рекомендаций для проведения подобных экспериментов [10].

Печатные платы помещали в стеклянный контейнер с раствором NaCl и выдерживали в нем 10, 20, 30 и 40 дней.

Согласно данным Росгидромета (Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), средняя температура поверхностной воды Тихого океана на границе с Россией в августе составляет 11-13° С. Поэтому температура раствора составляла 11°С.

До и после каждой декады 4 платы доставали из раствора, промывали дистиллированной водой, сушили феном, делали изображения печатных плат и измеряли сопротивление медных дорожек между контактами элементов. Далее снова погружали в солевой раствор на следующую декаду.

Изображения поверхности печатных плат получали с помощью лабораторной установки, выполненной на основе видекамеры HD David SIS. В качестве источника света использовались светодиоды MX3SWT-

A1. Подробное описание лабораторной установки приведено в статье [9].

На изображениях поверхностей печатных плат определяли контуры коррозии. Далее в этих областях вычисляли гистограммы интенсивности распределения r , g , b – компонентов и анализировали их изменения.

Сопротивление измеряли мультиметром UNI-T UT61E с погрешностью $\pm 0.8\%$

Для распознавания контура коррозии на изображении был использован следующий алгоритм:

1. Загрузка исходного изображения. Затем применялись три операции предобработки для улучшения качества изображения и упрощения дальнейшей его обработки:

- преобразование изображения в оттенки серого;

- уменьшение размера изображения для ускорения вычислений;

- применение фильтра Гаусса для удаления высокочастотного пространственного шума.

2. Обнаружение границ коррозии на полученном изображении оператором Собеля. Для этого выполнялись следующие действия:

- разделение изображения на яркостные компоненты (каналы);

- применение оператора Собеля к каждому каналу;

- объединение результатов обнаружения границ из каждого канала.

3. Пороговая фильтрация. Она необходима для определения контуров объектов на изображении. Эта процедура выполнялась путем:

- определения порогового значения яркости, которое разделяет контуры от фона на изображении;

- применения порогового значения к изображению для получения двоичного изображения, где белым цветом обозначались контуры, а черным – фон.

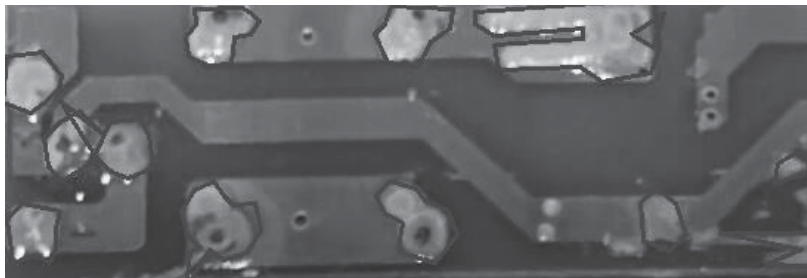


Рисунок 1 – Печатная плата с выделенными повреждёнными контактными площадками

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ НА ТОКОПРОВОДЯЩИЕ ДОРОЖКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Таблица 1 – Измеренные и вычисленные параметры печатных плат

Количество дней пребывания в солевом растворе	Сопротивление токопроводящей дорожки, Ом	Медиана г-компоненты, ед. АЦП
10 дней	0,33	45
20 дней	0,57	13
30 дней	1,6	5
40 дней	2,2	3

Результаты исследований

На полученных гистограммах распределения пикселей по яркости для различных цветных компонентов отчетливо наблюдали, что зеленый цвет (g) преобладает над синим (b) и красным (r) цветами, так как он является основным цветом маски печатной платы. Одна из полученных гистограмм приведена на рисунке 2.

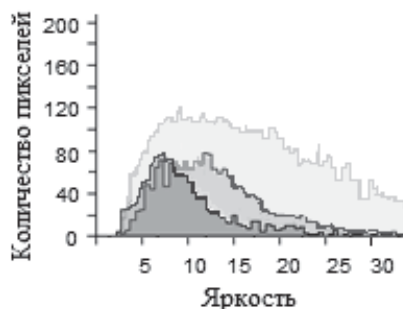


Рисунок 2 – Гистограмма распределения яркости в изображении печатной платы g, g, b – компоненты после 20-дневного ее пребывания в солевом растворе

Маска на печатной плате играет важную роль в процессе предотвращения коррозии, поскольку она защищает от коррозии те участки платы, которые должны оставаться непокрытыми медью. Маска представляет собой слой защитного материала, который наносится на поверхность платы после проведения ее металлизации.

В ходе эксперимента для каждого временного интервала производились измерения сопротивления дорожек и определение медианы в гистограмме распределения яркости для g-компоненты. Результаты исследований отражены в таблице.

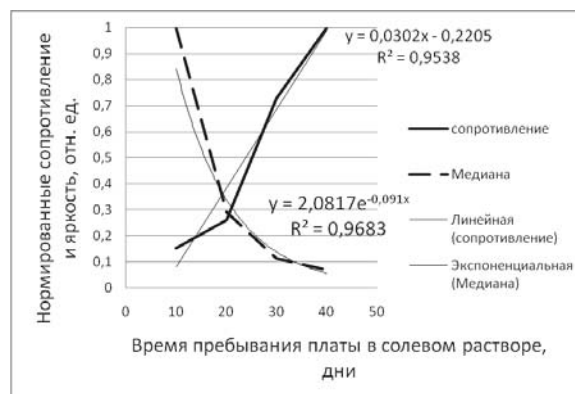


Рисунок 3 – Нормированные графики зависимости сопротивления (сплошная линия) и яркости g-компоненты в изображении печатной платы (пунктирная линия) от времени ее пребывания в солевом растворе

Обсуждение и выводы

Поскольку количество дней пребывания печатных плат в солевом растворе является общим изменяемым параметром и для электрического сопротивления, и для яркости, то возникает желание сопоставить и сравнить графики их изменений в одной системе координат. Однако напрямую такую процедуру невозможно выполнить, потому что сопротивление измеряется в Омах, а яркость – в единицах АЦП. Тем не менее, если нормировать рассматриваемые величины относительно максимальных значений, то можно отразить оба графика в одной системе координат. На рисунке 3 показаны обе зависимости после нормировки.

Как видно из графиков (рисунок 3), сопротивление имеет линейный характер возрастания от времени пребывания платы в солевом растворе. Коэффициент детерминации составляет 0,95. Значение медианы, напротив, уменьшается по закону экспоненты. Коэффициент детерминации равен 0,97.

Таким образом, признак изменения яркости, или g-компоненты в изображении печатной платы может служить критерием

изменения качества ее токопроводящих дорожек. По экспоненциальной зависимости можно вычислить непосредственное изменение сопротивлений дорожек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирдяев, М.М. Влагозащитные покрытия печатных плат / М.М. Кирдяев, И.И. Кочегаров, В.А. Трусов. – Текст: электронный // НиКа. – 2015. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vlagozaschitnye-pokrytiya-pechatnyh-plat> (дата обращения: 23.05.2023).

2. Филимонова, В.А. Защита металлов от коррозии / В.А. Филимонова, Е.О. Харчевникова. – Текст: электронный // Вологодские чтения. – 2009. – №76. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-metallov-ot-korrozii> (дата обращения: 23.08.2023).

3. Zhou, Y. Life model of the electrochemical migration failure of printed circuit boards under NaCl solution / Y. Zhou, Y. Li, Y. Chen, M. Zhu // IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, 19(4), 622–629.

4. ГОСТ 9.056-75. Единая система защиты от коррозии и старения. Термины и определения: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 27.12.90 N 3403: дата введения 1976-07-01. – Текст: непосредственный.

5. ГОСТ 9.056-75. Единая система защиты от коррозии и старения. Термины и определения: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 27.12.90 N 3403: дата введения 1976-07-01. – Текст: непосредственный.

6. ГОСТ Р 55744-2013. Платы печатные. Методы испытаний физических параметров. М.: Стандартинформ, 2014: дата введения 2014. – Текст: непосредственный.

7. ГОСТ 26251-84. Протекторы для защиты от коррозии. Термины и определения: утвержден и введен в приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 ноября 2009 г. N 519-ст Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и мет-

рологии от 27 ноября 2009 г. N 519-ст. – Текст: непосредственный.

8. Черепанов, А.П. Метод экспертных оценок численных значений коррозии и коррозионной стойкости металлов / А.П. Черепанов, П.К. Ляпустин. – Текст: непосредственный. // сборник научных трудов ангарского государственного технического университета. – 2019. – №6. – С.128-136.

9. РД 50-708-91. Руководящий документ по стандартизации инструкция платы печатные. Термины и определения: Утвержден и введен в действие постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 04.10.91 N 1595. – Текст: непосредственный.

10. РД 52.10.842-2017. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Часть I. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. Термины и определения: Утвержден и введен в действие приказом Росгидромета от 27.11.2017 г. N 595. – Текст: непосредственный.

11. Умбетов, С.В. Исследование возможности оценки глубины проникновения коррозии в металл по изображению корродированной поверхности / С.В. Умбетов, С.П. Пронин. – Текст: непосредственный // Оптический журнал. – Санкт-Петербург: Изд-во АО «НПО ГОИ им.С.И. Вавилова». – 2022. – №1. – С.63-73.

12. Khodabux, W. Profiling Corrosion Rates for Offshore Wind Turbines with Depth in the North Sea / W. Khodabux, P. Causon. – Текст: электронный // Energies, 2019. №13 (94). URL: <https://doi.org/10.3390/en13102518> (дата обращения: 23.05.2023).

13. Kourosh, E. Influence of impressed current cathodic protection (ICCP) systems on chemical characteristics of underground water / E. Kourosh, M. Banihashemi. – Текст: электронный // Water Environment Research. 2010. №1 (94). URL: <https://www.researchgate.net/journal/Water-Environment-Research-1554-7531> (дата обращения: 23.05.2023).

Умбетов Сергей Владимирович – ассистент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: eva_09@inbox.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПО ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

С. П. Пронин¹, В. В. Тимофеев², С. В. Вейбер¹

1 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,

2 Барнаульский юридический институт МВД России,
г. Барнаул

Работа посвящена исследованию качества передачи изображения в беспроводной сети. В процессе исследований задана функция оценки качества изображения, передаваемого по беспроводной сети, разработан тест-объект для количественного измерения качества начального и конечного изображений, выполнены экспериментальные исследования. Канал передачи изображений представлял систему, состоящую из смартфона, первого персонального компьютера, Интернета (почта Mail.ru), роутера, второго персонального компьютера. В практической реализации оценки качества передачи изображений использовалась частотно-контрастная характеристика. Сделан сравнительный анализ изменения контраста в зависимости от размеров чертежного шрифта.

Ключевые слова: качество передачи, интернет, изображение, частотно-контрастная характеристика, тест-объект, пространственная частота, контраст.

Введение

Передача видеоизображений посредством технологий Интернета стало обыденным явлением. Однако с появлением современных технологий возникла проблема контроля и оценки качества передачи изображений. Оценка качества передачи изображений представляет многогранную задачу. Решению этих задач посвящены многочисленные научные статьи и диссертации. Например, в диссертационной работе [1] разработана модель оценки качества передачи в IP-сетях. В основу модели положена научная идея о неравномерных потерях пакетов в каждом видеокадре.

В диссертационной работе [2] решена задача неэталонной оценки качества телевизионных изображений. В реализации своего метода оценки качества изображений автор применил алгоритм выделения признаков и алгоритм машинного обучения.

В диссертационной работе [3] представлена система конвейерного анализа видеотрафика. Непрерывный мониторинг повышает качество передачи видеотрафика.

Оценка качества статических изображений приведена в научных статьях [4,5]. Для количественной оценки используются модифицированные классические критерии: резкость изображения, контраст изображения, среднеквадратическая ошибка, пиковое отношение сигнал-шум, норма Минковского,

мера структурного подобия. Анализируя научно-техническую литературу, в статье [4] сделано заключение о том, что функция оценки качества изображения должна согласовываться с субъективной экспертной оценкой, не должна быть слишком сложной, обеспечивать возможность получения одинакового результата независимо от персонального компьютера (ПК), операционной системы, языков программирования и разных операторов ПК.

В повседневной жизни мы часто пользуемся смартфоном для передачи статических изображений по Интернету. Эти изображения могут быть в виде бытовых фотографий, научных статей, графиков, текстов, математических формул. Если к качеству бытовых изображений мы относимся снисходительно, то к качеству изображений с научной тематикой предъявляем повышенные требования.

На рисунке 1 представлены этапы преобразования цифрового изображения и факторы, влияющие на качество конечного изображения, получаемого на экране монитора ПК.

Цель работы – задать функцию оценки качества изображения, передаваемого по беспроводной сети, разработать тест-объект для количественного измерения качества начального и конечного изображений, выполнить экспериментальные исследования.

Теория

Представленный на рисунке 2 канал передачи изображений представляет собой систему. Каждый блок этой системы вносит свои искажения. Для оценки качества оптических и оптико-электронных систем часто применяют функцию передачи модуляции [6]. В теоретическом аспекте функция передачи модуляции $F(v)$ представляет Фурье-преобразование от функции рассеяния линии $f(x)$ [6]:

$$F(v) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-i2\pi vx} dx. \quad (1)$$

В практической реализации оценки качества системы используют, как правило, частотно-контрастную характеристику [7-9]:

$$K(v_i) = \frac{S(v_i)_{max} - S(v_i)_{min}}{S(v_i)_{max} + S(v_i)_{min}}, \quad (2)$$

где $K(v_i)$ – контраст в изображении тест-объекта в виде параллельных штрихов, имеющих пространственную частоту v_i ;

$S(v_i)_{max}, S(v_i)_{min}$ – максимальный и минимальный сигналы в параллельных штрихах.

В России для оценки качества оптических и оптико-электронных систем применяют миры Государственного оптического института (миры ГОИ) [10]. Одна мира состоит из пяти параллельных штрихов. Штрихи могут быть темные на светлом поле, или светлые на темном поле. Пятиштриховую миру называют еще группой [10]. Четыре группы объединены в один элемент. Группы штрихов в

одном элементе имеют одинаковые пространственные частоты, но различные пространственные ориентации. Пространственная частота v_i определяется как величина обратная расстоянию между центрами штрихов:

$$v_i = \frac{1}{2a_i}, \quad (3)$$

где a_i – размеры штрихов в i -ой группе; $2a_i$ – расстояние между центрами штрихов (период штрихов).

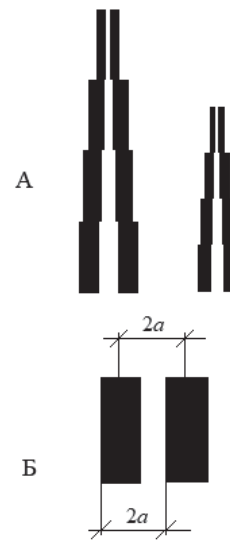


Рисунок 1 – Нестандартный тест-объект: А – парные штрихи, организованные в «пирамиды»; Б – размер между центрами штрихов, равный $2a$

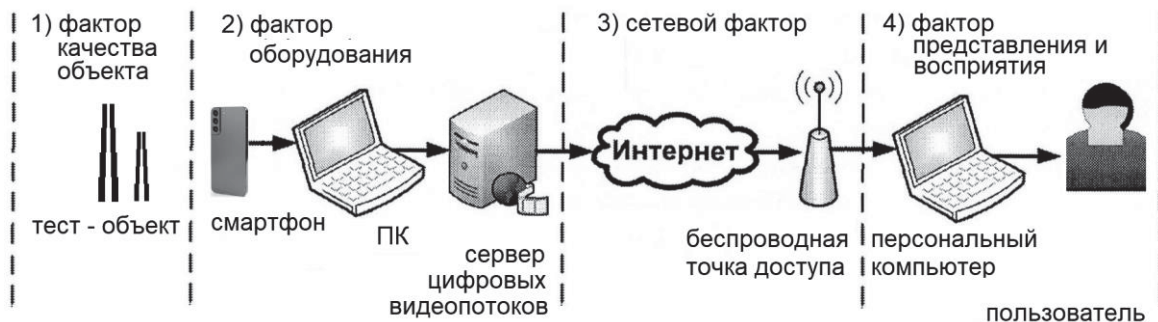


Рисунок 2 – Этапы преобразования цифрового изображения и факторы, влияющие на качество конечного изображения

Методы и средства

Для экспериментальных исследований использовался смартфон Samsung Galaxy A3. В качестве эталонного объекта был разработан и применен для исследований нестандартный тест-объект в виде пирамиды, состоящей из парных штрихов. Тест-объект представлен на рисунке 1А.

В таблице 1 приведены расстояния между центрами штрихов и пространственные частоты.

В таблице 1 приведены расстояния между центрами штрихов и пространственные частоты.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПО ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

ные частоты ν_i , вычисленные по формуле (3). Расстояние между центрами штрихов соответствует расстоянию между границами соседних штрихов (рисунок 2Б).

В таблице 1 указана также пространственная частота.

Таблица 1 – Размеры и пространственные частоты парных штрихов

Период штрихов $2a, \text{ мм}$	Пространственная частота $\nu, \text{ мм}^{-1}$
3,30	0,303
3	0,333
2,8	0,357
2,2	0,454
2,1	0,476
1,6	0,625
1,2	0,714
1,1	0,909
0,7	1,488
0,6	1,667

Процесс эксперимента включал следующие операции:

- запись изображения тест-объекта на смартфон и перенос изображения на первый ПК;

- передача изображения по Интернет (почта mail.ru) и роутер университетской библиотеки на второй ПК;

- преобразование формата изображения .jpg в формат .bmp;

- измерение уровней сигналов $S(\nu_i)_{max}$ и $S(\nu_i)_{min}$ в разработанной программе «Анализатор»;

- вычисление контраста в изображении штрихов по формуле (2) на каждой пространственной частоте ν_i ;

- построение графиков ЧКХ, полученных на первом ПК, на втором ПК при расстоянии до роутера 3 м и расстоянии до роутера 25 м.

На рисунке 3 представлен процесс измерения сигналов $S(\nu_i)_{max}$ и $S(\nu_i)_{min}$ в программе «Анализатор».

Обсуждение и выводы

На рисунке 4 приведены три графика: ЧКХ тест-объекта на передающей стороне (сплошная линия); ЧКХ тест-объекта на принимающей стороне (пунктирная линия), втором ПК, отнесенном от роутера на расстояние 3 м; ЧКХ тест-объекта на принимающей стороне (штриховая линия), втором ПК, отнесенном от роутера на расстояние 25 м.

Из визуального анализа графиков следует выводы. С увеличением пространственной частоты штрихов контраст в изображении штрихов незначительно падает и на передающей стороне, и на принимающей стороне.

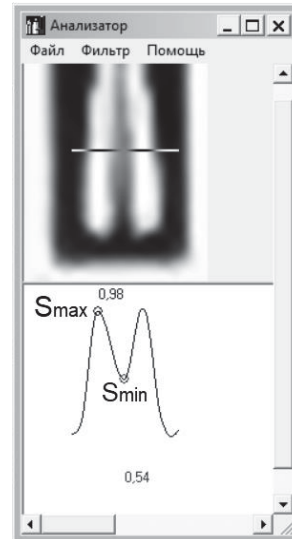
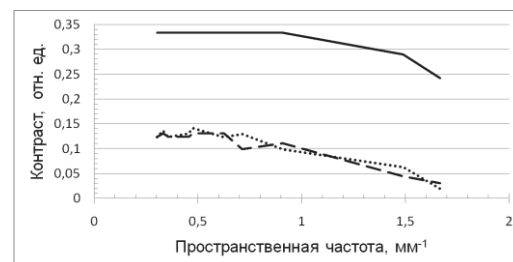


Рисунок 3 – Измерение сигналов $S(\nu_i)_{max}$ и $S(\nu_i)_{min}$ в программе «Анализатор»



сплошная линия – на первом компьютере; короткая пунктирная линия – на втором компьютере при его удалении от роутера на расстояние 3 м; длинная пунктирная линия – на втором компьютере при его удалении на расстояние 25 м

Рисунок 4 – Графики зависимости контраста от частоты (ЧКХ)

ЧКХ на принимающей стороне по форме визуально повторяет ЧКХ на передающей, но расположена гораздо ниже. Этот факт равносильно уменьшению освещенности в изображении штрихов. Вывод подтверждается полученными численными значениями сигналов. Максимальные значения $S(\nu_i)_{max}$ на принимающей стороне меньше, чем на передающей, а значения $S(\nu_i)_{min}$ больше, поэтому и контраст, вычисленный по формуле (2), уменьшается.

Визуально явные отличия ЧКХ наблюдаются на передающей и принимающей сторонах. ЧКХ, полученные при различных расстояниях ПК от роутера, визуально не имеют отличительных особенностей. Для более детального анализа полученного результата экспериментальные точки были аппроксимированы полиномами второй степени. ЧКХ, аппроксимированная по точкам второго эксперимента (ПК от роутера 25 м), оказалась ниже, чем ЧКХ, аппроксимированная по точкам первого эксперимента (ПК от роутера 3 м). Следовательно, освещенность в изображении штрихов уменьшается с увеличением расстояния, что не противоречит логике физического эксперимента. Во-вторых, на высоких частотах ЧКХ во втором эксперименте имеет меньшие значения, а значит и худшее разрешение мелких деталей.

Полученную оценку изменения качества изображения штрихов можно перенести, например, на размеры чертежного шрифта.

Размеры чертежных шрифтов и соотношений размеров букв установлены ГОСТ [11]. В этом ГОСТе приведены формулы соотношений между высотой буквы – h , шириной буквы – g и толщиной линии буквы – d :

$$h; \quad g = \frac{6}{10} \cdot h; \quad d = \frac{1}{10} \cdot h. \quad (4)$$

Таблица 2 – Изменение контраста в изображении чертежной буквы от ее высоты

Период штрихов T , мм	Высота букв h , мм	Контраст
3,30	6,60	0,123
3	6,00	0,130
2,8	5,60	0,123
2,2	4,40	0,123
2,1	4,20	0,130
1,6	3,20	0,130
1,2	2,40	0,099
1,1	2,20	0,111
0,7	1,40	0,045
0,6	1,20	0,031

Из соотношений (4) можно выразить период буквы T и ее пространственную частоту ν :

$$T = g - d = \frac{1}{2} \cdot h; \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{2}{h}. \quad (5)$$

В таблице 2 отражены периоды штрихов, которые использовались в эксперименте: $T = 2a$, высота гипотетических букв, рассчитанная по формуле (5), и контраст, полученный экспериментально для соответствующего периода (пространственной частоты). По

таблице 2 можно оценить изменение контраста в изображении буквы от ее размера (высоты).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маколкина, М.А. Разработка и исследование моделей оценки качества передачи видео в IP-сетях: специальность 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Маколкина Мария Александровна; Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. – Санкт-Петербург, 2014. – 16 с. – Место защиты: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. – Текст: непосредственный.

2. Ненахов, И.С. Неэталонная оценка качества телевизионных изображений на основе локальных бинарных шаблонов и алгоритмов машинного обучения: специальность 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ненахов Илья Сергеевич; Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова. – Ярославль, 2016. – 131 с. – Текст: непосредственный.

3. Моисеев, В.И. Разработка и исследование конвейерного метода интервального анализа видеотрафика: специальность 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Моисеев Виктор Игоревич; Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики. – Самара, 2021. – 159 с. – Текст: непосредственный.

4. Голуб, Ю.И. Оценка качества цифровых изображений / Ю.И. Голуб. – Текст: непосредственный // Системный анализ и прикладная информатика. – 2021. – №4. – С.4-15.

5. Мониц, Ю.И. Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю.И. Мониц, В.В. Старовойтов. – Текст: электронный // Искусственный интеллект. – 2008. – №4. – С.376-386. – URL: http://uiip.bas-net.by/structure/l_ori/starovoitov/Starovoitov_Publication_section/15_Starovoitov.pdf?ysclid=lozcegtcwf642656372 (дата обращения 12.11.2023).

6. ГОСТ Р 58566 – 2019. Объективы для оптико-электронных систем. Методы испытаний: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 сентября 2019 г. № 818-ст: введен впервые: дата введения 2020-09-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием Научно-исследовательским институтом физической оптики, оптики лазеров и информационных оптических систем Всероссийского научного центра «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова».

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПО ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

– Москва: Стандартинформ, 2019. – 26 с. – Текст непосредственный.

7. Мониц, Ю.И. Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю.И. Мониц, В.В. Старовойтов. – Текст: электронный // Искусственный интеллект. – 2008. – №4. – С.376-386. – URL: http://uiip.bas-net.by/structure/l_ori/starovoitov/Starovoitov_Publication_section/15_Starovoitov.pdf?ysclid=lozcegtcwf642656372 (дата обращения 12.11.2023).

8. Мирошников, М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: Учебное пособие. 3-е изд., испр. и доп. – СПб: Издательство «Лань», 2010. – 704 с. – URL: <https://klex.ru/1gx4> (дата обращения 11.11.2023). – Текст: электронный.

9. Зрюмов, Е.А. Анализ частотно-контрастной характеристики видеосистемы на основе ПЗС-фотоприемника при вибрации тест-объекта / Е.А. Зрюмов, С.П. Пронин. – Текст: непосредственный // Известия вузов. Приборостроение.– 2013. – Т. 56, № 3. – С.81-85.

10. ГОСТ 15114-78. Системы телескопические для оптических приборов. Визуальный метод определения предела разрешения: Межгосударственный стандарт: издание официальное:

утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 30.01.78 № 284: дата

введения 01.01.79. – Москва: Издательство Стандартов, 1988. – 6 с. – Текст непосредственный.

11. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные: Межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.03.81 № 1562: дата введения 01.01.82 / разработан и внесен Государственным комитетом СССР по стандартам. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 21 с. – Текст непосредственный.

Пронин Сергей Петрович – д.т.н., профессор каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. +79130859665, e-mail: sppronin@mail.ru;

Тимофеев Виктор Владимирович – к.т.н., доц. БЮИ МВД России, тел: +79059243444, e-mail: v.v.timofeev@bk.ru;

Вейбер Сергей Владимирович – магистрант каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: veiber2014@mail.ru.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Ю. А. Осокин, Л. Ю. Качесова, М. К. Орехов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание корреляционного метода сканирования объектов. Этот метод позволяет реализовать более быстрые алгоритмы распознавания различных объектов, в том числе человеческих образов. Приводятся результаты статистического исследования на адекватность видеоизображений человеческих образов с оригиналами.

Ключевые слова: корреляция, распознавание объектов, сканирование, видеоизображения, таблицы данных.

Введение

Дистанционное распознавание технических и живых объектов применяется в научных сферах, а также в сферах, занимающихся информационной безопасностью и предотвращением преступлений на фоне возросшей активности борьбы с преступностью и терроризмом.

Очевидна актуальность этого направления, однако, для получения высокой эффективности этих разработок, требуются новые методы и средства по увеличению быстродействия и качества технологий распознавания.

Преимущества этих систем существенно зависят от скорости алгоритмов выявления признаков исследуемого объекта и принятия требуемых решений [1, 2].

Распознавание лиц используют во время выдачи документов, удостоверяющих личность, а также – в сочетании с другими данными.

При недоступности методов получения контактной информации об объекте другими биометрическими технологиями, например, распознаванию по отпечаткам пальцев, применяются дистанционные методы распознавания, такие как видеоизображения, которые применяются при охране территорий, в аэропортах, пограничных постах.

Представленная в данной работе методика распознавания на основе корреляционной программы направлена на получение более совершенных результатов. При этом используются специальные методы сканирования для дистанционного распознавания объектов.

С 2010 года Facebook начал использовать функцию распознавания лиц, чтобы

находить пользователей на публикуемых фото и предлагать их отметить.

Описание метода

Авторами предложен корреляционный метод сканирования (КМС), на основе которого оптимальным по скорости алгоритмом можно идентифицировать искомый объект, сопоставив полученную видеoinформацию (например, видео человека) с оперативной базой данных. На рисунке 1 показан вариант координатной сетки в системе распознавания.



Рисунок 1 – Вариант координатной сетки в системе распознавания

Точную формулу для подсчёта коэффициента корреляции разработал К. Пирсон. Коэффициент характеризует наличие линейной связи между признаками, обозначаемыми, как правило, символами X и Y. Формула расчёта коэффициента корреляции построена таким образом, что, если связь между при-

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

знаками имеет линейный характер, коэффициент Пирсона точно устанавливает тесноту этой связи.

Если же связь между переменными X и Y нелинейная, то Пирсон предложил для оценки тесноты этой связи так называемое корреляционное отношение.

Классификация корреляционных связей:

- сильная при $|r_{xy}| > 0,70$;
- средняя при $0,50 < |r_{xy}| < 0,69$;
- умеренная при $0,30 < |r_{xy}| < 0,49$;
- слабая при $0,20 < |r_{xy}| < 0,29$;
- очень слабая при $|r_{xy}| < 0,19$.

Коэффициент корреляции Пирсона вычисляется по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma(x) \cdot \sigma(y)},$$

где x_i – значения, принимаемые в выборке X, y_i – значения, принимаемые в выборке Y; \bar{x} – среднее значение по X, \bar{y} – среднее значение по Y.

Для сканирования на основе оптимального по скорости алгоритма определялось семейство данных: от 16 до 100 и более [3, 4, 5].

Пример оценки качества статистической обработки. Вариант зависимости между координатами x_i и y_i показана в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимости между координатами x_i и y_i

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	10	10	10,1	10,2	10,8	11	11,1	11,3	11,3	11,4
y_i	0,7	0,7	0,65	0,61	0,73	0,65	0,65	0,75	0,7	0,7

i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x_i	11,8	12	12	12,1	12,3	13	13,4	13,5	14,5	15,6
y_i	0,69	0,72	0,6	0,75	0,63	0,8	0,78	0,7	0,7	0,85

Программа обеспечивает получение высокоскоростных алгоритмов с обеспечением достаточной точности идентификации объектов.

При исследовании использовали от 8 до 16 характерных координатных точек, затем изображение разворачивалось, и изменялся масштаб. В процессе решения для расчёта необходимых результатов (сумм, произведений и др.) составляются вспомогательные таблицы [6, 7].

На рисунках 2 и 3 показано, что при увеличении выборки коэффициент корреляции изменяется. В приведенном примере в сторону лучшего результата. Так, при увеличе-

нии выборки с 8 до 16 точек коэффициент корреляции изменяется от 0,28 до 0,33.



Рисунок 2 – Коэффициент корреляции (8 точек выборки)

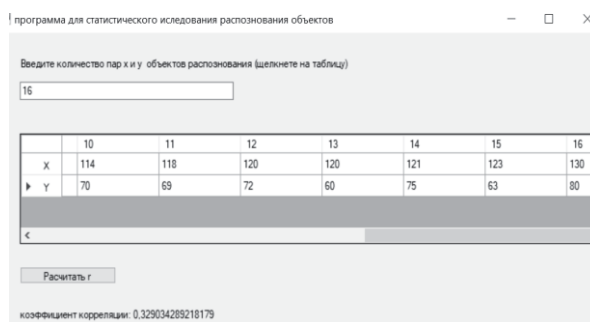


Рисунок 3 – Коэффициент корреляции (16 точек выборки)

Алгоритмы корреляционного метода сканирования строятся на основе оптимальных выборок [8, 9].

Данные выборки определяются на основе специально разработанной программы для статистического исследования распознавания объектов.

Согласно байесовской теории принятия решений вывод можно сделать достаточно точным.

В итоге, разработанная система справляется быстрее, чем смог бы справиться человек.

По результатам вычислений можно идентифицировать искомый объект, сопоставив полученную видеoinформацию (например, видео человека) с оперативной базой данных.

Точная выборка для подсчёта коэффициента корреляции обеспечивает наиболее скоростную идентификацию, в частности, при сопоставлении расчетной информации о человеке с базой данных об искомых объектах, в том числе, о разыскиваемых личностях или технологических объектах.

Результаты исследования на схожесть оригинала и анализируемого объекта приведены на рисунках 4, 5 и 6. Результаты изме-

рений и обработки программой КМС на схожесть оригинала и анализируемого объекта показывают корреляцию 0,99.

На рисунке 7 показана программная возможность поиска наиболее информативных зон при сканировании исследуемого объекта.



Рисунок 4 – Оригинал (слева) и анализируемый объект. Результаты измерений на схожесть оригинала и анализируемого объекта



Рисунок 5 – Результаты обработки программой КМС на схожесть оригинала и анализируемого объекта (10 точек выборки)

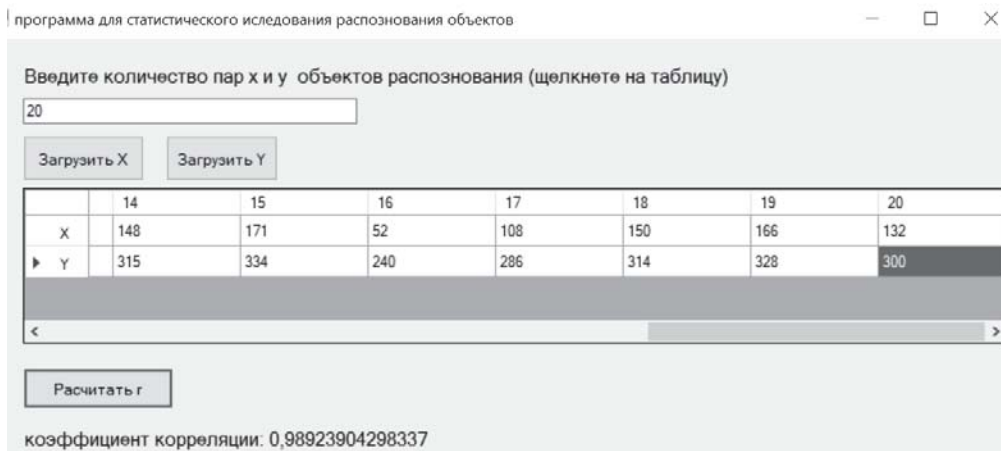


Рисунок 6 – Результаты обработки программой КМС на схожесть оригинала и анализируемого объекта (20 точек выборки)

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

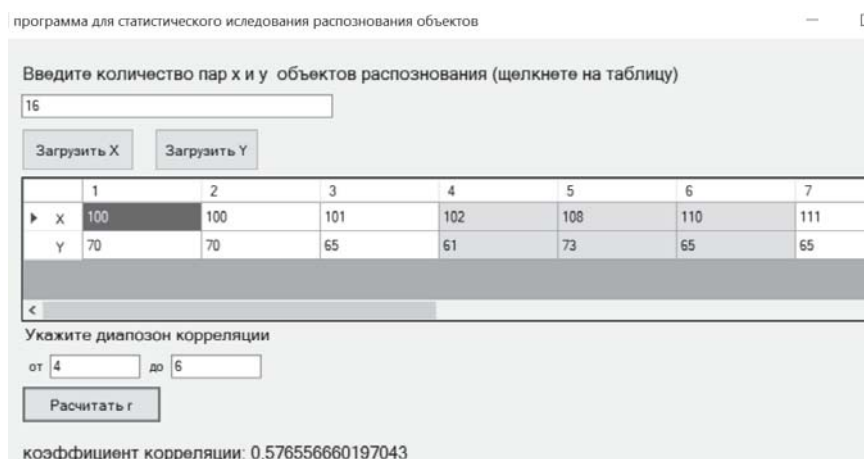


Рисунок 7 – Программная возможность поиска наиболее информативных зон при сканировании исследуемого объекта (в координатных зонах 4,5,6 корреляция 0,577)

Выводы

Результаты исследования, полученные с использованием корреляционного метода сканирования изображений, показывают схожесть анализируемого объекта с оригиналом до 99,8%.

Разработанная программа работает в режиме offline и обеспечивает более высокий уровень информационной безопасности.

Новая программа дает возможность поиска наиболее информативных зон при сканировании исследуемого объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Osokin, Yu.A. High-speed algorithms for automatic manipulators control systems / Yu.A. Osokin. – Текст: электронный // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1615. Article ID 012026. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1615/1/012026/pdf> (дата обращения 09.10.2023).

2. Осокин, Ю.А. Интерактивно прогнозируемая динамика контроля пороговой дестабилизации / Ю.А. Осокин. – Текст: непосредственный // Измерение, контроль, информатизация: материалы IV Международной научно-технической конференции. – Барнаул: АГТУ, 2003. – С. 3-4.

3. Антонов, А.С. Введение в параллельные вычисления / А.С. Антонов. – Текст: электронный // Москва, Изд-во Физфака МГУ, 2002. – 70 с.- URL: http://parallel.ru/news/antonov_intro.html (дата обращения 09.10.2023).

4. Букина, Е.О. Особенности контроля и коррекции движения манипулятора / Е.О. Букина, Ю.А. Осокин – Текст: непосредственный // Измерение, контроль, информатизация: материалы XII Международной научно-технической конференции. – Барнаул: АГТУ, 2011. – С. 6-7.

5. Осокин, Ю.А. О контроле в экстремальных фазах движения. / Ю.А. Осокин– Текст: непосредственный // Измерение, контроль, информатизация: материалы XIII Международной научно-технической конференции. – Барнаул: АГТУ, 2012. – С. 51–55.

6. Ожиганов, А.А. Теория автоматов: учебное пособие / А. А. Ожиганов. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 84 с. – Текст: непосредственный.

7. Барский, А.Б. Параллельные информационные технологии: учебное пособие / А.Б. Барский. – Текст: непосредственный // Москва: ИНТУИТ, Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 502 с.

8. Цилькер, Б.Я. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов / Б.Я. Цилькер, С.А. Орлов. – СПб.: Питер, 2007. – 668 с. – Текст: непосредственный.

9. Богаченко, Н.Ф. Синтез дискретных автоматов. Учебно-методическое пособие / Н.Ф. Богаченко, Н.Ф. Файзуллин. – Текст: непосредственный // Омск: Издательство Наследие. Диалог-Сибирь, 2006. – 150 с.

Осокин Юрий Анатольевич – к.т.н., доцент каф. ИВТиИБ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел: 8(3852)290718, e-mail: y-osokin@mail.ru;

Качесова Лариса Юрьевна – к.т.н., доцент каф. ИВТиИБ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел: 8(3852)290861, e-mail: kachesova_l_u@mail.ru;

Орехов Матвей Константинович – студент каф. ИВТиИБ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

УДК 004.93: 778.14

РАЗНОВИДНОСТИ СКАНЕРОВ ШТРИХ-КОДОВ

Р. Е. Филимонов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Современные сканеры штрих-кодов непрерывно совершенствуются. Расширяется спектр выполняемых функций этим оборудованием, поэтому появляются всё большее количество различных настроек и их комбинаций, применяемых внутри сканера. Контролировать текущее состояние сканера становится проблематично, т.к. функционал продолжает расширяться, а собрать подробную информацию о состоянии устройства может только драйвер производителя конкретной модели оборудования, который редко бывает интегрирован в кассовое ПО.

Ключевые слова: штрих-код, контроль состояния, сканер, драйвер.

В 1948 году Норманн Джо Вудленд вместе с Бернардом Сильвером изобрели первый штрих-код (в дальнейшем ШК) с помощью азбуки Морзе – серии точек и тире. Вудленд записал номер продукта с помощью точек и тире и продолжил эти линии в вертикальном направлении, создав таким образом первый линейный штрих-код (рисунок 1). Тогда же появились предпосылки к созданию устройства, которое будет способно считывать и передавать полученную информацию [1].

Сканер штрих-кода – это устройство, которое считывает ШК, нанесённый на упаковку товара или иной носитель, и передаёт эту информацию в компьютер, кассовый аппарат, POS-систему. При сканировании ШК графическое изображение переводится в цифровую последовательность, которой в базе данных соответствует информация о наиболее существенных параметрах продукции.

Линейные (1D) сканеры – считывают только линейные ШК [2].

Двумерные (2D) сканеры – считывают как линейные ШК, так и двумерные ШК (QR-коды, DataMatrix и т.д.) [2]. Двумерный сканер приведен на рисунке 3.

По устройству считывающего элемента штрих-кода сканеры подразделяются на: светодиодные; лазерные; линейные лазерные; многоплоскостные лазерные; имидж-сканеры (фото-сканеры); линейные; матричные (двумерные) [2].

По типу считывания сканеры классифицируют на ручные (проводные, беспроводные), стационарные и конвейерные [2].

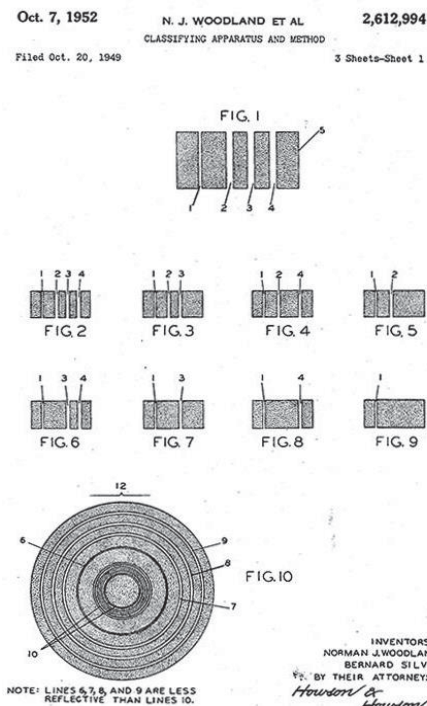


Рисунок 1 – Штрих-код, созданный на принципе азбуки Морзе

Наибольшую популярность в торговых точках приобрели ручные линейные лазерные, матричные (рисунки 2, 3) и стационарные многоплоскостные лазерные сканеры (рисунок 4).

Линейный сканер показан на рисунке 2.

В статье [3] рассмотрена проблема, связанная с необходимостью правильной настройки сканера для корректного считывания кода маркировки товара. Приводятся рекомендации по настройке сканера и примеры

верного и неверного считывания сканером кода маркировки.

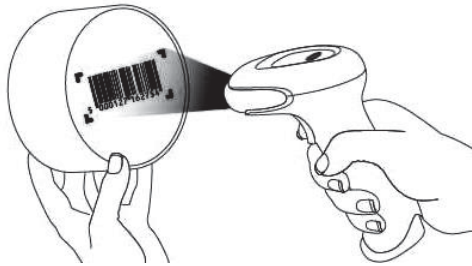


Рисунок 2 – Линейный (1D) сканер

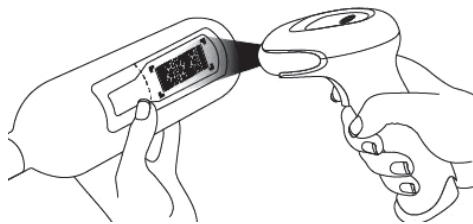


Рисунок 3 – Двумерный (2D) сканер



Рисунок 4 – Стационарный многоплоскостной сканер со встроенной весовой платформой[4]

Широкий спектр настроек подразумевает под собой, например, то, что рассматриваемый сканер Datalogic Magellan 9300i способен распознавать такие виды двумерных ШК, как PDF417, MicroPDF, Data Matrix, Aztec, QR Code, Micro QR. В указанном сканере присут-

ствует ряд функций, которые обеспечивают его широкое применение:

- возможность отключения функции распознавания отдельных типов ШК;
- функция «разрешить/запретить» считывание ШК с экранов;
- функция взаимодействия с дисплеем покупателя (вывод информации о считанном ШК на экран) и ряд других функций [4].

В статье приведена краткая классификация, используемых в торговле сканеров. Отмечены перспективные модели. Подчеркнуто, что с возрастанием спектра выполняемых сканером функций возникают проблемы, которые требуют контроля в процессе эксплуатации сканера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краткая история штрих-кодов – по материалам Bar Code News Page – 2010 г. – URL: https://www.idexpert.ru/reviews/kratkaya-istoriya-shtrikh-koda/?sphrase_id=14249443(дата обращения 28.10.2023). – Текст:электронный.
2. Типы сканеров штрих-кодов – 2021 г. – URL: <https://www.digitalserv.ru/typy-skanerov-shtrikh-kodov/>(дата обращения 28.10.2023). – Текст: электронный.
3. Филимонов, Р.Е. Подготовка 2D сканера к работе с маркированными товарами / Р.Е. Филимонов, С.П. Пронин. –Текст: электронный // Измерение, контроль, информатизация/ Под ред. Л.И. Сучковой. – Барнаул : АлтГТУ, 2023. – 210-214 с. – URL :https://journal.altstu.ru/konf_2023/2023_1/119/.
4. MAGELLAN™ 9300i / 9400i SCANNERS PRODUCT REFERENCE GUIDE – Bologna – Italy, 2020г. – 504 с. – URL: <https://cdn.datalogic.com/upload/res/manuals/adc/magellan/820063814.pdf> (дата обращения 28.10.2023). – Текст: электронный.

Филимонов Руслан Евгеньевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел. 8(962)7955655, e-mail: j.filimonov1@gmail.com.

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА В СРЕДЕ UNITY 3D

Д. Н. Ганин, А. Г. Зрюмова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено использование технологий искусственного интеллекта для обработки информации при работе с виртуальным прибором, а именно термопластавтоматом. Виртуальный прибор разработан в среде Unity 3D для обучения и контроля знаний при работе с термопластавтоматом. Приведены задачи, для решения которых может быть использован искусственный интеллект и программные средства для реализации

Ключевые слова: термопластавтомат, искусственный интеллект, машинное обучение, виртуальные приборы.

Технология искусственного интеллекта (ИИ) произвела революцию в различных отраслях, включая игры и моделирование. При интеграции в 3D-симулятор ИИ может повысить реалистичность, сложность и интерактивность виртуальных сред. Эта интеграция открывает новые возможности для создания захватывающих и интеллектуальных симуляций, которые можно использовать для обучения, исследований, развлечений и многого другого. Более того, ИИ можно использовать для моделирования поведения в 3D-симуляторе. Анализируя реальные данные или экспертные знания, алгоритмы ИИ могут моделировать реалистичное поведение различных объектов в рамках моделирования [2].

Искусственный интеллект в симуляторе означает интеграцию технологий и алгоритмов ИИ в среды моделирования.

Искусственный интеллект добился значительных успехов в различных отраслях, и область литья под давлением не является исключением. Симулятор термопластавтомата, оснащенный возможностями искусственного интеллекта, может значительно повысить эффективность производственного процесса. Литье под давлением – широко используемый метод производства пластиковых деталей. Он включает в себя впрыск расплавленного материала в полость формы, позволяющий ему остыть и затвердеть, а затем выброс готового продукта. Этот процесс требует точного контроля различных параметров, таких как температура, давление и время

охлаждения, для обеспечения высококачественной продукции [2].

Рассмотрим основные возможные преимущества интеграции ИИ в симулятор термопластавтомата.

Профилактическое обслуживание

Анализируя данные в реальном времени от датчиков, встроенных в машину, алгоритмы искусственного интеллекта могут обнаруживать закономерности и аномалии, которые указывают на потенциальные сбои оборудования. Это позволяет заранее планировать техническое обслуживание, сокращая незапланированные простои и оптимизируя использование оборудования [3].

Оптимизация параметров процесса

Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать огромные объемы данных, чтобы определить наиболее эффективную комбинацию параметров для конкретной конструкции детали или материала [3].

Обнаружение дефектов

Во время литья под давлением из-за изменений свойств материала или условий процесса могут возникнуть такие дефекты, как воздушные ловушки, вмятины или коробление. Используя методы компьютерного зрения и алгоритмы машинного обучения, симулятор на базе искусственного интеллекта может автоматически обнаруживать и классифицировать эти дефекты в режиме реального времени [3].

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ В СРЕДЕ UNITY3D

```
using Accord.IO;
using Accord.MachineLearning.VectorMachines.Learning;
using Accord.Math;
using Accord.Statistics.Kernels;
using System.Data;
using System.Globalization;

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        //Загрузка набора данных из файла CSV
        string csvPath = "data.csv";

        //Чтение набора данных из CSV-файла с заголовками
        CsvReader csv = new CsvReader(csvPath, hasHeaders: true);
        DataTable dataTable = csv.ToTable();

        // Преобразование данных во входные и выходные массивы
        double[][] inputs = ConvertToDoubleArray(dataTable, "Temperature1", "Temperature2",
"Temperature3", "Temperature4", "Temperature5", "Inject1Position", "Inject1Pressure", "Inject1Flow",
"Inject2Position", "Inject2Pressure", "Inject2Flow", "Inject3Position", "Inject3Pressure",
"Inject3Flow", "Inject4Position", "Inject4Pressure", "Inject4Flow", "Inject5Position",
"Inject5Pressure", "Inject5Flow", "Inject6Position", "Inject6Pressure", "Inject6Flow", "InjectEnd",
"HoldPressure", "HoldFlow", "HoldTime", "CoolTime");
        int[] outputs = dataTable.Columns["Outcome"].ToArray<int>();

        //Создание метода опорных векторов(SVM) с использованием ядра Гаусса
        var teacher = new MulticlassSupportVectorLearning<Gaussian>()
        {
            Learner = (param) => new SequentialMinimalOptimization<Gaussian>()
            {
                Complexity = 100 //Настройка параметров сложности в соответствии с данными
            }
        };
        //Обучение нейронной сети
        var svm = teacher.Learn(inputs, outputs);

        //Чтение значений из файла для прогнозирования (данные введены пользователем)
        string valuesPath = "val.txt";
        string[] valuesLines = File.ReadAllLines(valuesPath);

        double[] sample = new double[valuesLines.Length];

        for (int i = 0; i < valuesLines.Length; i++)
        {
            string value = valuesLines[i];
            Console.WriteLine(value);
            sample[i] = Double.Parse(value, CultureInfo.InvariantCulture);
        }

        //Прогнозирование класса на основе входных значений
        int predictedClass = svm.Decide(sample);
        //Вывод предсказанного класса
        Console.WriteLine($"Predicted class: {predictedClass}");
    }

    // Вспомогательная функция для преобразования данных в массив типа double
    static double[][] ConvertToDoubleArray(DataTable dataTable, params string[] columnNames)
    {
        int rowCount = dataTable.Rows.Count;
        int columnCount = columnNames.Length;
        double[][] result = new double[rowCount][];

        for (int i = 0; i < rowCount; i++)
        {
            result[i] = new double[columnCount];
            for (int j = 0; j < columnCount; j++)
            {
                string value = dataTable.Rows[i][columnNames[j]].ToString();
                result[i][j] = Double.Parse(value, CultureInfo.InvariantCulture);
            }
        }

        return result;
    }
}
```

Рисунок 1 – Код ИИ для виртуального прибора термопластавтомата

Облегчение адаптивного управления. Традиционные системы управления часто разрабатываются на основе фиксированных моделей, которые не учитывают динамические изменения в производственной среде. Благодаря искусственному интеллекту, симулятор может постоянно учиться и адаптиро-

118

ваться к изменениям свойств материала, условий окружающей среды или производительности машины. [3].

Также ИИ может обеспечить автономное принятие решений в симуляторе термопластавтомата. Интегрируя алгоритмы искусственного интеллекта с базой знаний лучших

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №3 2023

практик и отраслевых стандартов, симулятор может принимать разумные решения относительно оптимизации процессов, исправления дефектов или планирования технического обслуживания. Это снижает зависимость от людей-операторов и сводит к минимуму риск человеческой ошибки.

Для разработки ИИ в симуляторе виртуального прибора термомплавтомат в среде разработки Unity 3D была выбрана платформа Accord.NET и библиотека Accord.MachineLearning.

Платформа Accord.NET используется для машинного обучения. Преимуществом платформы является открытость кода, которая в основном используется для научных вычислений и задач анализа данных. Он предоставляет широкий спектр библиотек и инструментов для различных алгоритмов машинного обучения, методов обработки сигналов и методов статистического анализа. Accord.NET написан на C# и совместим с платформой .NET [1].

Одной из ключевых особенностей Accord.NET является обширная коллекция алгоритмов машинного обучения. Он предлагает реализации различных типов классификаторов, регрессионных моделей, алгоритмов кластеризации, методов уменьшения размерности и нейронных сетей. Эти алгоритмы можно использовать для таких задач, как распознавание изображений, обработка естественного языка, интеллектуальный анализ данных и прогнозный анализ. Одной из таких коллекций является Accord.MachineLearning, специально ориентированная на алгоритмы и методы машинного обучения. Одной из ключевых особенностей Accord.MachineLearning является обширная коллекция алгоритмов машинного обучения: опорных векторов (SVM), деревьев решений, случайного леса, наивного Байеса, k-ближайших соседей (k-NN), нейронных сетей и других [1].

Помимо широкого спектра алгоритмов, Accord.MachineLearning предоставляет различные утилиты и инструменты для упрощения рабочего процесса машинного обучения.

К ним относятся функции предварительной обработки данных (масштабирование, нормализация), методы перекрестной проверки, сериализация / десериализация модели, методы выбора модели (поиск по сетке, перекрестная проверка) и многое другое.

Accord.MachineLearning удобен для пользователя и доступен как новичкам, так и опытным разработчикам. Он предоставляет согласованный и интуитивно понятный API, который

позволяет пользователям легко создавать, обучать, оценивать и развертывать модели машинного обучения. Библиотека хорошо документирована и содержит подробные примеры и учебные пособия, которые помогут пользователям быстро приступить к работе. В целом, Accord.MachineLearning – это мощная и универсальная библиотека машинного обучения для разработчиков .NET. Обширная коллекция алгоритмов и утилит делает его ценным инструментом для различных задач и приложений машинного обучения [1].

На рисунке 1 представлен пример реализации нейронной сети на основе платформы Accord.NET и библиотеки Accord.MachineLearning для симулятора термомплавтомата.

Выводы

Искусственный интеллект в симуляторе предполагает интеграцию технологий и алгоритмов искусственного интеллекта в среду моделирования для повышения реализма, адаптируемости и интеллекта.

Интеграция искусственного интеллекта в симулятор термомплавтомата приносит многочисленные преимущества в производственный процесс – прогнозируемое обслуживание, оптимизацию параметров процесса, обнаружение дефектов, адаптивное управление и автономное принятие решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машинное обучение за минуту. Официальная документация Accord.NET. – URL: <https://accord-framework.net/> (Дата обращения 24.10.2023). – Текст электронный.
2. Мэрфи, К. Вероятностное машинное обучение. Введение / К. Мэрфи, Пер. с англ Слинкин А. А. – Текст: непосредственный // Москва.: ДМК Пресс, 2022. – 990 с.
3. Чукичев, А.В. Интеллектуальные подходы к автоматизации технологической подготовки производства полимерных изделий методом литья под давлением / А. В. Чукичев, О. С. Тимофеева, Ю. С. Андреев. – Текст: непосредственный // Изв. вузов. Приборостроение. – 2023. – Т.66. – №1. – С.16-24. DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-1-16-24.

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н., доцент кафедры ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: a.zrumova@mail.ru;

Ганин Дмитрий Николаевич – магистрант каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: ganindima1998@gmail.com.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОГО ФИТНЕС-ТРЕНЕРА

О. И. Филатова

Российский биотехнологический университет,
г. Москва

Представлен обзор виртуальных фитнес-тренеров в формате веб-платформ и мобильных приложений, выявлены их достоинства и недостатки. Проанализированы основные сложности при разработке модели виртуального фитнес-тренера. Представлен алгоритм создания модели виртуального фитнес-тренера.

Ключевые слова: виртуальный фитнес-тренер, разработка приложения, модель, python.

Введение

Многие люди ведут малоподвижный образ жизни, что приводит к различным заболеваниям, даже среди молодежи наблюдается увеличение проблем с позвоночником и поясницей. В нашей жизни множество дел и задач, поэтому нет времени на поиски информации полезной для здоровья. Решением данной проблемы должен стать виртуальный фитнес-тренер, предлагающий разные типы тренировок, подбор питания и др.

Обзор существующих виртуальных фитнес-тренеров

Существует большое количество веб-платформ предоставляющих функциональность виртуальных фитнес-тренеров: Fitness Blender (fitnessblender.com), веб-сайт предоставляет бесплатные видео-тренировки разного уровня сложности и для различных целей; Daily Burn (dailyburn.com) сайт предлагает онлайн-тренировки, которые могут быть настроены в соответствии с целями и уровнем подготовки пользователя; StrongLifts 5x5 (stronglifts.com), ресурс сосредотачивается на силовых тренировках и предлагает программу StrongLifts 5x5; Tone It Up (toneitup.com), веб-сайт предоставляет женщинам индивидуальные программы тренировок, рецепты и поддержку в комьюнити, Jillian Michaels Fitness App (jillianmichaels.com/app), известный тренер Джиллиан Майклс предоставляет свое приложение для тренировок и питания; Fitbit Coach (coach.fitbit.com), это веб-платформа, связанная с популярными устройствами для отслеживания активности.

Эти примеры демонстрируют, как веб-платформы могут предоставлять персонализированные тренировки, графики прогресса и другие функции виртуального фитнес-тренера. Они также часто интегрируются с сообществами, анкетами и возможностями

обратной связи для создания более эффективного и мотивирующего опыта.

Вот несколько примеров существующих виртуальных фитнес-тренеров, которые предоставляют персонализированные тренировки и могут служить вдохновением при разработке собственного приложения: Nike Training Club, мобильное приложение, которое предлагает пользователю более 185 бесплатных тренировок различной интенсивности и целей; Freeletics, приложение с инновационными функциями и возможностью совместного использования данных с другими пользователями; Fitbod, виртуальный тренер анализирует данные о прошлых тренировках и создает персонализированный план тренировок, учитывая тип упражнений, объем, вес и другие факторы; MyFitnessPal, приложение не только для тренировок, но и для отслеживания питания; PEAR Personal Fitness Coach, приложение включает в себя голосовой коучинг, предоставляя пользователю аудиоинструкции и мотивацию во время тренировок.

Эти примеры демонстрируют разнообразие подходов к созданию виртуальных фитнес-тренеров. Они могут использовать анкеты, анализ данных, аудиоинструкции, видео, обратную связь пользователей и другие методы, чтобы предоставить персонализированный и эффективный опыт тренировок.

Обзор аналогов показал, что во всех мобильных приложениях фитнес-ассистента можно авторизоваться, просматривать статьи по различным спортивным тематикам, создать личный кабинет. Также в большинстве приложений существует возможность отслеживать спортивный прогресс. Однако в большинстве приложений недостаточно развит функционал поисков спортивных учреждений. Реализация данной функции в приложении

позволит получить конкурентное преимущество.

Большинство вариантов виртуального фитнеса делятся на три категории:

1. Групповые онлайн-занятия по фитнесу: йога, пилатес, танцевальные, кардио-тренировки, тренировки от селебрити и популярных блогеров;

2. Персональные тренировки;

3. Домашние тренажерные залы: беговые дорожки и другое домашнее оборудование позволяющие взаимодействовать с организованным тренировочным процессом в режиме реального времени с онлайн-сообществом или в записи индивидуально [1].

Разработка виртуального фитнес-тренера может принести большую выгоду как пользователям, так и разработчикам.

Проблемы и сложности при разработке виртуального фитнес-тренера

При разработке виртуального фитнес-тренера необходимо учитывать следующие проблемы и сложности:

Персонализация. Разработка точных алгоритмов, способных учитывать уровень физической подготовки, цели, ограничения и предпочтения каждого пользователя, требует сложной аналитической работы. Проблема заключается в том, как определить эти факторы, как выбрать наиболее подходящие тренировки и как адаптировать их по мере прогресса.

Здоровье пользователей - приоритет. Разработчики должны внимательно рассматривать медицинские рекомендации и ограничения. Плохая настройка алгоритмов может привести к неправильным или опасным упражнениям для пользователей с определенными медицинскими состояниями или ограничениями.

Создание интерфейсов для визуализации упражнений, включая аудио и видео, может потребовать дополнительных технических знаний и ресурсов. Гармоничное объединение различных элементов в совокупности может быть сложным.

Разработка удобного и эффективного интерфейса для взаимодействия с пользователем требует понимания потребностей и ожиданий пользователей. Работа с голосовыми командами или чат-ботами требует глубокого понимания технологий и лингвистических аспектов.

Создание алгоритмов, способных адаптировать тренировки на основе прогресса пользователя, может быть сложным математическим и программистским заданием.

Необходимо учесть, как определять успешность тренировок и как соответствующим образом изменять программы.

Поддержание мотивации пользователей для регулярных тренировок - сложная задача. Разработчики должны создавать мотивационные элементы, достаточно интересные и разнообразные, чтобы пользователи продолжали использовать приложение в течение долгого времени.

Разработка приложения, которое будет доступно и эффективно для широкого круга пользователей, включая людей с разным уровнем физической подготовки и ограничениями, требует специфического подхода к дизайну и функциональности.

Программы тренировок должны быть научно обоснованными и эффективными. Разработчики должны тщательно исследовать принципы спортивной науки и доказательств для создания оптимальных тренировочных программ.

Хранение и обработка данных пользователей, а также результатов тренировок, может быть сложной задачей. Это также поднимает вопросы конфиденциальности, безопасности и соответствия нормам GDPR и другим стандартам.

Разработка модели монетизации, которая одновременно предоставляет ценность пользователям и генерирует прибыль, требует понимания бизнес-модели, предпочтений пользователей и долгосрочной стратегии.

Модель виртуального фитнес-тренера

Создание полноценного виртуального фитнес-тренера – это сложная задача, требующая не только программирования, но и понимания спортивной науки, дизайна пользовательского опыта и других аспектов.

Шаг 1: Определение Целей и Функциональности

Прежде всего, определим цели и функциональность виртуального фитнес-тренера.

Цель – предоставить персонализированные тренировки для пользователей всех уровней подготовки, помогая им достигать различных физических целей.

Функциональность. Виртуальный фитнес-тренер будет иметь следующие функции: создание профиля пользователя с указанием имени, возраста, уровня физической подготовки и целей; генерация индивидуальных тренировок в зависимости от уровня подготовки и целей; визуализация упражнений с подробными инструкциями и видеодемонстрациями; отслеживание прогресса пользователя и адаптация тренировок со временем;

возможность задавать вопросы и получать рекомендации от виртуального тренера.

Шаг 2: Создание Профиля Пользователя

Начнем с создания профиля пользователя с помощью написания кода на языке Python (рисунок 1).

```

1 class UserProfile:
2     def __init__(self, name, age, fitness_level, goals):
3         self.name = name
4         self.age = age
5         self.fitness_level = fitness_level
6         self.goals = goals
7
8 # Создание профиля пользователя
9 def create_user_profile():
10     name = input("Введите ваше имя: ")
11     age = int(input("Введите ваш возраст: "))
12     fitness_level = input("Введите ваш уровень физической подготовки (beginner/intermediate/advanced): ")
13     goals = input("Укажите ваши физические цели: ")
14     return UserProfile(name, age, fitness_level, goals)
15
16 user_profile = create_user_profile()
17 print(f"Профиль создан для пользователя {user_profile.name}.")
18

```

Рисунок 1 – Пример кода для создания профиля пользователя

Теперь у нас есть профиль пользователя, который мы будем использовать для персонализации тренировок.

Шаг 3: Генерация тренировок

Создадим систему для генерации индивидуальных тренировок в зависимости от уровня подготовки и целей пользователя (рисунок 2)

```

1 class Exercise:
2     def __init__(self, name, description):
3         self.name = name
4         self.description = description
5
6 class WorkoutProgram:
7     def __init__(self, name):
8         self.name = name
9         self.exercises = []
10
11     def add_exercise(self, exercise):
12         self.exercises.append(exercise)
13
14 def generate_workout(user_profile):
15     workout = WorkoutProgram(f"{user_profile.name}'s Workout")
16
17     if user_profile.fitness_level == 'beginner':
18         exercise1 = Exercise('Push-ups', 'Perform 10 push-ups.')
19         exercise2 = Exercise('Squats', 'Do 15 squats.')
20         workout.add_exercise(exercise1)
21         workout.add_exercise(exercise2)
22     elif user_profile.fitness_level == 'intermediate':
23         exercise1 = Exercise('Pull-ups', 'Perform 8 pull-ups.')
24         exercise2 = Exercise('Lunges', 'Do 12 lunges on each leg.')
25         workout.add_exercise(exercise1)
26         workout.add_exercise(exercise2)
27     else:
28         exercise1 = Exercise('Burpees', 'Do 10 burpees.')
29         exercise2 = Exercise('Plank', 'Hold a plank for 30 seconds.')
30         workout.add_exercise(exercise1)
31         workout.add_exercise(exercise2)
32
33     return workout
34
35 recommended_workout = generate_workout(user_profile)
36 print(f"Рекомендованная тренировка для {user_profile.name}: {recommended_workout.name}")
37 for index, exercise in enumerate(recommended_workout.exercises):
38     print(f"{index + 1}. {exercise.name}: {exercise.description}")
39

```

Рисунок 2 – Пример кода создания системы для генерации индивидуальных тренировок

Теперь у нас есть функция для генерации персонализированных тренировок, и мы можем предоставить пользователю рекомендации для тренировки в соответствии с его профилем.

Шаг 4: Визуализация Упражнений и Взаимодействие.

Добавим визуализацию упражнений и возможность взаимодействия с пользователем (рисунок 3).

```

1 # Пример визуализации упражнения
2 def visualize_exercise(exercise):
3     print(f"Упражнение: {exercise.name}")
4     print(exercise.description)
5     # Здесь можно добавить код для отображения видео или анимации упражнения
6
7 # Взаимодействие с пользователем
8 def main():
9     user_profile = create_user_profile()
10    recommended_workout = generate_workout(user_profile)
11
12    print(f"Привет, {user_profile.name}! Вот твоя рекомендованная тренировка:")
13    for index, exercise in enumerate(recommended_workout.exercises):
14        print(f"\nУпражнение {index + 1}:")
15        visualize_exercise(exercise)
16
17 main()
18

```

Рисунок 3 – Пример кода для визуализации упражнений и возможности взаимодействия с пользователем

Это лишь начало разработки виртуального фитнес-тренера. Для создания полноценного приложения потребуется добавить дополнительные функции, проработать дизайн интерфейса, ввести алгоритмы обработки ошибок и сохранения данных.

Выводы

Виртуальные фитнес-тренеры предоставляют ряд преимуществ и полезных возможностей для пользователей, которые стремятся поддерживать здоровый образ жизни и достигать своих физических целей. Виртуальные фитнес-тренеры могут создавать индивидуальные программы тренировок и планы питания, учитывая физическую форму, цели, ограничения и предпочтения каждого пользователя. Пользователи могут заниматься в любое время и в любом месте, используя веб-сайты или мобильные приложения.

Это удобно для тех, кто имеет ограниченное время или не может посещать фитнес-центры. Виртуальные тренеры предоставляют мотивацию через системы поощрений, графики прогресса и достижений. Это

помогает пользователям следить за своими успехами и оставаться мотивированными. Тренеры предоставляют подробные инструкции и видео-демонстрации для правильного выполнения упражнений. Это позволяет избежать ошибок и травм, связанных с неправильной техникой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазько, С.Г. Тенденции и перспективы развития фитнес-технологий в современных условиях / С.Г. Мазько. – Текст: электронный // Физическая культура, спорт, здоровый образ жизни в XXI веке : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Могилев, 13–14 декабря 2022 года / Под редакцией О.Л. Борисова, А.А. Антипенко. – Могилев: Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова, 2023. – С. 23-26. – EDN QZOTQG.

Филатова Олеся Ивановна – магистрант 2 курса, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, тел. +79689860880, email ls.filatova@mail.ru.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ СКЛАДА ОПТОВОЙ ТОРГОВЛИ

Т. В. Котлубовская, Д. Е. Бондаренко, А. С. Карпов, П. Е. Зубов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Статья посвящена разработке системы пожарной сигнализации склада оптовой торговли на базе интегрированной системы безопасности «Орион Про».

Ключевые слова: склад оптовой торговли, система пожарной сигнализации, интегрированная система безопасности «Орион Про», канал связи, сервер, последовательный порт RS-232, протокол UDP, локально-вычислительная сеть.

Система пожарной сигнализации (СПС) рассматривается как важнейшая и неотъемлемая составляющая часть комплексной системы обеспечения физической безопасности [1].

Основной задачей системы пожарной сигнализации является точное выявление очага возгорания и незамедлительное оповещение о том, в каком месте появилась угроза возникновения пожара. Эффективность и работоспособность системы пожарной сигнализации закладывается ещё на этапе проектирования и напрямую зависит от составных частей этой системы. Очень важно учитывать применимость системы и отдельных её элементов к определённому объекту охраны [1].

Системы пожарной сигнализации играют важную роль в обеспечении безопасности на производстве, в офисных зданиях, на складах и других объектах. СПС позволяют определять возгорание на ранней стадии, принимать меры по его ликвидации, сохраняя, тем самым, жизни персонала и находящееся в помещении имущество.

Всё вышеизложенное послужило основанием для постановки цели работы: "Разработать систему пожарной сигнализации склада оптовой торговли".

Помещение склада представляет собой одноэтажное неотапливаемое здание прямоугольной формы площадью 2784 кв. метров и высотой потолков 10 метров. Материал стен – железобетон, материал крыши – железобетонные перекрытия. Складское помещение используется для хранения растительного масла в оригинальной заводской упаковке в герметичной пластиковой таре.

Главные особенности данного помещения, которые влияют на структуру и состав системы пожарной сигнализации, заключают-

ся в следующем:

– помещение склада не отапливается, а значит, датчики обнаружения пожара должны сохранять свою работоспособность при низких температурах;

– на складе применяется погрузочная техника с ДВС, что приводит к быстрому выходу из строя датчиков регистрации задымления из-за осаждения компонентов выхлопных газов на встроенной оптической системе этих приборов.

Исходя из этих особенностей, целесообразно применить:

1) для обнаружения возгорания – однопозиционные инфракрасные извещатели с необходимым температурным диапазоном работы в существующих условиях;

2) для тревожного оповещения о возникновении пожара – ручные пожарные извещатели, способные работать при отрицательных температурах [2-3].

Разрабатываемая система пожарной сигнализации должна обеспечивать передачу данных от приемно-контрольного устройства на центральный пост охраны средствами локально-вычислительной сети предприятия по протоколу «Ethernet». Также СПС должна быть объединена с действующей на предприятии-заказчике интегрированной системой безопасности (ИСБ) «Орион Про».

На рисунке 1 приведена обобщенная структурная схема системы пожарной сигнализации. В ней предусмотрено:

– подключение приборов приёмно-контрольных охранно-пожарных с опросом (ППКОП) по протоколу RS-485 (до 127 приборов в одной сети) к преобразователю интерфейса формата RS 485/232;

– подключение преобразователя по RS-232, позволяющего перейти к передаче дан-

ных по локально-вычислительной сети по протоколу Ethernet (IP/UDP);

– подключение аппаратных средств дополнительных преобразований протокола при дальнейшей передаче не требуется, так как на сервере интегрированной системы безопасности (сервер ИСБ Vcom), в состав

которой входит разрабатываемая система пожарной сигнализации, обработка данных проходит посредством виртуализации последовательного порта RS-232;

– связь АРМ оператора и сервера ИСБ организована по протоколу TCP/IP [4].

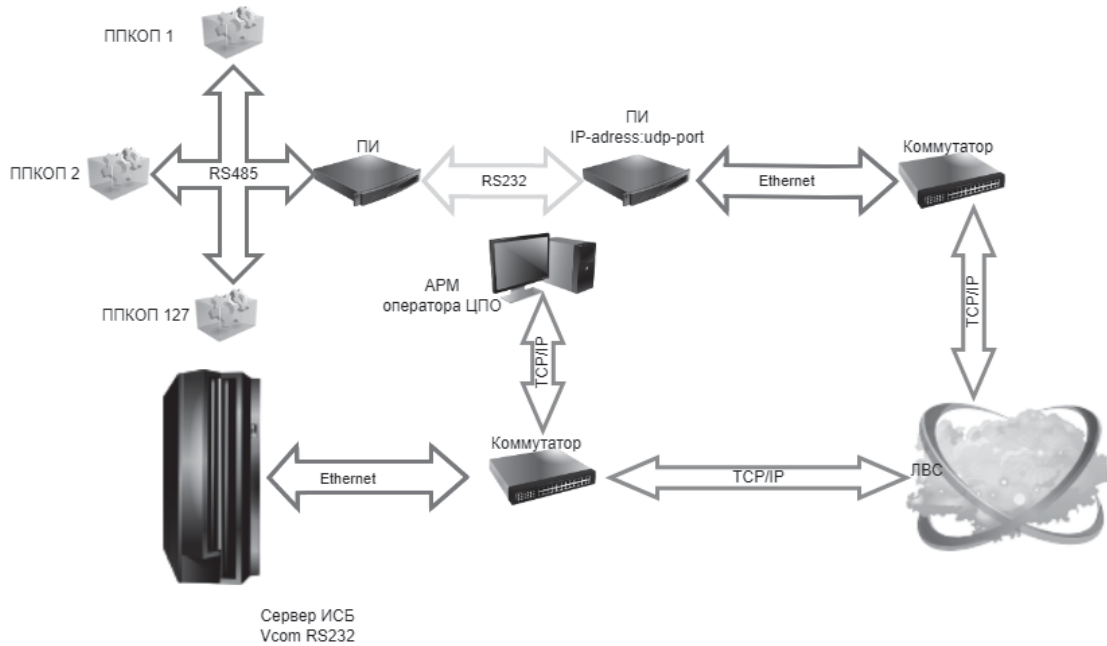


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема СПС

Для приема информации от инфракрасных извещателей о возгорании, будет использован прибор приемно-контрольный охранно-пожарный (ППКОП) «Сигнал-20П», который обладает достаточным количеством шлейфов для данной СПС.

В качестве датчиков обнаружения пламени будут использоваться датчики «Спектрон-204» [5].

На рисунке 2 отображено подключение до 20 инфракрасных датчиков обнаружения возгорания (пламени) к одному ППКОП.

Высота установки датчиков извещения о пожаре подбирается таким образом, чтобы было удобно проводить техническое обслуживание. При этом не должно оставаться мертвых зон для обнаружения источника пламени. На рисунке 3 показано местоположение и угол наклона извещателя пламени «Спектрон-204».

Для перекрытия мертвых зон допускается некоторая избыточность количества извещателей [2].

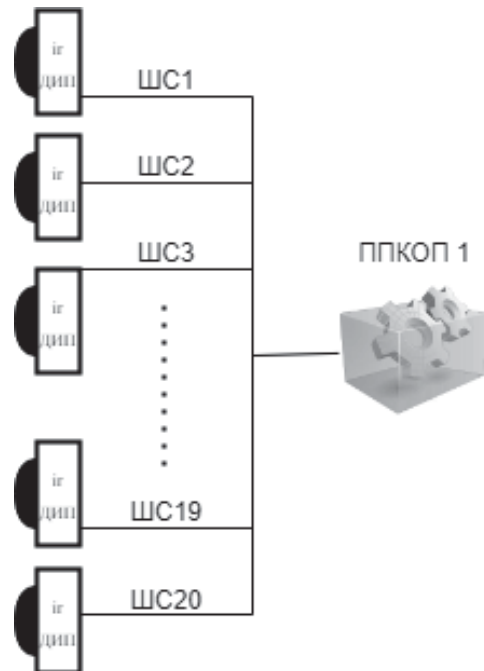


Рисунок 2 – Структурная схема подключения датчиков пламени к ППКОП

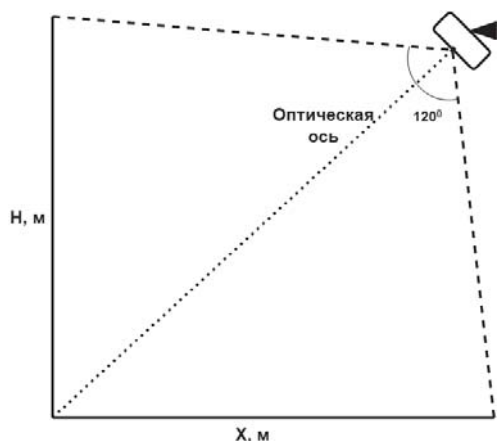


Рисунок 3 – Установка извещателя пламени «Спектрон-204»

Для подачи звукового сигнала применяются оповещатели «Маяк-12-3М», для светового и звукового оповещения – комбинированные оповещатели «Маяк-12К», для светового оповещения о пожаре – оповещатели «Люкс-12». А для ручного формирования сигнала пожарной тревоги или запуска систем пожарной автоматики – извещатель пожарный ручной (ИПР) 513-3М.

Основой системы как для автономной работы, так и для работы в составе ИСБ «Орион Про» будет служить пульт контроля и управления «С2000-М» (рисунок 4).



Рисунок 4 – Внешний вид пульта «С2000-М»

Возможности данного пульта весьма обширны. Вот некоторые из основных [6]:

- 1) С2000-М позволяет хранить конфигурацию до 127 опрашиваемых устройств;
- 2) пульт способен управлять периферийными устройствами по заранее заложенным сценариям;
- 3) работа в режиме преобразователя интерфейса формата RS 232/485 при подключении к серверу ИСБ «Орион Про». При отсутствии соединения с сервером пульт автоматически переходит в режим «ПК» с сохранением событий, принимаемых со всех периферийных устройств с опросом по RS-485.

В цепях преобразования интерфейсов и организации канала связи будут применены преобразователи интерфейса (ПИ) С2000-Ethernet с версией ПО 3.15. В данной версии преобразователя предусмотрена совместимость с виртуальным СОМ-портом RS-232.

Шкаф пожарной сигнализации (ШПС) предназначен для создания комплексов технических средств охранно-пожарной сигнализации, контроля доступа и управления пожарной автоматикой на основе приборов ИСБ «Орион», монтируемых внутрь шкафа.

Для обеспечения связи от ШПС до сервера ИСБ «Орион Про» можно использовать любой коммутатор с достаточным количеством портов. Методика расчёта числа портов заключается в следующем. Необходимо учесть:

- входной и выходной порты;
- порт для подключения ПИ;
- порт для подключения носимого ПК (для осуществления пусконаладочных и ремонтных работ).

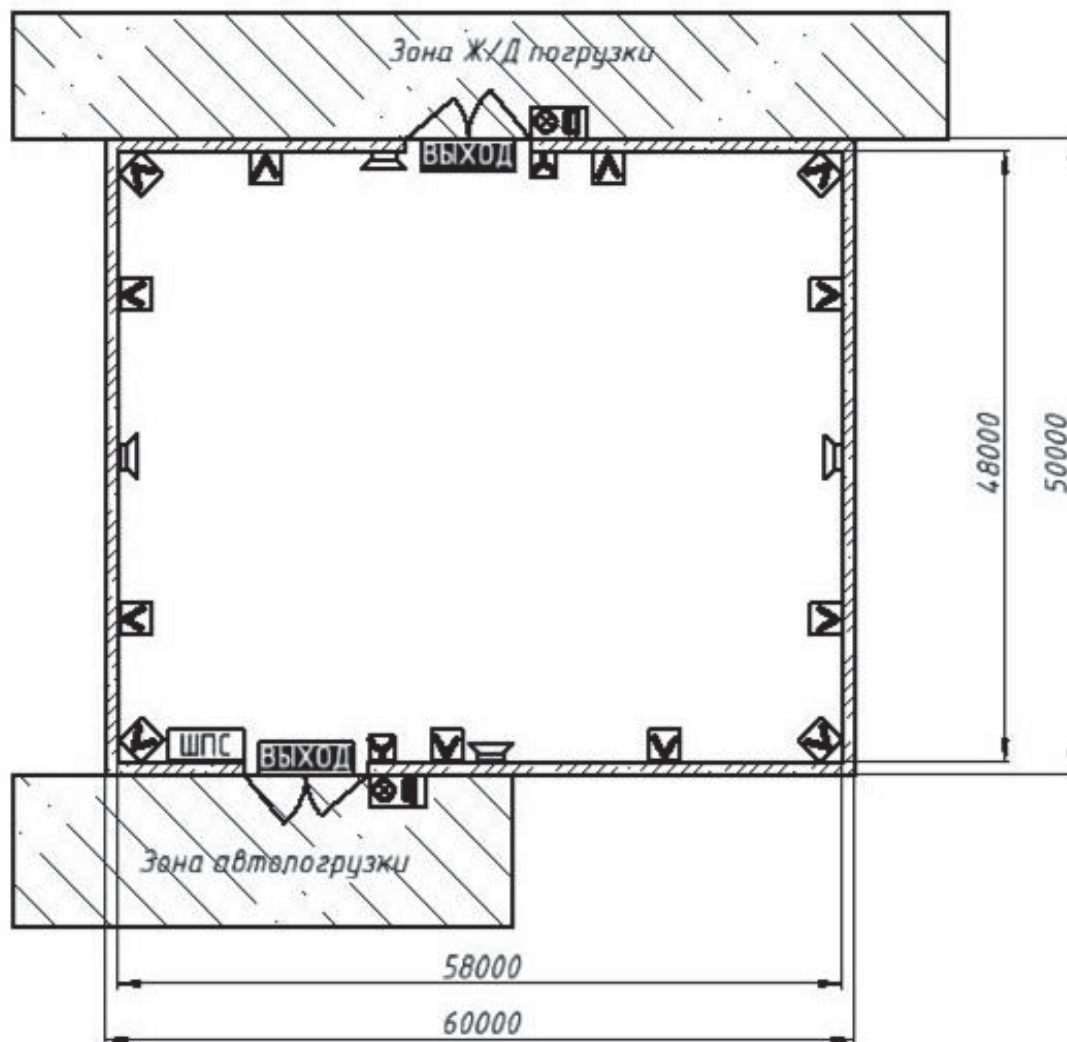
Таким образом, для подключения к ЛВС предприятия подойдет коммутатор с аппаратной частью минимум из четырёх портов. Также можно выбрать управляемую модель для более глубокого мониторинга в сети и использования дополнительных опций.

Например, организации полнодуплексного обмена данными (по умолчанию ПИ использует полудуплексный обмен). Но, подойдёт и более дешёвое решение в виде неуправляемого коммутатора, так как простейший мониторинг состояния сети от сервера ИСБ до ШПС можно организовать уже имеющимся ПИ, используя функцию пингования по IP-адресу [6].

Конфигурирование «С2000М» осуществляется программой PProg [6].

Обычно программированием системы занимаются на этапе пуско-наладочных работ. Но ещё до процесса монтирования системы можно создать конфигурацию оборудования, а в последствии лишь редактировать её под готовый объект. Масштабы и количество объектов в одной системе могут быть весьма большими, и заранее подготовленная конфигурация экономит много времени в процессе пусконаладочных работ.

План расположения светозвукового оборудования и извещателей о пожаре (экспликация помещения склада) представлен на рисунке 5, а на рисунке 6 – пример программирования ПКУ «С2000-М» (создание сценариев управления для системы оповещения и управления эвакуацией СОУЭ).



Условные обозначения:







-  - датчик пламени "Спектрон-204";
-  - извещатель пожарный ручной (ИПР) 513-3М;
-  - оповещатель комбинированный "Маяк-12К";
-  - оповещатель звуковой "Маяк-12-3М";
-  - шкаф пожарной сигнализации;
-  - оповещатель световой "Люкс-12";

Рисунок 5 – Помещение склада с указанием расположения датчиков пламени и светозвукового оборудования

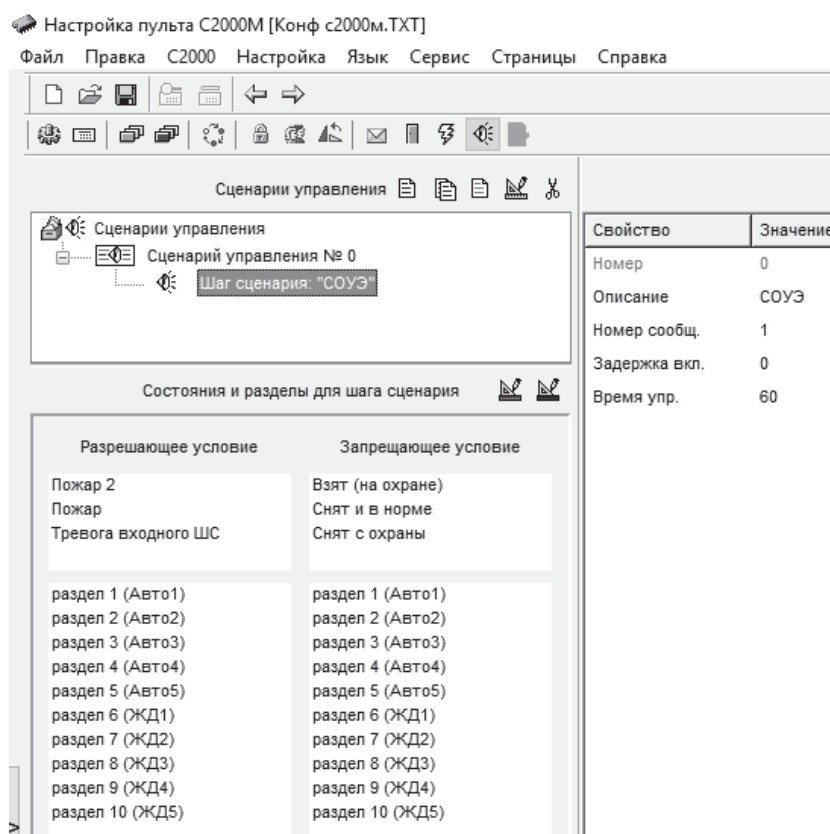


Рисунок 6 – Создание сценариев управления (для СОУЭ)

Выводы

В результате проектирования получены следующие результаты: разработана обобщенная структурная схема системы пожарной сигнализации склада оптовой торговли с подбором аппаратной части; составлен план расположения светозвукового оборудования и извещателей о пожаре; в приложении Pprog реализована программа функционирования системы.

Разработанная система пожарной сигнализации может быть использована на различных предприятиях, имеющих складские помещения. Затраты на установку системы на складе любого размера всегда во много раз меньше того ущерба, к которому может привести возгорание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации: учебник для нач. проф. образования / В.Г. Синилов. – Текст непосредственный // Москва: издательский центр «Академия», 2010. – 512 с.
2. Коваленко, А.Н. Проектирование систем охранно-пожарной сигнализации. / А.Н. Коваленко. – Текст непосредственный // Санкт-Петербург: Питер, 2016. – 336 с.

3. Левичкин, В.А. Методы и средства защиты складов от пожаров / В.А. Левичкин, И.Г. Логинов. – Текст непосредственный // Технологии безопасности. – 2019. – № 6. С. 58-61.

4. Чугунов, Н. Локальные сети: технологии и протоколы /Н. Чугунов. – Текст непосредственный // Санкт-Петербург: Издательство «Питер», 2018. – 512 с.

5. Извещатель пожарный пламени ИП330-3-3 «Спектрон» серия 200. – URL: https://spectron-ops.ru/sites/default/files/product_documents/staroe_is_polnenie_spektron-201_-204_-205_re.pdf (дата обращения: 30.10.2023). – Текст: электронный.

6. Конфигурирования пульта "C2000M" при помощи программы Pprog. – URL: <https://bolid.ru/support/study/webinars/ops/pprog.html>. – (дата обращения: 30.10.2023). – Текст: электронный.

Котлубовская Татьяна Викторовна – к. т. н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: (3852) 290913, e-mail: tavikot2010@mail.ru;

Бондаренко Денис Евгеньевич – студент;

Карпов Артем Сергеевич – студент;

Зубов Павел Евгеньевич – студент.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОГО РОБОТА

И. Д. Парамонов, Т. А. Стопорева, А. В. Забалуев

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В данной статье обоснован выбор технических средств для создания базы данных при помощи виртуального робота при обработке данных участников олимпиад, конференций, конкурсов: система управления базами данных, платформа для запуска бота, язык программирования. Разработан план мероприятий по созданию автоматизированной системы заполнения данных при помощи виртуального робота.

Ключевые слова: база данных, виртуальный бот, заполнение данных, автоматизированная система, участники олимпиады, язык программирования.

Введение

При организации олимпиад и различных конференций или конкурсов возникает вопрос о необходимости сбора данных об участниках. Возможен вариант подачи данных через электронную почту, через портал «Ломоносов» или через бумажные анкеты. В любом случае возникает проблема ее систематизации и обработки. Актуальным является разработка автоматизированной системы заполнения личных данных. Она позволяет систематизировать процесс сбора данных, исключая сбор ненужной информации и упрощая организаторам обработку этих данных.

В связи с обозначенной актуальностью, возникла цель создания автоматизированной системы заполнения данных при помощи виртуального робота.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Проанализировать литературные источники информации.
- 2) Выбрать систему управления базой данных, подходящую цели проекта.
- 3) Выбрать платформу для сбора данных.
- 4) Разработать план для создания виртуального робота.

В статье представлены задачи выбора системы управления, платформы сбора данных, выбор языка программирования и план разработки виртуального робота.

Системы управления базами данных

База данных – это организованная структура, которая предназначена для хранения и сбора информации.

В персональном компьютере база дан-

ных представляется в виде электронных таблиц. Заголовки таблиц – это имена полей, а столбцы — это поля, данные в полях называются значениями полей [1].

Базы данных и электронные таблицы (в частности, MSExcel) предоставляют удобные способы хранения информации. Основные различия между базами данных заключаются в следующем:

- способе хранения и обработки данных;
- полномочии доступа к данным;
- объеме хранения данных.

Базы данных дают возможность множеству пользователей в одно и то же время быстро и безопасно получать доступ к данным и запрашивать их, используя развитую логику и язык запросов [2].

Программный механизм для записи, сортировки, обработки, поиска и печати информации, содержащейся в базе данных, называется системой управления базами данных [2].

Для работы с базами данных используют различные системы управления:

– MySQL. Одна из востребованных баз данных с открытым кодом. Благодаря своей проверенной производительности, надежности и простоте использования база данных наиболее часто используется для веб-приложений на таких ресурсах, как Facebook, Twitter, YouTube [4].

– Microsoft Access. Реляционная система управления базами данных (СУБД) корпорации Microsoft. Входит в состав пакета Microsoft Office. Имеет широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных. Бла-

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОГО РОБОТА

годаря встроенному языку VBA, в самой системе Access можно писать приложения, работающие с базами данных [2].

– Oracle RDBMS или Oracle Database. Объектно-реляционная система управления базами данных компании Oracle. Oracle представляет собой мощный программный комплекс, позволяющий создавать приложения любой степени сложности. Ядром этого комплекса является база данных, хранящая информацию, количество которой за счет предоставляемых средств масштабирования практически безгранично [2].

– Microsoft Excel. Как система, не является специализированным программным средством для разработки баз данных, но имеет все возможности для формирования простых баз данных и навигации по ним [6].

В качестве системы управления для представленного проекта будет использоваться Microsoft Excel, поскольку, во-первых, с ее помощью можно составлять базы данных. Во-вторых, данная программа наиболее широко используется в работе организаторов олимпиад, конференций и спортивных мероприятий.

Бот и его возможности [3,8].

Бот – это программа, которая создана, чтобы выполнять однотипные и повторяемые задачи по определенному алгоритму. Она экономит время людей, беря на себя рутинные функции, а работает через интерфейсы со скоростью, которая намного выше человеческой

Бот освобождает человеческие ресурсы там, где их недостаточно или их использование невыгодно, как, например, в сборе информации.

Бот может использоваться в различных сферах деятельности и выполнять различные полезные функции, но необходимо научить его это делать.

Анализ платформ для запуска бота [3, 8].

Обычно ботов запускают на платформы социальных сетей. К онлайн-платформам, относятся, например, социальные сети «ВКонтакте», Viber, Telegram, «Одноклассники» и т.п.

Боты «ВКонтакте» применяются для:

- обработки однотипных обращений;
- организации рассылок подписчикам;
- фильтрации заявок по категориям;
- мгновенной реакции на сообщения пользователей.

Боты Viber применяется для:

- онлайн-консультаций пользователей;

- организации сервисных рассылок;
- ответов на вопросы и многое другое.

Боты в Telegram применяются для:

- развлечения пользователей;
- онлайн-консультаций;
- поиска информации;
- сбора информации от пользователей.

Телеграмм бот – это специальный аккаунт, созданный в автоматическом режиме, позволяющий пользователям совершать разные действия через сам мессенджер.

Бот «Одноклассники» применяются для:

- работы с обращениями пользователей;
- обработки простых и частых запросов;
- автоматических ответов на вопросы с ключевыми словами.

В качестве платформы для бота был выбран мессенджер Telegram, так как в последнее время эта платформа стала пользоваться наибольшей популярностью. Telegram – кроссплатформенная система мгновенного обмена сообщениями (мессенджер) позволяющая обмениваться текстовыми, голосовыми и видео сообщениями, стикерами и фотографиями, файлами многих форматов.

Выбор языка программирования

Язык программирования – формальный язык, предназначенный для записи компьютерных программ. Язык программирования определяет набор лексических, синтаксических и семантических правил, определяющих внешний вид программы и действия, которые выполнит исполнитель под её управлением [7, 9].

Все известные языки программирования можно разделить на четыре типа [7, 9]:

- структурные языки программирования.

В их основе лежит представление программы в виде иерархической структуры блоков. К ним относят Pascal и Basic;

- процедурные языки программирования. В них программа сводится к последовательному выполнению операторов для преобразования исходных данных в результаты. Самые популярные из них – C и PureBasic.

- объектно-ориентированные. Объектно-ориентированные основаны на представлении программы в виде совокупности объектов, каждый из которых является экземпляром определённого класса, а классы образуют иерархию наследования. К ним относят: JavaScript, C++, Java, Python и т.п.

- функциональные. В них процесс вычисления определяется как вычисление значений функций в их математическом понимании. Примерами этих языков Erlang и Scala.

Для написания бота был выбран язык

программирования Python. Python обладает чёткой грамматикой, поэтому код написанных на нём программ легко читаем. Также он активно развивается, и, примерно, раз в два года выходят новые версии языка. Python – универсальный язык программирования. Его можно использовать в разных сферах: от веб-разработки до работы с машинным обучением. Основные преимущества языка Python: универсальность, легко читаемый синтаксис, реализован почти на всех платформах и операционных системах [7, 9].

Разработка виртуального робота

В соответствии с поставленными задачами был разработан план создания автоматизированной системы заполнения данных при помощи виртуального робота. Были обозначены этапы разработки автоматизированной системы заполнения данных при помощи виртуального бота.

Первый этап – поиск идеи для проекта. Суть этапа заключается в анализе информационных источников, поиске пробелов в ин-

формационных базах, нахождение ниши для работы, анализ и систематизация информации.

Второй этап – написание программы телеграмм бота, объединение телеграмм бота с программой Excel.

Третий этап – наполнение, загрузка информации для расширения интерфейса телеграмм бота.

Четвертый этап – тестирование. Проведение тестового запуска для нахождения ошибок в программе.

Пятый этап – исправление ошибок. После запуска программы возможно появление ошибок и недочетов, которые необходимо устранить.

Шестой этап – повторное тестирование системы на оппонентах.

Седьмой этап – использование, сбор базы данных в программе Excel.

Этапы разработки в формализованном виде представлены на рисунке 1.

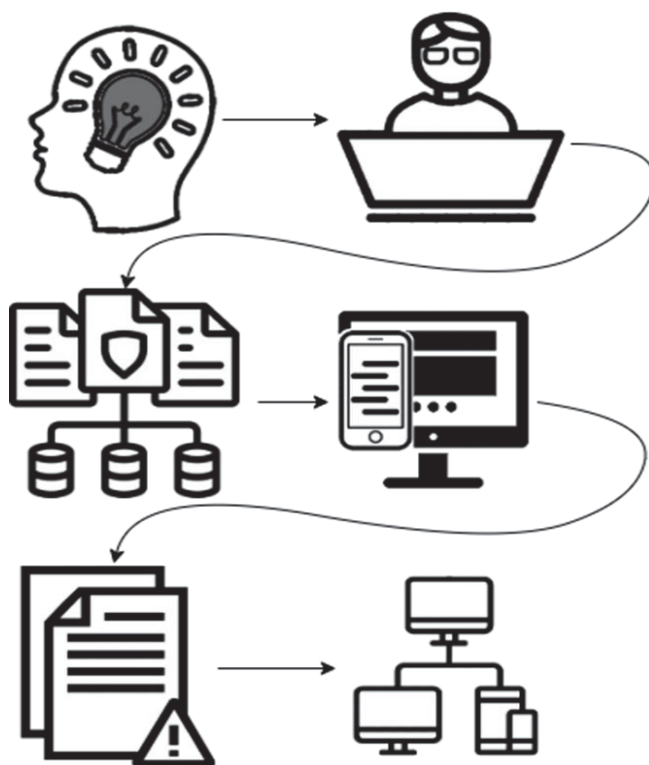


Рисунок 1 – Этапы разработки базы данных

Выводы

В результате проведенного анализа технических средств по созданию автоматизированной системы заполнения данных при помощи виртуального бота сделан следующий выбор элементов разрабатываемой автоматизированной системы:

1. В качестве системы управления для создания базы данных выбрана программа Microsoft Excel, так как она является наиболее доступной программой для пользователей.

2. Платформой для запуска бота выбран

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОГО РОБОТА

мессенджер телеграмм, так как в последнее время эта платформа стала пользоваться наибольшей популярностью.

3. Для написания бота выбран язык программирования Python. Python обладает четким синтаксисом и, благодаря этому, код, написанный на нём программ, легко читаем.

Представлен план создания автоматизированной системы заполнения данных при помощи виртуального бота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированные информационные системы в экономике / ред. М. В. Васильева. – Москва : Студенческая наука, 2012. – Часть 3. Сборник студенческих работ. – 900 с. – (Вузовская наука в помощь студенту). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=225484> (дата обращения: 07.10.2023). – ISBN 978-5-00046-125-9. – Текст: электронный.

2. Oracle, сайт.- URL: [https://www.oracle.com/ru/database/what-is-database/#:~:text=База%20данных%20-%20это%20упорядоченный,системой%20управления%20базами%20данных%20\(СУБД\).](https://www.oracle.com/ru/database/what-is-database/#:~:text=База%20данных%20-%20это%20упорядоченный,системой%20управления%20базами%20данных%20(СУБД).) – Текст: электронный. (дата обращения: 03.10.2023).

3. Что такое бот вообще и в соцсетях, для чего нужен и как пользоваться. Сайт: <https://smmplanner.com/blog/что-такое-бот-вообщем-i-v-sotssietiakh-dlia-chiegho-nuzhien-i-kak-polzovatsia/>. – Текст: электронный. (дата обращения: 07.10.2023).

4. Exceltable, сайт. – URL: <https://exceltable.com/bazy-dannyh-xml/sozdanie-bazy-dannyh> – Текст: электронный. (дата обращения: 03.10.2023).

5. Wikipedia, сайт. – URL:

https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_управления_базами_данных. – Текст: электронный. (дата обращения: 03.10.2023).

6. Бурданова, Л.Ю. Excel как средство создания базы данных и автоматической обработки результатов олимпиад, конкурсов, конференций. Вестник Марийского государственного университета, 2010. – № 5. – URL: [excel-kak-sredstvo-sozdaniya-bazy-dannyh-i-avtomaticheskoy-obrabotki-rezultatov-olimpiad-konkursov-konferentsiy](https://vestnik.msu.ru/excel-kak-sredstvo-sozdaniya-bazy-dannyh-i-avtomaticheskoy-obrabotki-rezultatov-olimpiad-konkursov-konferentsiy). – Текст: электронный (дата обращения: 03.10.2023).

7. Habr, сайт. Интеграция MS Excel и Python. – URL: <https://habr.com/ru/post/232291>. – Текст: электронный. (дата обращения: 03.10.2023).

8. 1PS.RU, сайт. Феномен Телеграм-ботов: что это, зачем нужны, примеры. – URL: <https://1ps.ru/blog/dirs/2021/fenomen-telegram-botov-cto-eto-zachem-nuzhnyi-primeryi>. – Текст: электронный. (дата обращения: 03.10.2023).

9. Языки программирования. Сайт: Информационные технологии. – URL: <https://setiinet.ru/kak-ustroen-kompjuter/yazyki-programirovaniya/>. – Текст: электронный. (дата обращения: 03.10.2023).

Парамонов Иван Денисович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: ivan-paramonov@mail.ru;

Стопорева Татьяна Александровна – к.т.н., начальник ОРПД АлтГТУ, e-mail: sta.79@mail.ru;

Забалуев Александр Владимирович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОХРАННО-ПОЖАРНЫХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

А. А. Чепуштанов, Я. В. Рыжков, И. В. Каминецкий

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Представлены исследование и анализ применения BIM-технологий при проектировании охранно-пожарных систем объектов строительства.

Ключевые слова: проектирование, охранно-пожарная система, системы автоматизированного проектирования, BIM-технологии.

Введение

Использование передовых технологий, включая BIM (Building Information Model)- технологии, способствует значительному улучшению качества систем пожарной автоматики, ускоряет процесс их проектирования и реализации, увеличивая их производительность и надежность.

Целью работы являются исследование и анализ применения BIM-технологий при проектировании охранно-пожарных систем объектов строительства.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать концепцию BIM и определить основные характеристики и преимущества данной технологии;
- описать применения BIM-технологий в различных областях строительства, в частности, в проектировании систем пожарной сигнализации;
- провести анализ современных систем пожарной сигнализации, оценить их надежность, эффективность, соответствие стандартам и законодательству.

Технология информационного моделирования (BIM) при проектировании пожарной сигнализации предлагает ряд преимуществ относительно классических методов разработки. Среди существующих методов выделяются ключевые:

- визуализация и моделирование в реальном времени;
- совместная работа со смежными разделами, а также подрядчиками и клиентами, интеграция с другими системами;
- анализ и симуляция;
- документация и управление жизненным циклом;

– повышение эффективности и снижение ошибок.

Визуализация и моделирование в реальном времени, которые предоставляет BIM, обеспечивают ценное преимущество при проектировании и разработке системы пожарной сигнализации, обеспечивая более точное понимание проекта и позволяя более эффективно использовать ресурсы.

Ключевое преимущество использования BIM — это трехмерное изображение здания, которое можно просматривать в реальном времени. Трехмерное изображение обеспечивает непосредственное визуальное представление о том, как будут размещены компоненты пожарной сигнализации, включая датчики дыма, пожарные извещатели, системы спринклеров и т. д.

Одним из основных преимуществ использования BIM является возможность для совместной работы многих специалистов над одним проектом в реальном времени. Это значит, что архитекторы, инженеры, подрядчики, клиенты и другие заинтересованные стороны могут вносить свой вклад и просматривать проект одновременно, используя одну и ту же модель здания. Возможность совместной работы приводит к повышению эффективности и уменьшению ошибок. Каждый участник проекта может получить полное представление о том, как пожарная сигнализация интегрируется в общий дизайн здания, что позволяет избежать проблем с координацией и конфликтами.

BIM обладает инструментами, которые позволяют проводить анализ и симуляцию различных сценариев в контексте пожарной безопасности. Программные средства позволяют разработчику:

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОХРАННО-ПОЖАРНЫХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

- быстро и точно определить область действия пожарного извещателя;

- определить уровень звукового давления в той или иной точке помещения. При этом учитывается постоянный уровень шума в конкретном помещении, который устанавливается при указании всех необходимых параметров данного помещения в среде разработки;

- оценить заполняемость кабельных конструкций кабелями;

- определить падения напряжений на линиях шлейфов;

- в реальном времени контролировать протяженность кабельных линий и т.д. [1].

Возможность проведения такого анализа и симуляции позволяет инженерам оптимизировать дизайн системы пожарной сигнализации для обеспечения максимальной безопасности. Реализация выбранного решения оптимизирует размещение пожарных извещателей. При оптимизации извещатели с наибольшей вероятностью способны обнаруживать пожар, а системы подавления пожара, такие как спринклеры, могут эффективно подавлять возможные возгорания. То же самое применимо и для звуковых или речевых оповещателей. Оптимальное их размещение позволяет обеспечить требуемый уровень звука в каждой точке помещения.

Симуляция позволяет также оптимизировать планы эвакуации. В случае пожара смоделировать перемещения людей по зданию, и указать наиболее эффективные маршруты эвакуации.

BIM предоставляет централизованное место для хранения и управления всей информацией о проекте. Это включает спецификации оборудования, чертежи, данные о стоимости и т.д., что облегчает управление проектом во время его разработки, строительства и эксплуатации [2].

При использовании BIM, все детали системы пожарной сигнализации, включая типы и модели оборудования, их расположение, параметры и режимы работы хранятся и могут обновляться в модели здания. Это облегчает обслуживание и обновление системы в будущем, поскольку вся необходимая информация легко доступна.

Управление жизненным циклом включает в себя планирование, контроль замену оборудования и ремонтные работы. Например, можно отслеживать срок службы датчиков дыма и планировать их замену в соответствии с рекомендациями производителя.

Кроме того, BIM облегчает соблюдение норм и стандартов пожарной безопасности. Все требования и указания можно внести в модель, что поможет обеспечить соответствие системы ПС актуальным требованиям.

Из вышеописанных преимуществ вытекает очень важный аспект использования BIM-технологий в проектировании систем ПС – повышение эффективности и снижение ошибок.

Благодаря автоматизации BIM-технологий отпадают ручные вычислительные операции, что снижает риск ошибок. Более того, в распоряжении разработчика появились автоматизированные инструменты по выявлению ошибок или упущений. К примеру, при переполнении кабельного канала кабельными линиями, при превышении общей нагрузки на блок электропитания, при превышении адресов на шлейфе прибора приёмно-контрольного (ППК) и т.д. Программные средства предупреждают об ошибке и указывают конкретное место проблемы.

Системы автоматизированного проектирования с использованием технологий BIM

Система Revit используется для разработки архитектурных проектов, инженерных систем (вентиляция, водоснабжение, отопление, электроснабжение) и конструкций. Программа позволяет следить за изменениями в проекте в режиме реального времени, что обеспечивает более высокую точность и эффективность в работе.

Одной из ключевых особенностей Revit является поддержка «параметрического проектирования». Данная особенность позволяет вносить изменения в одну часть модели, а система автоматически обновит все связанные части модели. Производительность проектирования значительно возрастает, поскольку избавляет проектировщика от необходимости вручную перерабатывать каждую отдельную деталь при изменении дизайна [3].

Система Renga – это система автоматизированного проектирования, разработанная компанией Renga Software. Компания является совместным предприятием фирмы «Аскон» – разработчика популярного продукта КОМПАС 3D и компании «1С». Renga является российским аналогом Autodesk Revit и фактически обладает таким же функционалом [3].

Система NanoCAD – это профессиональная система автоматизированного проектирования, разработанная российской компанией «Nanosoft». NanoCAD используется

для создания и редактирования чертежей в 2D и 3D форматах. Благодаря поддержке форматов «dwg» и «IFC» платформа является эффективным решением для совмещения технологий САПР и технологий BIM [4].

В состав системы nanoCAD входят следующие BIM-решения:

- BIM-конструкции – автоматизированное проектирование металлических и железобетонных конструкций;

- BIM-ВК – автоматизированное проектирование и моделирование систем горячего и холодного водоснабжения, установок водяного пожаротушения, совмещенных с системой внутреннего противопожарного водопровода;

- BIM-вентиляция – автоматизированное проектирование и моделирование систем вентиляции и кондиционирования зданий и сооружений;

- BIM-отопление – автоматизированное проектирование и моделирование системы отопления зданий и сооружений;

- BIM-электро – автоматизированное проектирование и моделирование систем силового электрооборудования, внутреннего и наружного электроосвещения различных объектов;

- BIM-ОПС – автоматизированное проектирование систем безопасности в следующем составе: пожарная сигнализация, оповещение, система контроля и управления доступом, охранная сигнализация, видеонаблюдение;

- BIM-СКС – автоматизированное проектирование структурированных кабельных сетей.

Системы пожарной сигнализации

Рассматривать системы зарубежных производителей не целесообразно, так как сотрудничество с российским производителем подразумевает наиболее оперативную поддержку на любом этапе проектирования и эксплуатации. К тому же большинство заказчиков (особенно государственные подряды) требуют использования отечественного оборудования.

Самыми распространенными на сегодняшний день системами, которые уже давно зарекомендовали себя как системы, позволяющие организовать пожарную сигнализацию на объектах любого назначения, различных объемов и сложности, являются следующие системы:

- интегрированная адресная система безопасности Rubezh R3;

- противопожарная система Bolid.

К положительной стороне данных систем относится тот факт, что подавляющее большинство проектных, строительных и обслуживающих организаций имеют огромный опыт работы с данными системами на различных стадиях реализации (от проектирования до выполнения пусконаладочных работ).

Интегрированная адресная система безопасности Rubezh R3 является продуктом российской научно-производственной компании ООО «КБПА».

В состав интегрированной адресной системы безопасности Rubezh R3 входят все необходимые устройства для построения полноценной системы противопожарной защиты (СПЗ) на объекте: от извещателей и исполнительных устройств до источников бесперебойного электропитания. Помимо этого, имеется возможность интеграции СПЗ с автоматизированным рабочим местом (АРМ), которое также представлено в линейке продукции компании, в том числе и со всем необходимым ПО.

Интегрированная адресная система безопасности Rubezh R3 в полной мере позволяет защитить объект пожарной сигнализацией, организовать в автоматическом или ручном режимах запуск, контроль и управление следующими системами:

- оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ);

- противодымной вентиляции;

- пожаротушения;

- контроля и управления доступом;

- общеобменной вентиляции;

- управления лифтами;

- передачи тревожных извещений на пульты централизованного управления МЧС и т.д.

Rubezh R3 дает широкий инструментальный для дальнейшего её масштабирования в случаях возникновения такой необходимости.

Оборудование компании Rubezh имеет все необходимые пожарные сертификаты и сертификаты соответствия, подтверждающие прохождение всех требуемых проверок и испытаний, которые являются обязательными в рамках норм, ГОСТов и сводов правил Российской Федерации.

Противопожарная система Bolid в полной мере является аналогом системы Rubezh. Принципы и специфика организации системы те же с небольшими отличиями.

В качестве интерфейса обмена данными между центральными устройствами выступает RS-485. Адресные линии связи строятся на

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОХРАННО-ПОЖАРНЫХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

аналогичной АЛС у Rubezh двухпроводной линии связи (ДПЛС).

Линейка предоставляемого оборудования компанией Bolid также позволяет в полной мере осуществлять оснащение СПА зданий любых сложностей и объемов, легко масштабируется и позволяет использовать АРМ совместно с ПО собственного производства («Орион»).

Выводы

В статье сделан сравнительный анализ технологии информационного моделирования (BIM) при проектировании пожарной сигнализации относительно классических методов разработки.

Приведено понятие BIM-технологии, описаны основные преимущества, предоставляемые данной технологией в проектировании, реализации и эксплуатации проектов.

Рассмотрены несколько программных средств, работающие по технологии BIM, такие как Autodesk Revit, Renga и nanoCAD BIM. В результате сравнительного анализа программных средств BIM, nanoCAD BIM был выбран в качестве наиболее оптимального. Его ключевыми преимуществами являются богатый функционал, совместимость со стандартами и форматами данных BIM, а также более доступная стоимость по сравнению с другими рассмотренными продуктами.

Рассмотрены системы пожарной автоматики от ведущих производителей российского рынка: Rubezh и Bolid. По результатам анализа систем пожарной автоматики, продукция компании Rubezh была определена в качестве основного оборудования для проектирования системы пожарной сигнализации. Это решение было принято на основе широкого ассортимента продукции компании, от-

личного качества оборудования и поддержки, а также позитивного отзыва на рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талапов, В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В.В. Талапов // Москва: ДМК-Пресс, 2015. – 410 с. – Текст: непосредственный.

2. Суханова, И.И. Проектирование инженерных систем на основе BIM-модели в Autodesk Revit MEP / И.И. Суханова, Ю.В. Столбихин, С.В. Федоров // Учебное пособие для СПО. – Санкт-Петербург изд. – Москва: Лань, 2022. – 148 с. – Текст: непосредственный.

3. Романов, А.Б. Проектирование систем слабых токов / А.Б. Романов // Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 478 с. – Текст: непосредственный.

4. Официальный сайт Nanocad. Умное проектирование / Nanocad. – URL: <https://nanocad.pro/produktyi/bim-resheniya/bim-ops.html> /- Текст: электронный.

Чепуштанов Александр Александрович – к.т.н, доцент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: a.a.che2017@mail.ru;

Рыжков Ярослав Владимирович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: yaroslav_ryzhkov@mail.ru;

Каминецкий Илья Владимирович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913.

ВИРТУАЛЬНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. А. Сидоренко¹, К. Киппес²

¹ Томский политехнический университет,

² Томский экономическо-промышленный колледж,
г. Томск

В статье показаны преимущества предприятий, использующих автоматизированные средства проектирования. Внедрение данных средств позволяет ускорить производство конструкций, в частности машиностроительной отрасли.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, искусственный интеллект, цифровизация, производство.

Внедрение виртуальных и интеллектуальных систем обработки информации в производство в любом случае окажет положительную тенденцию на производительность. Данные системы способны минимизировать риски ошибок, совершаемых человеком, а также сократить время на подсчет, оформление или составление технической документации.

Использование автоматизированных систем для сбора и анализа информации, позволяет повысить эффективность работы производства на 10 - 12 %. Внедрение на производственных площадках средств автоматизации, роботов ассистентов, снижает площадь участка, цеха до 25 %.

Большинство предприятий применяет средства искусственного интеллекта для планирования складских запасов. В этом случае система учитывает данные по закупкам, выполненным в предыдущие года, загруженность производства, сезонность и прочие факторы. Внедрение автоматизированных средств и интеллектуальных методов снижают расходы, связанные с незавершенным производством до 10%, и снижают объемы запасов материалов на складе до 35%. Автоматизированная система позволяет проводить закупки комплектующих при достижении минимального объема, что увеличивает производительность на 5% [1].

Переход предприятия к цифровой экономике требует пересмотра всех его производственных процессов, начиная с этапа получения технического задания, разработки основных узлов, детальной проработки узлов, сборки и выпуска продукции, а также ее гарантийного обслуживания и дальнейшей утили-

зации. Таким образом, изменяется вся структура процессов создания продукции по вертикали. При переходе на «цифру» могут потребоваться изменения и у компаний партнеров, поставщиков комплектующих деталей и узлов, так как оформление документов переводится в цифровую среду.

Проведение цифровой трансформации с использованием разнообразных современных технологий должно базироваться на соответствующей цифровой платформе. Под цифровой платформой понимается совокупность цифровых данных, моделей и инструментов, информационно и технологически интегрированных в единую автоматизированную систему управления целевой предметной областью, кроме того, данная платформа должна организовывать взаимодействие заинтересованных субъектов между собой.

Внедрение цифровой платформы на предприятии создает предпосылки для создания собственной экосистемы цифрового предприятия. К такой экосистеме можно отнести взаимодействие между поставщиками, заказчиками, службой логистики, сервисными службами. Важно также, что при этом все данные об операционных процессах, их эффективности, управлении качеством и операционном планировании доступны в режиме реального времени в интегральной сети организации [2].

Внедрение данных систем в производство занимает долгое время, т.к. необходимо занести все данные, построить иерархию, обучить систему и персонал в том числе. Поэтому внедрять виртуальные и интеллектуальные системы необходимо постепенно.

Для начала производству необходимо выделить те аспекты, где у него имеются «белые пятна» и, после анализа, приступить к внедрению различных систем для устранения. Наиболее часто такие «белые пятна» можно наблюдать на ведении конструкторской документации, когда вносятся изменения по месту изготовления на деталях, но не отражаются на чертежах. Данные изменения могут привести в дальнейшем к путанице в процессе сборки или изготовлении деталей при ремонтных работах. Для устранения, вводится единая цифровая среда для оформления КД всей выпускаемой продукции предприятия, и процесс создания конструкции утверждается в порядке установленной иерархии прописанной в инструкциях. После утверждения внесение изменений не допустимо.

Выполнение КД долгое время осуществлялось при использовании CAD-пакетов, что позволяло ускорить процесс выполнения чертежей в сравнении с периодом, когда чертежи выполнялись в «рукопашную». Этот этап можно считать стартовым периодом внедрения цифровой среды для оформления КД. Увеличение объема работ в 3D способствует усложнению выпускаемой продукции. Из-за более полной детализации, указанию материала конструкции и входящих элементов с заданными механическими свойствами, увеличивается количество файлов для хранения информации. В этой ситуации применение CAD-пакетов не соответствует потребностям разработчиков для реализации идей при создании выпускаемой продукции. Наглядное отображение изделий (3D модели) усложняет систему хранения и передачи информации между отдельными специалистами, т.к. увеличивается количество и объем файлов, хранящих информацию. Нередко над одним и тем же проектом, но разными узлами, работает несколько человек и все они могут использовать разные версии CAD-пакетов, что также затрудняет работу над продукцией.

Усложнение конструкции, необходимость работы над одним изделием сразу несколькими специалистами способствовало развитию PDM-систем: программы, которые объединяют в себе справочные данные, технологические и конструкторские системы. Особенностью PDM-систем CAD-пакетов является гибкое управление продуктом. В PDM-системе можно связывать файлы в иерархической структуре, создавая подчиненные файлы, считывать дерево сборок, из которых состоит выпускаемая продукция. Система PDM поз-

воляет создавать одно информационное поле, где содержатся данные о продукте (документация, инженерные и технические сведения, описанием рабочих процессов и т. д.)

Следующим шагом стало объединение с этими данными сведений, относящихся к остальным этапам жизненного цикла продукта: стадиям эксплуатации, обслуживания и утилизации. Это и есть PLM-системы: программные комплексы, связывающие между собой конструкторов, технологов, закупки, производство, ОТК и отгрузку. Все подразделения предприятия работают в единой информационной среде, что серьезно упрощает процессы взаимодействия.

Основные преимущества таких решений состоят в том, что:

- данные о реализуемом проекте доступны всем специалистам: конструкторам, технологам, специалистам сервисной службы и т.д. в режиме реального времени;

- управленческий персонал практически мгновенно может получить необходимые данные о реализации проекта для составления отчетных документов.

Внедрение PLM-систем на предприятиях сокращает время на проектирование новых продуктов, позволяет использовать уже разработанные узлы (заимствование узлов из других продуктов), использовать готовые решения при решении поставленной задачи [4].

Использование PLM-систем позволяет достигнуть следующих результатов:

- сократить временные затраты на разработку КД и создание закупочных ведомостей в 2 – 3 раза;

- сократить затраты бюджета проекта за счет использования проверенных решений и работы с проверенными поставщиками;

- сократить время планирования при разработке типовой продукции;

В итоге стоимость технической документации и время на её изменения уменьшаются на 30%.

При включении в цифровую среду предприятия партнеров по поставкам сырья, комплектующих, оборудования можно свести к минимуму закупку у неблагонадежного поставщика. К цифровой среде предприятия можно подключить единую систему закупок (ЕИС). На период 2020 года в системе зарегистрировано более 20 000 сведений о поставщиках, с которыми возникали сложности при заключении договоров на поставки. За последние годы количество таких поставщиков выросло более чем на 3 000.

Подключение предприятия к цифровой среде ЕИС способствует снижению риска заключения договора на поставку с недобросовестным поставщиком. Данная система собирает, анализирует, оценивает риски заключения договора. Сопоставив данные от разных поставщиков, ЕИС может рекомендовать более надежных поставщиков или компании с более выгодными условиями закупки. В этом случае в компании наблюдается снижение затрат на закупки, снижается заключение договоров поставок с недобросовестными поставщиками, улучшается качество выпускаемой продукции. Кроме того, ИИ упрощает взаиморасчеты с поставщиками, исключает ошибки и мошенничество при переводе денежных средств.

Подводя итог, можно сделать следующий вывод. Внедрение в промышленность и строительство трех систем (PDM, PLM и ЕИС) ведет к повышению производительности предприятий, уменьшению времени на оформление документации, сокращению сроков изготовления и вывода на рынок изделий с соответствующими требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровые технологии в металлургии станут ключевой точкой роста отрасли / сайт.– URL: https://sber.pro/digital/publication/ot-mashinostroeniya-do-metallurgii-kak-primenyaetsya-ii-v-promyshlennosti_ (дата обращения: 11.11.2023). – Текст: электронный.
2. Цифровизация промышленности в России и за рубежом / сайт.– URL: <https://center2m.ru/tsifrovizatsiya-promishlennosti>.
3. Искусственный интеллект в промышленности / сайт. – URL: <https://vc.ru/tech/585900-iskusstvennyy-intellekt-v-promyshlennosti>. (дата обращения: 11.11.2023). – Текст: электронный.
4. Что такое PLM система и какие выгоды она даёт предприятию / сайт. – URL: <https://vc.ru/u/990440-1s-oxtron/326144-cto-takoe-plm-sistema-i-kakie-vygody-ona-daet-predpriyatiyu>. (дата обращения: 11.11.2023). – Текст: электронный.

Сидоренко Алексей Александрович – магистрант, ОМШ ИШНПТ ТПУ, тел.+7(996)0719382, e-mail:aas292@tpu.ru;

Киппес Кэтти – студент, Томский экономико-промышленный колледж, тел.+7(952)1573924, e-mail: ms.kkiissss@yandex.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОМ ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

У. Р. Тахаев, А. У. Менциев, Р. И. Алиев

Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова,
г. Грозный

В данной статье исследуется применение технологий виртуальной и дополненной реальности в сфере высшего образования. Рассматриваются успешные проекты, осуществленные российскими университетами, использующими VR/AR для обогащения образовательного процесса. Проекты включают в себя виртуальные языковые симуляции, обучение геологии и геофизике с использованием VR-визуализации, а также дополненную реальность в музейной среде. Эти проекты призваны улучшить уровень вовлеченности студентов, облегчить практическое обучение и углубить понимание сложных концепций.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, образование, образовательные проекты, VR/AR в образовании.

Введение

Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) в настоящее время становятся важным инструментом в образовательном процессе, предоставляя уникальные возможности для улучшения обучения и вовлеченности учащихся. Однако, несмотря на свой потенциал, многие проекты в этой области остаются специфичными и не консолидируются в платформу, применимую к различным инженерным дисциплинам. В этом исследовании мы оценим успешные проекты, связанные с использованием VR/AR в российских университетах и их влияние на образовательный процесс.

Цель данной научной работы – изучить успешные проекты, связанные с использованием технологий VR/AR в российских университетах и выявить их влияние на образовательный процесс.

Мы рассмотрим проекты, использующие VR/AR для обогащения образовательного процесса по различным инженерным дисциплинам. Основное внимание будет уделено вовлечению студентов, интерактивному обучению и пониманию сложных концепций.

В рамках этого исследования мы проанализируем несколько проектов, в которых VR/AR используются для улучшения образования. Один из проектов, рассматриваемых в исследовании, посвящен использованию виртуальной реальности для изучения иностранных языков. Мы проанализируем, как эта технология может помочь учащимся развить навыки общения и понимания на других языках. Второй проект касается использования VR/AR при изучении геологии и геофизики. Мы исследуем, как

эти технологии способствуют лучшему пониманию геологических процессов и явлений.

Третий проект исследует использование AR в музейных выставках и образовательных программах. Мы оценим, как AR может сделать посещение музеев более интерактивным и познавательным.

При использовании технологий VR/AR в образовании наблюдаются следующие положительные эффекты:

1. Повышение вовлеченности учащихся;
2. Интерактивное обучение;
3. Углубление понимания концепций;
4. Персонализированный адаптивный опыт.

Однако успешная интеграция VR/AR в образование сталкивается с некоторыми проблемами и ограничениями:

1. Технологические ограничения.
2. Специфика проекта.

Технологии виртуальной и дополненной реальности открывают уникальные возможности для улучшения образования в российских вузах. Проекты, рассмотренные в этом исследовании, подчеркивают разнообразие применений инструментов VR/AR в разных дисциплинах, предоставляя студентам захватывающее и интерактивное обучение.

Опыт российских вузов

Несмотря на технологические ограничения и специфику проекта, успешная интеграция VR/AR в образование может существенно улучшить качество образования и удовлетворить потребности студентов, способствуя развитию критического мышления, сотрудничества и индивидуального стиля обучения. Ниже приведены несколько примеров, демонстрирую-

щих успешную интеграцию технологий VR/AR в практику российских вузов:

1. Виртуальный учебный центр Уральского федерального университета (УрФУ) использует VR-технологии для практической подготовки по таким направлениям, как изучение иностранных языков и анализ движений человека. Центр предлагает виртуальные симуляции для изучения иностранных языков в виртуальной реальности. Виртуальная реальность обеспечивает смоделированную среду, в которой студенты могут практиковаться в реальных языковых сценариях, улучшая свои языковые навыки и культурное понимание. Интерактивный характер VR позволяет проводить персонализированные уроки языка, содействуя активному участию и возрастающему восприятию. Используя технологию виртуальной реальности, учащиеся языка могут преодолеть временные и пространственные барьеры, получив доступ к языковому погружению, не выходя из класса. Интеграция виртуальной реальности в изучение языка открывает новые возможности для эффективного и приятного изучения языка.

2. Томский политехнический университет (ТПУ) внедрил средства VR-визуализации для повышения качества обучения в области геологии и геофизики. Студенты могут исследовать виртуальные геологические формации, проводить полевые исследования и анализировать геологические данные в реалистичной среде. Этот проект способствует лучшему пониманию геологических процессов и повышает способность студентов точно интерпретировать геологическую информацию

3. Музей дополненной реальности Государственного исторического музея и Института археологии и этнографии, который оживляет историю и культуру. С помощью AR-устройств студенты могут получить доступ к дополнительной информации, интерактивным экспонатам и виртуальным реконструкциям исторических артефактов. Этот проект предоставляет студентам уникальный и увлекательный способ изучения истории, археологии и культурного наследия, способствуя более глубокому пониманию и изучению прошлого.

Обсуждаемые проекты виртуализации дисциплины в практике российских вузов демонстрируют трансформационный потенциал VR/AR-технологий. Эти проекты повышают вовлеченность учащихся, облегчают практическое обучение и способствуют лучшему пониманию сложных концепций.

Выводы

Исследование показало, что технологии виртуальной и дополненной реальности

успешно интегрируются в образовательный процесс в российских университетах. Эти проекты действительно улучшают обучение, делая его более интерактивным и погружающим, что способствует более глубокому пониманию учебного материала. VR/AR открывают новые возможности для образования и могут быть ключевым инструментом в образовании будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов, А.В. Виртуальная и дополненная реальность в высшем техническом образовании / А.В. Козлов.- Текст: непосредственный // Современное педагогическое образование.- 2023.- №2. -С. 111-115.

2. Козлова, А.Д. Перспективы технологий виртуальной и дополненной реальности в дополнительном образовании / А.Д. Козлова, Н.П. Ходакова.- Текст: электронный // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». -2022. - №4 (16). - С. 55-63. - URL: https://koirojournal.ru/wp-content/uploads/2022/12/kvo_416-05_kozlova_hodakova.pdf (дата обращения: 14.11.2023)

3. Макгуинн, И.В. Применение дополненной и виртуальной реальности в образовании / И.В. Макгуинн. - Текст: непосредственный // CCS&ES.- 2022. - №2. - С. 126-132.

4. Менциев, А.У. Технология виртуальной реальности в современном образовании / А.У. Менциев. - Текст: непосредственный // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Брянск, 2018. - С. 331-332. - EDN YVZYGL.

5. Менциев, А.У. Цифровые технологии в педагогической деятельности / А.У. Менциев. - Текст: непосредственный // Современные педагогические технологии профессионального образования: Материалы IV-й международной заочной научно-практической конференции, 2020. - С. 156-159. - DOI 10.23681/594750. - EDN UNIRQU.

6. Мухамадиева, К.Б. Дополненная и виртуальная реальность в образовании / К.Б. Мухамадиева. - Текст: непосредственный // Образование и проблемы развития общества.- 2021. -№1 (14). - С. 68-75.

7. Славин, О.А. Прикладные аспекты применения технологий виртуальной и дополненной реальности в образовании /О.А. Славин. - Текст: непосредственный // Известия ТулГУ. Технические науки. -2022.- №9. - С. 34-38.

Тахаев Усам Русланович – магистрант кафедры «Бизнес-информатика»;

Менциев Апти Умалтович – магистрант кафедры программирования и ИКТ;

Алиев Ризван Идрисович – ассистент кафедры «Бизнес-информатика», +7(989)170-14-61, mediche86@mail.ru.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ

У. Р. Тахаев, А. У. Менциев, Р. И. Алиев

Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова,
г. Грозный

В последние годы технологические инновации, такие как дополненная реальность (ДР) и виртуальная реальность (ВР), оказывают значительное воздействие на сферу образования. Данная статья представляет собой сравнительный анализ этих технологий, оценивая их возможности и ограничения в образовательных контекстах. Авторы рассматривают степень погружения, взаимодействие с реальным миром, контекст и цель использования, доступность и портативность, интеграцию с физическим миром, а также, реализм и визуализацию этих технологий. Цель статьи – предоставить информацию о применении ДР и ВР в образовании и определить ключевые факторы выбора между ними.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, иммерсивные технологии, цифровое образование, анализ данных.

Введение

В последние годы технологические достижения оказали глубокое влияние на различные аспекты нашей жизни, включая образование. Традиционные образовательные практики трансформируются по мере того, как преподаватели и научные сотрудники исследуют инновационные способы вовлечения учащихся и улучшения результатов обучения. Среди новых технологий – дополненная реальность (ДР) и виртуальная реальность (ВР), привлекли значительное внимание своим потенциалом изменить образовательный процесс.

Создание контента для приложений ДР и ВР требует опыта и ресурсов, а качество доступного образовательного контента может варьироваться. Кроме того, необходимо тщательно учитывать этические соображения, такие как конфиденциальность и доступность, чтобы обеспечить справедливый доступ к этим технологиям.

Целью данной статьи является проведение сравнительного анализа дополненной реальности и виртуальной реальности в контексте образования.

Мы стремимся выявить преимущества и ограничения каждой из этих технологий, а также предоставить рекомендации по их эффективному использованию в образовательных практиках. В данной работе мы анализируем степень погружения, взаимодействие с реальным миром, контекст и цель использования, доступность и портативность, интеграцию с физическим миром, а также реализм и визуализацию в контексте дополненной реальности и виртуальной реальности. Мы оцениваем, как эти характеристики могут влиять на образовательный процесс и какие задачи могут быть решены с их помощью.

Сравнительный анализ

Дополненная реальность и виртуальная реальность – две технологии, которые могут произвести революцию в секторе образования. В рамках данного исследования представлен следующий сравнительный анализ ДР и ВР в контексте образования:

А. Степень погружения:

– ДР: ДР обеспечивает частичное погружение, накладывая виртуальный контент поверх реального мира. Пользователи могут видеть и взаимодействовать как с физической средой, так и с цифровыми элементами.

– ВР: ВР обеспечивает полное погружение, полностью заменяя реальный мир виртуальным. Пользователи воспринимают и взаимодействуют только с виртуальной средой, скрывая физическую среду.

Б. Взаимодействие с реальным миром:

– ДР: ДР объединяет цифровой контент с реальным миром, позволяя пользователям взаимодействовать с физическими объектами и людьми, одновременно взаимодействуя с виртуальными элементами. Восприятие пользователем реального мира усиливается виртуальными элементами.

– ВР: ВР изолирует пользователей от реального мира и ограничивает их взаимодействие с физическими объектами. Пользователи взаимодействуют в первую очередь с виртуальными объектами и средами в рамках ВР-симуляции.

В. Контекст и цель:

– ДР: ДР дополняет реальный мир виртуальным контентом, чтобы улучшить понимание пользователем своей физической среды или взаимодействие с ней. ДР может использоваться в образовательных учреждениях для предоставления

дополнительной информации, визуализаций или интерактивных элементов, связанных с

– ВР: ВР создает моделируемую реальность, которая погружает пользователя в совершенно другой мир. В сфере образования ВР может привлекать учащихся к виртуальным экскурсиям, историческим реконструкциям или интерактивному моделированию, чтобы улучшить процесс обучения.

Г. Доступность и портативность:

– ДР: доступ к ДР-возможностям осуществляется через различные устройства, включая смартфоны, планшеты или специальные ДР-приложения. Приложения ДР часто более доступны и портативны по сравнению с ВР.

– ВР: для виртуальной реальности обычно требуется специализированное оборудование, такое как головные дисплеи (HMD) и устройства виртуальной реальности с движением, которые менее портативны и требуют большей вычислительной мощности, что ограничивает доступность в определенных контекстах.

Д. Интеграция с физическим миром:

– ДР: ДР интегрируется с физическим миром, позволяя учащимся визуализировать виртуальные объекты и взаимодействовать с ними в реальной среде. Такая интеграция может улучшить понимание и практическое применение знаний.

– ВР: ВР заменяет физический мир виртуальной средой, что может ограничивать прямую интеграцию с физическим миром. ВР Experiences больше внимания уделяет созданию погружающих симуляций и виртуальных сценариев.

Е. Реализм и визуализация:

– ДР: ДР обеспечивает среду смешанной реальности, в которой виртуальные элементы накладываются на реальный мир. Он может обеспечить более реалистичную визуализацию и контекстную информацию в реальном времени.

– ВР: ВР обеспечивает полное погружение в очень детализированный и визуально захватывающий виртуальный мир. Уровень реализма в ВР может быть выше за счет полного контроля над виртуальным миром.

И дополненная реальность, и виртуальная реальность имеют свои уникальные преимущества и возможности применения в образовании. ДР добавляет виртуальную информацию в контекст реального мира, а ВР предлагает погружающие и моделируемые среды. Выбор между ДР и ВР зависит от конкретных целей обучения, желаемого уровня погружения, доступного оборудования и образовательного контекста, в котором они будут использоваться.

Выводы

Дополненная реальность и виртуальная реальность предоставляют уникальные возможности

для образования. Дополненная реальность обогащает реальный мир виртуальным контентом, улучшая понимание и взаимодействие с ним, в то время как виртуальная реальность создает погружающие виртуальные среды. Выбор между ними зависит от конкретных образовательных целей и контекста. Важно также учитывать доступность и этические вопросы при интеграции этих технологий в образовательную практику. Наш анализ помогает исследователям и преподавателям принимать информированные решения относительно использования дополненной и виртуальной реальности в учебных целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джабраилов, З.А. VR/AR – технологии / З.А. Джабраилов. – Текст: непосредственный // Мир в эпоху глобализации экономики и правовой сферы: роль биотехнологий и цифровых технологий: Сборник научных статей по итогам VI международной научно-практической конференции, 2021. – С. 257-258. – EDN AUIJVZ.
2. Кадыров, А.А. Использование VR-технологий в образовательной сфере / А.А. Кадыров. – Текст: непосредственный // DigitalEra: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Грозный, 2023. – С. 218-222. – DOI 10.36684/93-1-2023-218-222. – EDN TJXNLR.
3. Магомадов, В.С. Технология «цифровой близнец» для производства / В.С. Магомадов. – Текст: непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 7-1(97). – С. 72-75. – DOI 10.23670/IRJ.2020.97.7.010. – EDN NIYGNC.
4. Менциев, А.У. Технология виртуальной реальности в современном образовании / А.У. Менциев. – Текст: непосредственный // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Брянск, 2018. – С. 331-332. – EDN YVZYGL.
5. Менциев, А.У. Цифровые технологии в педагогической деятельности / А.У. Менциев. – Текст: непосредственный // Современные педагогические технологии профессионального образования: Материалы IV-й международной заочной научно-практической конференции, 2020. – С. 156-159. – DOI 10.23681/594750. – EDN UNIRQU.
6. Мухамадиева, К.Б. Дополненная и виртуальная реальность в образовании / К.Б. Мухамадиева. – Текст: непосредственный // Образование и проблемы развития общества. – 2021. – №1 (14). – С. 68-75.

Тахаев Усам Русланович – магистрант кафедры «Бизнес-информатика»;

Менциев Апти Умалтович – магистрант кафедры программирования и ИКТ;

Алиев Ризван Идрисович – ассистент кафедры «Бизнес-информатика», +7(989)170-14-61, mediche86@mail.ru.

КОНФИГУРАЦИЯ «УМНОГО ДОМА» ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Д. Е. Пузик, А. Ю. Левчук, Д. М. Пехота, А. Г. Зрюмова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание конфигурации оборудования для построения разветвлённых и независимых блоков в системе «умный дом» для получения данных, обработки данных и анализа их с помощью технологий искусственного интеллекта. Рассмотрена возможность использования разных категорий датчиков и сенсоров. Описаны варианты их возможного подключения

Ключевые слова: умный дом, суб-хаб, искусственный интеллект, датчик.

Технологии искусственного интеллекта прочно входят в разные области жизни человека. Искусственный интеллект (ИИ) становится незаменимым инструментом для обработки данных и их анализа, прогнозирования развития систем и поведения объектов.

Внедрение технологии ИИ в состав системы «умный дом», позволяет не только вести автоматическое управление и контроль состояния жилья, но и проводить анализ данных, поступающих от датчиков, предска-

зывать «желания» владельца и максимально подстраивать систему под него. Для построения таких интеллектуальных систем необходимо с определенной периодичностью обеспечить сбор достоверных данных с датчиков.

Целью работы является разработка системы контроля и управления жилыми помещениями с анализом статистических данных.

Структурная схема контроля среды жилого помещения представлена на рисунке 1.

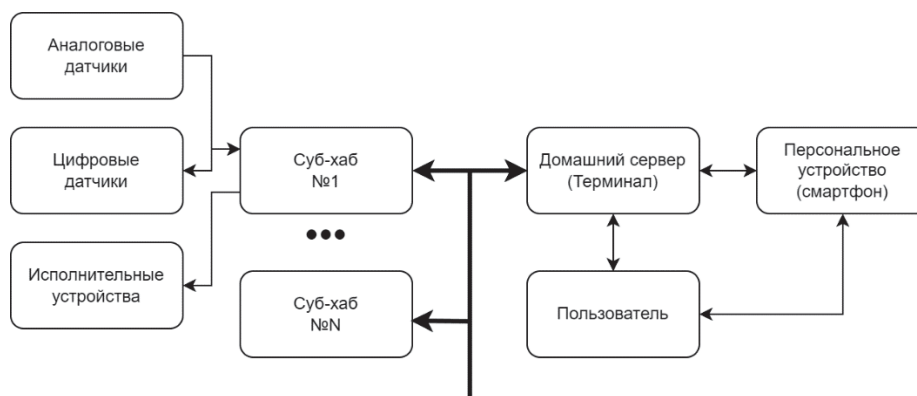


Рисунок 1 – Структурная схема контроля среды жилого помещения

В предложенной выше схеме суб-хаб представляет собой устройство для сбора, предварительной обработки, кэширования и отправки данных с датчиков на терминал, а также для управления исполнительными устройствами: нагревательные устройства, электроприводы, реле, динамики и т.д. Кроме того, суб-хаб обеспечивает автономность и позволяет быстро реагировать на события (срабатывание датчиков движения, превышение пороговых значений температуры), независимо от состояния терминала (потеря сиг-

нала, обновление и т.д.), работать по заложенному сценарию. Кроме того, суб-хабы могут снабжаться автономными источниками питания (аккумуляторами) для обеспечения работы своей сети датчиков и исполнительных устройств в случае потери основного питания, что бывает важно в критических местах: система охраны, контроль утечки газа или воды и тому подобное.

Терминал выступает в роли домашнего сервера для долгосрочного хранения собранных данных, их аналитики при помощи

нейросетей и предсказания поведения системы, а также для взаимодействия с пользователем. Для взаимодействия предполагается использование web-интерфейсов, при наличии доступа в сеть, или же использование сервера в роли полноценного терминала управления.

К преимуществам данного подхода можно отнести следующие положительные свойства:

- способность кэшировать и обрабатывать данные с датчиков, а также управлять исполнительными устройствами независимо от состояния терминала;
- использовать более бюджетные датчики, не имеющие в своём составе вычислительной техники;
- поддерживать бесперебойную работу локальной сети устройств суб-хаба в случае потери центрального питания и связи с сервером;

К недостаткам можно отнести высокую стоимость самого суб-хаба, а также необходимость наличие терминала для полноценной работы.

Для объединения суб-хабов в единую сеть с терминалом предлагается несколько вариантов подключений:

- проводное подключение RS-485;
- беспроводное подключение Wi-Fi;
- беспроводное подключение Bluetooth.

Из предложенных вариантов беспроводное подключение посредством Wi-Fi сети является наиболее предпочтительным по ряду причин: готового аппаратного решения во многих устройствах, отсутствие необходимости прокладывания сигнальной линии между суб-хабами и терминалом, наличие возможности прямого подключения к суб-хабу для настройки.

В то же время, данное решение создаёт дополнительный трафик в домашней сети и общее зашумление Wi-Fi сетей. Однако, небольшой объём передаваемых данных снижает влияние этих факторов.

Система работает по следующему сценарию:

1. Суб-хабы настраиваются для подключения к домашней Wi-Fi сети, после чего терминал автоматически определяет их.

2. К суб-хабам подключаются датчики и исполнительные устройства. Через терминал происходит их настройка.

3. Через терминал прописываются сценарии при различных событиях (потеря питания, потеря сигнала, проникновение, превышение порогового значения датчика и т.д.).

Терминал переправляет скрипты на соответствующие суб-хабы.

4. Система работает по прописанным сценариям, при этом собирая данные о работе устройств и данные с них.

5. После накопления определённого объёма данных начинается поиск привычек и причинно-следственных сигнатур для генерации дополнительных скриптов, учитывающих особенности пользователя. Предсказывается поведение системы в целом.

Пользователю предлагаются новые скрипты для подключения в основной сценарий.

Поиск привычек и причинно-следственных связей в событиях и является ключевой технологией, для которой разрабатывается данный комплекс. В отличие от привычных алгоритмов, в перспективе, данное решение позволит выявлять критическую последовательность событий для предотвращения опасных событий.

Вывод

Проектирование и обучение нейросети для данной задачи открывает область для исследований, требующих сбор статистических данных от системы умного дома. В перспективе, подобные системы могут быть использованы в том числе на промышленных предприятиях, для выявления опасных ситуаций, предсказания пожаров, жертв, нарушений технологического процесса и так далее. Внедрение разрабатываемой системы к системе городского видеонаблюдения может позволить предсказывать преступления и опасные ситуации, своевременно направлять бригады для устранения опасных факторов или заранее направлять группы для устранения последствий катастрофы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сотник, С.Л. Проектирование систем искусственного интеллекта: курс: учебное пособие / С.Л. Сотник. – Текст: электронный // Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2007. – 204 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234802> (дата обращения: 15.11.2023).

2. Устелемова, М.С. Основы построения системы "умный дом": курс: учебное пособие / М.С. Устелемова. – Текст: электронный // Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2010. – 45 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=234827> (дата обращения: 15.11.2023).

КОНФИГУРАЦИЯ «УМНОГО ДОМА»
ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н., доцент кафедрой ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: a.zrumova@mail.ru;

Пузик Данила Евгеньевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: danilapuzik16@mail.ru;

Левчук Алексей Юрьевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: customefhd@gmail.com;

Пехота Денис Михайлович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: dpehota1@mail.ru.

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

М. А. Пасюта, Л. И. Сучкова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

В статье выполнен анализ существующих технологий в контексте распознавания двигательной активности человека. Рассмотрены способы оптимизации методов распознавания для улучшения их эффективности в различных сценариях применения, сформулированы особенности работы с временными слотами при анализе двигательной активности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, распознавание объектов, глубокое обучение

Введение

Распознавание двигательной активности человека — это процесс анализа и классификации движений и действий человека с использованием различных сенсоров и технологий. В современном мире роль технологий в области медицины, физиологии, фитнеса и виртуальной реальности становится все более значительной, и распознавание двига-

тельной активности человека играет ключевую роль в этом контексте.

Для распознавания обычно используется определение по шаблону и отслеживание ключевых точек на объекте исследования (Рисунок 1). В случае материальных объектов это могут быть их углы или другие реперные точки, для людей ключевыми точками могут быть основные суставы, такие как локоть или колено.

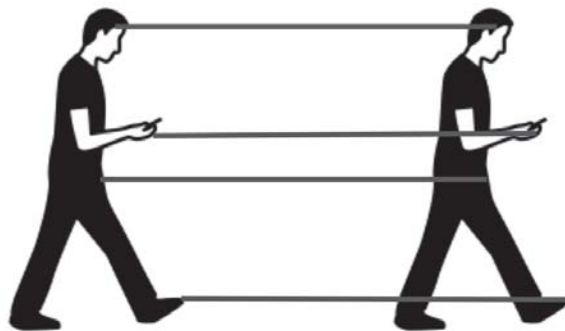


Рисунок 1 – Классическое решение задачи оценки позы

Люди представляют особую категорию объектов, характеризующихся большой гибкостью. При изменении положения рук или ног ключевые точки, соответствующие суставам, будут находиться в разных относительных положениях [6]. Напротив, при оценке жестких объектов, таких как стол, углы всегда будут иметь одинаковое расстояние друг от друга, независимо от ориентации объекта. Для оценки позы человека существует три основных метода моделирования тела (Рисунок 2):

- модель на основе скелета;
- модель на основе контура;
- модель на основе объёма.

Лучшим подходом в анализе биомеханической активности человека является отслеживание изменений амплитуд перемещений ключевых точек. Таким образом, каждое упражнение представляет собой чередование амплитуд перемещений 18 точек. Перемещение также может быть разделено на временные слоты, в которых происходит изменение положений рассматриваемых точек (Рисунок 2).

Цель работы – выделить необходимые точки для идентификации изменений амплитуд, на которые следует обратить внимание, и определить точки, которыми можно пренебречь.

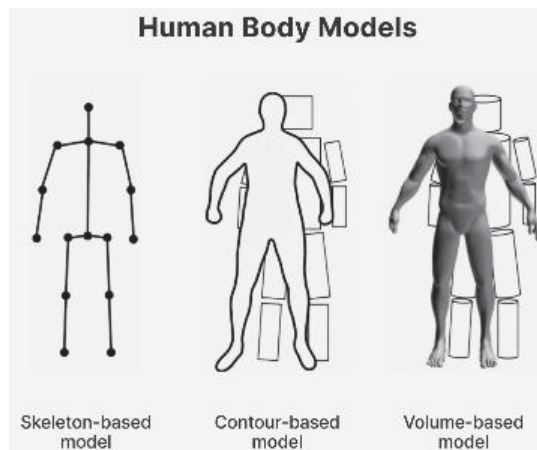


Рисунок 2 – Методика моделирования человеческого тела

Рассмотрим ключевые этапы формализации анализа двигательной активности человека.

Достаточно сильно отличаются подходы анализа при оценке позы в 2D и 3D. У 2D-модели достаточно просто определяются расположение ключевых точек на изображении или видеокadre, оценивая координаты X и Y для каждой точки. В 3D-модели добавляются прогнозирование координаты Z для преобразования в 3D-объект. 3D-оценка позы позволяет предсказать реальное пространственное положение представленного объекта. Однако, оценка позы в 3D является более сложной задачей для машинного обучения, поскольку требует создания наборов данных и алгоритмов, учитывающих множество факторов, таких как фоновая сцена изображения, условия освещения и многое другое.

Контурный анализ – это метод описания, хранения, распознавания, сравнения и поиска графических образов (объектов) на основе их контуров. В данном подходе объекты описываются кривыми, которые представляют их границы на изображении [2]. При этом внутренние точки объекта не учитываются, что значительно упрощает алгоритмы и вычисления. Основным преимуществом контурного анализа является инвариантность относительно вращения, масштабирования и смещения контуров на тестируемом изображении. Этот метод хорошо подходит для поиска объектов заданной формы. Однако предположения о контурах объектов могут ограничить применимость данного метода, в первую очередь, из-за проблем выделения контуров на изображении.



Рисунок 3 – Работа алгоритма контурного анализа

Анализируя данный подход, можно сказать, что метод контурного анализа имеет слабую устойчивость к помехам, и любое повреждение контура или низкая видимость объекта может привести к трудностям с его обнаружением или к ошибочным результатам [1]. Однако благодаря простоте и скорости анализа, данный подход эффективно применяется в случаях, когда объект находится на контрастном фоне и не сопровождается помехами. Одним из наиболее ярких примеров использования контурного анализа является распознавание печатного текста.

Метод поиска по шаблону используется для нахождения участков изображения, которые наиболее похожи на заданный шаблон. Процесс поиска по шаблону состоит из следующих шагов. Сначала определяется шаблон, который нужно найти. Шаблон может быть изображением, текстурой или другими характерными признаками объекта. Затем этот шаблон сравнивается с различными областями изображения для нахождения соответствий. При сравнении применяются различные метрики или алгоритмы, такие как корреляция, сумма квадратов разностей (SSD) или нормализованная кросс-корреляция (NCC) [5]. Если найдено совпадение, то можно определить положение или область, где шаблон обнаружен. Это может

быть центр объекта, его контур или другие характеристики. Метод поиска по шаблону может быть применен для различных задач,

таких как распознавание лиц, детектирование объектов, определение позиции или ориентации объекта.



Рисунок 4 – Пример работы алгоритма «поиск по шаблону»

Преимущества метода поиска по шаблону включают его относительную простоту реализации, возможность обнаружения объектов на изображении независимо от масштабирования и ориентации. Однако этот метод также имеет некоторые ограничения, включая влияние освещения, шума или преград, которые могут повлиять на точность распознавания [1]. Стоит заметить, что данная методика не гарантирует 100-процентной идентификации объекта. Кроме того, могут возникнуть ложные срабатывания алгоритма, когда объ-

екта на самом деле нет, но имеются некоторые общие детали между шаблоном и областью на тестируемом изображении.

Метод обнаружения по ключевым точкам направлен на выделение на изображении ключевых особенностей и распознавании уникальных особых точек на изображении, которые имеют характерные свойства, такие как устойчивость к масштабированию, поворотам и изменениям освещения.



Рисунок 5 – Пример обнаружения по ключевым точкам

Каждый алгоритм определяет ключевые точки по-своему. Для обнаружения ключевых точек и их последующего сравнения обычно используются три компонента:

- детектор, осуществляющий поиск ключевых точек на изображении;
- дескриптор, который описывает найденные ключевые точки, анализируя их позиции и характеризуя окружающие области;

– матчер, строящий соответствия между двумя наборами ключевых точек изображения.

Процесс обнаружения по ключевым точкам включает несколько этапов. Сначала изображение анализируется для поиска потенциальных точек. Это могут быть углы, ребра, узлы или другие локальные экстремумы в интенсивности пикселей. Затем каждая особая точка описывается дескриптором, который содержит информацию о ее окрестно-

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

сти [5]. Deskрипторы вычисляются на основе локальных особенностей, таких как градиенты или текстурные характеристики. Полученные дескрипторы ключевых точек могут быть использованы для различных задач, включая сопоставление изображений, отслеживание объектов, реконструкцию сцены и другие. Они позволяют эффективно описать и сравнить уникальные особенности изображений, что делает метод обнаружения по ключевым точкам очень полезным инструментом в компьютерном зрении. Преимущества метода обнаружения по ключевым точкам включают его инвариантность к масштабированию, поворотам и освещению, а также способность обрабатывать изображения с большим количеством деталей и сложной структурой. Однако этот метод также имеет свои ограничения, включая вычислительную сложность и

возможные проблемы при обработке изображений с низким контрастом или шумом.

Оптимальным подходом, на наш взгляд, является совмещение нескольких алгоритмов, что позволяет создать устойчивое решение. Рассмотрим процесс анализа изменений амплитуд на примере физических упражнений. Каждое упражнение представляет собой чередование амплитуд перемещений всех ключевых точек, а также может быть разделено на временные слоты, в которых происходит перемещение точек (Рисунок 4). Целью данного анализа является выделение изменений амплитуд, на которые следует обратить внимание, и определение изменений, которыми можно пренебречь. Рассмотрим ключевые этапы формализации анализа двигательной активности человека.



Рисунок 6 – Оценка амплитуды движения рук человека

Фиксация изменений амплитуд. На данном этапе проводится детальный анализ амплитуд перемещений каждой точки в упражнении с целью выявления изменений, которые имеют значительное влияние на двигательную активность и могут указывать на проблемы или особенности в выполнении упражнения.

Ключевые изменения в амплитудах перемещений могут быть различными и зависеть от конкретного упражнения и контекста анализа. Ключевые изменения включают:

-резкое увеличение или уменьшение амплитуды движений: если амплитуда движений внезапно увеличивается или уменьшается значительно, это может указывать на нарушение нормального паттерна движений и

сигнализировать о проблемах в выполнении упражнения;

- отклонение от обычной траектории движений: если точки, обозначающие перемещение, отклоняются от ожидаемой или типичной траектории, это может указывать на неправильные движения или нарушение координации;

- необычные колебания: если амплитуды перемещений колеблются в необычном или нестандартном режиме, например, слишком быстро или слишком медленно, это может указывать на нарушения в контроле движений или на проблемы в выполнении упражнения.

Важно отметить, что определение ключевых изменений в амплитудах перемещений требует учета контекста и специфики каждого

упражнения. Это может включать знание типичных паттернов движений для конкретного упражнения, ожидаемых значений амплитуд или референсных данных для сравнения.

Алгоритм анализа двигательной активности человека строится нами с учетом временных слотов и перемещения точек. Определение временных слотов является важным шагом в анализе двигательной активности, позволяющим структурировать исследуемое упражнение на промежутки времени, в которых происходит перемещение всех точек. Временные слоты помогают охватить все движения и получить достаточное количество данных для детального анализа.

Определение оптимальных временных слотов основывается на нескольких факторах:

- длительности упражнения. Упражнение может иметь различную длительность, и для анализа необходимо выбрать временные слоты, которые покрывают всю продолжительность упражнения. Этот подход позволяет охватить все фазы и этапы движения, а также учесть возможные изменения в амплитудах и траекториях движений;

- равномерного распределения точек. Важно, чтобы временные слоты были равномерно распределены во времени и покрывали все 18 точек, которые измеряются. Этот процесс обеспечивает полное представление о перемещениях и взаимодействии различных частей тела во время упражнения;

- достаточной длительности слотов. Временные слоты должны иметь достаточную длительность для сбора определенного количества данных. Эта процедура зависит от скорости и интенсивности движений, а также от требуемой точности анализа. Оптимальная длительность слотов может быть определена экспериментально или с учетом предыдущих исследований и практического опыта;

- перекрытия слотов. Возможно, будет полезным иметь перекрытие между временными слотами для более плавного анализа движений и исключения потенциальных пропусков или переходных состояний. Эта процедура позволяет получить более непрерывные данные и улучшить качество анализа;

- изменений, которыми можно пренебречь. Несущественные изменения включают в себя те изменения, которые не имеют значимого влияния на оценку двигательной активности и не являются диагностически значимыми.

Несущественные изменения могут включать следующие аспекты:

- малозначительные колебания. Могут наблюдаться небольшие изменения амплитуды движений, которая не является значимой с точки зрения общей оценки двигательной активности. Это могут быть небольшие колебания или шумы, которые не изменяют общий паттерн движений;

- случайные отклонения. Иногда в процессе анализа могут возникать случайные отклонения или артефакты, которые не имеют диагностической ценности и не влияют на общую оценку двигательной активности. Это могут быть временные аномалии или артефакты, вызванные физическими или техническими факторами;

- незначительные изменения в определенных точках. В некоторых случаях могут наблюдаться незначительные изменения амплитуд в определенных точках, которые не влияют на общую картину движений и не имеют диагностической значимости. Это могут быть естественные вариации или физиологические особенности, которые не требуют особого внимания.

В настоящее время существует множество методов для обнаружения объектов на изображениях. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор подходящего метода зависит от конкретной задачи. Для разрабатываемой системы анализа активности человека выбран подход с методом поиска по шаблону, сформулированы принципы определения временных слотов для алгоритма идентификации. После обучения нейронная сеть сможет определять на изображении только нужный фрагмент, тем самым будет уменьшаться количество операций и возрастет быстродействие системы. В спорте применение современных подходов в распознавании объектов на изображениях позволяет тренерам и спортсменам получать более детальную информацию о своей производительности, анализировать тактику соперников и принимать более обоснованные решения на основе данных. Распознавание паттернов двигательной активности актуально и для развития программного обеспечения систем видеонаблюдения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балухто, А.Н. Нейросетевая фильтрация и сегментация цифровых изображений / А. Н. Балухто, Л.Е. Назаров. – Текст: электронный // Нейрокомпьютеры в прикладных задачах обработки изображений. – 2006. – № 11-12. – URL:

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

<http://radiotec.ru/journal/Neurocomputers/number/2006-11-12/article/3809> (дата обращения: 15.11.2023).

2. Болотова, Ю. А. Методы и алгоритмы интеллектуальной обработки цифровых изображений: учебное пособие / Ю. А. Болотова, А. А. Друки, В.Г. Спицын. – Текст: электронный // Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2016. – 208 с. – URL: <https://znanium.com/read?id=344728>. (дата обращения 17.11.2023).

3. Горячкин, Б.С., Китов М.А. Компьютерное зрение / Б.С. Горячкин, М.А. Китов. –Текст: электронный // E-Scio.Электронный журнал. – 2020. – 9(48). – URL: <https://e-scio.ru/wp-content/uploads/2020/09/Горячкин-Б.-С.-Китов-М.> – А.pdf (дата обращения 16.11.2023).

4. Татьянкин, В.М. Подход к формированию архитектуры нейронной сети для распознавания образов / В.М. Татьянкин. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2016. – № 2 (41). – С. 61–64.

5. Головкин, В.А. Применение нейронных сетей глубокого доверия для выделения семантически значимых признаков. – Текст: электронный / В.А. Головкин, А.А. Крощенко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2015): материалы V междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 481-486. – URL: <https://rep.bstu.by/bitstream/handle/data/36816/481-486.PDF?sequence=1&sAllowed=y&ysclid=lp8fo7lk7n113900211> (дата обращения 20.11.2023)

Пасюта Максим Андреевич – аспирант каф. ИВТиИБ, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: pasutmaks@yandex.ru;

Сучкова Лариса Иннокентьевна – д.т.н., профессор каф. ИВТиИБ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)29-09-85, e-mail: li.suchkova@yandex.ru.

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Д. Е. Пузик, С. Д. Сидоров, В. М. Рыжих

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание разработанного приложения для обучения управления мобильной робототехнической платформой. Описаны возможности и приведены планы развития приложения

Ключевые слова: робототехника, мобильная робототехника, C, C#, Unity.

В последнее время, активно развиваются такие направления, как робототехника и фиджитал спорт. Для проведения удалённых соревнований, необходима платформа с возможностью симуляции работы мобильной робототехнической платформы, возможностью разработки задач и просмотром результатов.

Анализ существующих на сегодня платформ для моделирования работы мобильных робототехнических комплексов показал, что решения, представленные на рынке, не позволяют вести разработку на языке программирования C, или имеют высокие требования к начальному уровню знаний соревнующихся. Также существуют проблемы по совместимости реальных решений и их цифровых двойников.

В связи с этим, была начата разработка симулятора, отвечающего следующим требованиям:

– Разработка цифрового двойника мобильной робототехнической платформы Omegabot [3], выбранной для проведения очного тура соревнований по программированию.

Микроконтроллеров «Программирование и схемотехника»;

– Программирование роботов на языке C;

– Возможность конструировать полигоны для различных задач;

– Отображение симуляции в реальном времени.

В качестве ядра приложения был выбран Unity Engine, по причинам, связанным со скоростью разработки и поддержкой 2d-приложений. Для разработки приложения использовались языки программирования C# и python.

Окно приложения было разбито на три части (рисунок 1):

1. Редактор кода – окно для ввода программного кода на языке C для управления платформой;

2. Окно отладки – окно для вывода сообщений и отладки программного кода;

3. Окно визуализации полигона – окно с визуализацией работы платформы на полигоне.

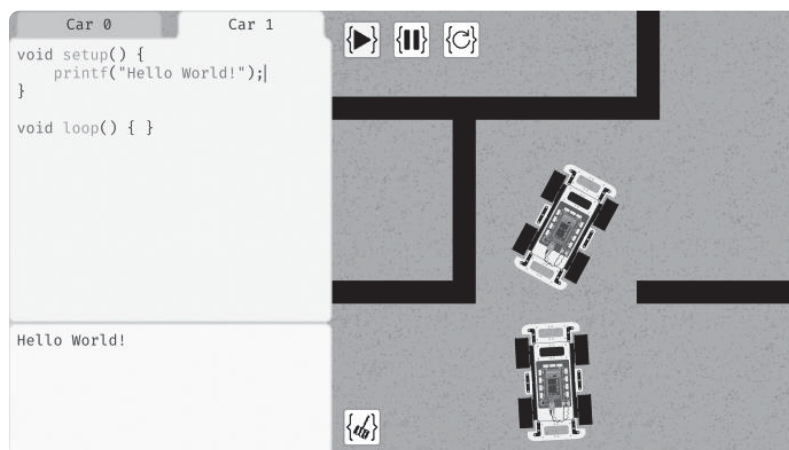


Рисунок 1 – Интерфейс приложения

Трансляция программного кода на языке С происходит построчно (интерпретируется).

Были реализованы:

- Основные типы данных С;
- Арифметические операторы;
- Логические операторы;
- Операторы сравнения;
- Битовые операторы;
- Операторы ветвления;
- Операторы цикла.
- Библиотека Math;

– Высокоуровневые функции для управления платформой.

На данный момент возможно управления несколькими роботами, используя программный код, возможно управление моторами роботов, чтение состояния датчиков (датчик линии, датчик расстояния), общение между роботами.

Пример простейшего программного кода для движения по линии приведён ниже (рисунок 2):

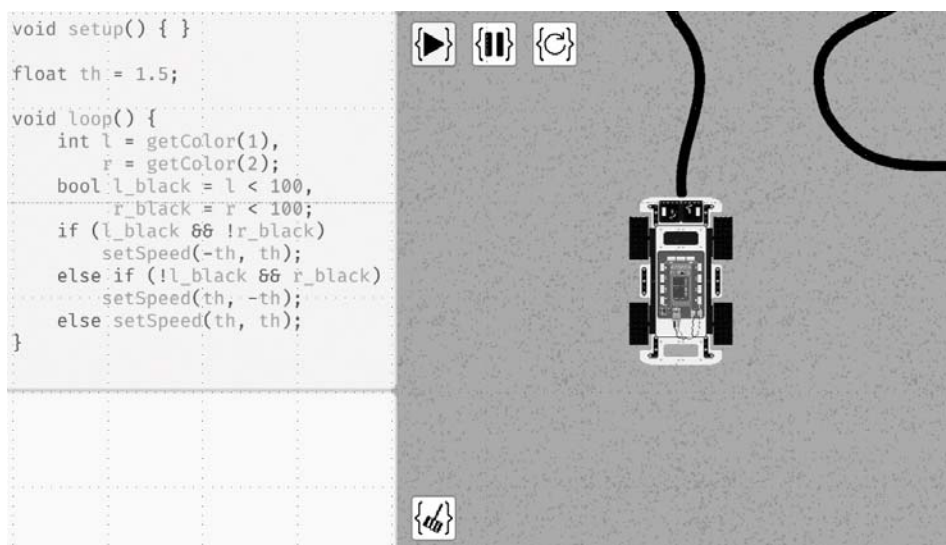


Рисунок 2 – Пример работы приложения

Ключевыми отличиями разрабатываемого приложения являются:

- Написание алгоритма управления на языке программирования С;
- Возможность добавления мобильных платформ;
- Редактирование полигонов;
- Многопользовательский режим.

В дальнейшем, планируется внедрение в приложение обучающего курса по управлению мобильной платформой, алгоритмам решения различных задач, связанных с ней (движение по линии, выход из лабиринта, поиск предметов и т.д.).

Также, планируется внедрение возможности многопользовательского режима для проведения соревнований на одном полигоне, а также поддержка визуального программирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вафин, Р.Р. Программирование на C#.NET: учебное пособие / Р.Р. Вафин, А.Р. Бикмурзина // Казань: КНИТУ-КАИ, 2020. – 108 с. – ISBN 978-5-7579-2430-4.

2. Керниган, Б.В. Язык программирования С: учебник / Б.В. Керниган, Д.М. Ричи // 2-е изд. – Москва: ИНТУИТ, 2016. – 313 с.

3. Сайт производителя мобильной робототехнической платформы OmegaBot – URL: <https://omegabot.ru>.

Пузик Данила Евгеньевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: danilapuzik16@mail.ru;

Сидоров Савелий Данилович – учащийся ЦДНИТТ «Наследники Ползунова» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»;

Рыжих Виктор Максимович – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СПОРТИВНОЙ ВИНТОВКИ В СРЕДЕ КОМПАС 3D

А. Г. Зрюмова, А. Е. Зрюмов, Д. Е. Пузик, К. А. Рассказов
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведены недостатки пружинно поршневых винтовок с точки зрения ресурса стрельбы, приведены требования к разрабатываемой спортивной винтовке, варианты исполнения для достижения поставленных требований, приведены чертежи основных узлов изделия и трёхмерная сборка.

Ключевые слова: Компас 3D, САD, проектирование, спортивное оружие, спортивная винтовка, кольцевой бой, раздельное заряжание.

Развитие спортивной стрельбы среди молодёжи требует открытия новых центров и увеличение числа спортивных винтовок для обеспечения спортсменов инвентарём. В связи с этим, увеличиваются и расходы, связанные с обслуживанием спортивных винтовок и их заменой при выходе из строя. Последнее особенно критично, так как современная конструкция не подразумевает частичного ремонта с заменой узлов, а полную замену всего изделия. В этой ситуации особенно важен общий ресурс спортивной винтовки.

Исходя из этого формируется задача: разработка спортивной винтовки для стрельбы начального уровня, ресурс которой будет превышать ресурс классических изделий. При этом нельзя допускать возможности внесения модификаций или ремонта.

На данный момент для спортивной стрельбы используются спортивные винтовки с дульной энергией до 7.5 Дж, а в качестве источника энергии используется энергия сжатой пружины. Пружинно-поршневая группа (ППП) и является одним из уязвимых для поломки узлов. В связи с этим, разрабатываемое изделие должно быть лишено данного узла.

Одним из вариантов является использование в качестве источников энергии пороховых газов, так как данный вариант имеет простую механику и открытые части для чистки. В то же время, данное решение граничит с критерием огнестрельного оружия, что может сделать изделие затруднительным для использования. Однако ряд решений позволит повысить шансы для прохождения лицензирования изделия как спортивного:

1. Ограничение дульной энергии до 7.5 Дж;

2. Отсутствие магазинного питания;
3. Раздельное заряжание (заряд + снаряд);
4. Неразборная конструкция;
5. Кольцевой бой.

Для снижения дульной энергии возможно использовать следующие решения:

- Использование каналов сложной формы для завихрения газов и снижения их энергии;
- Применение несъёмного ДТК в конструкции;
- Закладывание в конструкцию небольших предельных энергий газов для невозможности использования большого заряда.

Для раздельного питания предполагается использовать стандартные пульки для пневматики калибра 4.5 мм в качестве снаряда и строительный патрон с повышенной точностью пороховой навески от компании Kurs, калибра 5.6мм в качестве заряда. Оба изделия находятся в свободной продаже на гражданских рынках.

Неразборная конструкция может быть обеспечена заклёпками и сваркой узлов.

Кольцевой бой капсуля обеспечивает возможность применения строительных патронов и исключает использование стандартных боеприпасов.

Проектирование изделия проходило в САD-системе Компас 3D 2019.

При проектировании были разработаны следующие детали:

1. Затворная рама (рисунок 1) – узел, назначение которого заключается в накаливании строительного патрона и инициации выстрела;

2. Узел запирания (рисунок 2) – узел для запирания канала ствола с снарядом;
3. Шептало (рисунок 3) – узел для удержания ударника во взведённом положении.

В результате проектирования, была получена конструкция, представленная на рисунке 4.

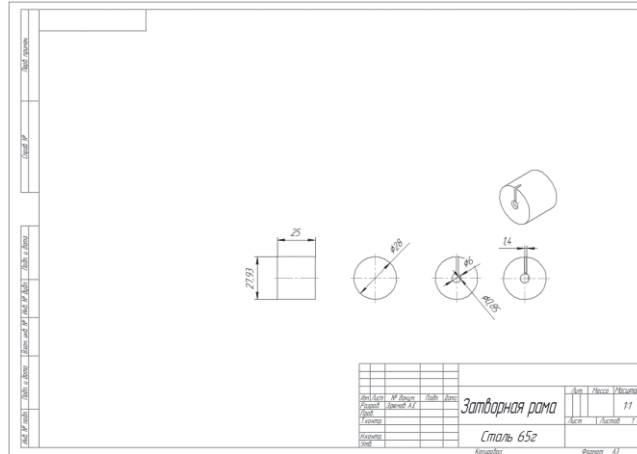


Рисунок 1 – Чертёж затворной рамы изделия

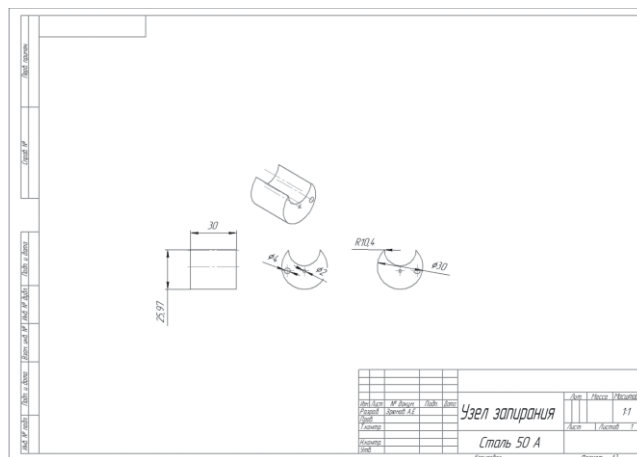


Рисунок 2 – Чертёж узла запирания изделия

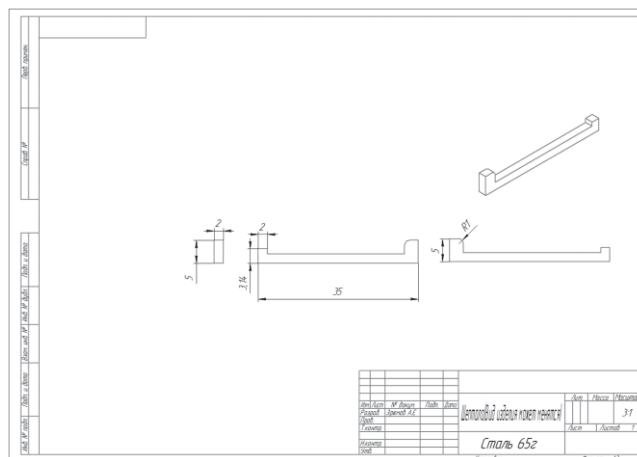


Рисунок 3 – Чертёж шептала изделия

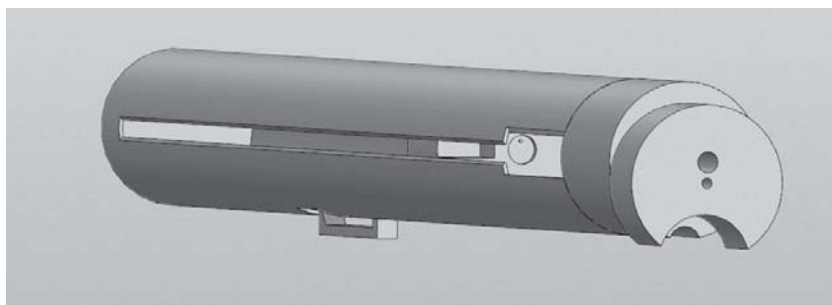


Рисунок 4 – Трёхмерная сборка основных узлов изделия

Приведение спортивной винтовки к стрельбе происходит по следующему алгоритму:

1. Узел запирания поворачивается на 180°, до упора, после чего можно наблюдать открытый канал ствола;

2. В появившийся канал ствола вставляется пуля калибра 4,5 мм. Удержание пульки в канале ствола происходит за счёт нарезов ствола. После снаряжения узел запирания поворачивается обратно на 180°;

3. Оттянуть затворную раму до упора, где она фиксируется за счёт упругого шептала;

4. В открывшийся патронник снаряжается строительный патрон донцем гильзы (капсюлем) на себя.

После проведения данной операция, изделие приходит в боевое положение и готово к стрельбе.

В дальнейшем, необходимо провести расчёты ресурса изделия, а также провести технологическую наладку под стандартные узлы, такие как: ствол, ложе, ударно-спусковой механизм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бута, Е.М. Автомат Калашникова. Символ России [Текст] / Е.М. Бута. – М.: Алисторус, 2014 год. – 321 с.

2. Руководство по 5,45-мм автомату Калашникова (АК-74, АК-74С, АК-74Н, АКС-74Н) и 5,45-мм ручному пулемёту Калашникова (РПК-74, РПКС-74, РПК-74Н, РПКС-74Н) — М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1982.

3. Дегтярев, М.Ю. Немезиса не случится... Автомат АК-12М (6П70М)// Оружейный журнал «Калашников».

4. Пономарев, Ю.С. Трудная «Лёгкость». История создания АК74/РПК74 // Оружейный журнал «Калашников».

Зрюмова Анастасия Геннадьевна – к.т.н., доцент кафедрой ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: a.zrumova@mail.ru;

Зрюмов Алексей Евгеньевич – школьник, Лицей №129;

Пузик Данила Евгеньевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: danilapuzik16@mail.ru;

Рассказов Кирилл Артемович – учащийся ЦДНИТТ «Наследники Ползунова», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ПРИ ПОМОЩИ БИБЛИОТЕКИ TKINTER НА ОСНОВЕ ПАКЕТА PYTEXTUREANALYSIS

М. С. Гонохов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Приведено описание программы для анализа текстуры изображений для задач металлургии, биологии и экологии. Программа представляет собой оконную реализацию веб-приложения для расчета локальной ориентации волокон и степени их когерентности. Оконная реализация выполнена с помощью пакета PythonPyTextureAnasis.

Ключевые слова: анализ изображений, PythonPyTextureAnasis, расчет локальной ориентации волокон.

В данной статье рассматривается пакет PyTextureAnasis. Этот пакет Python, содержащий инструменты для анализа текстуры изображений. Код содержит функции для расчета локальной ориентации волокон изображения, а также степени когерентности. Интерфейсом пакета является веб-приложение, которое позволяет пользователям анализировать 2D-изображения в оттенках серого для анализа текстур.

Актуальность работы обусловлена популярностью пакета. Целью работы является разработка удобного оконного приложения на основе данного пакета на языке программирования Python.

Актуальность работы обусловлена тем, что PyTextureAnasis – это пакет Python, содержащий инструменты для анализа текстуры изображений. Этот код содержит функции для расчета локальной ориентации волокон изображения, а также степени когерентности. Также доступно веб-приложение для демонстрации пакета PyTextureAnasis, который позволяет пользователям анализировать 2D-изображения в оттенках серого для анализа текстур. Данный пакет построен на основе NumPy, SciPy и OpenCV. Но т.к. пакет запускается на основе пакета StreamLit, то для его использования требуется запустить сторон-

нее приложение, которое запустит локальный сервер с интерфейсом для взаимодействия с пакетом. Такое решение не позволяет начать работу без установленного компилятора для языка Python или преобразовать код в файл с расширением .exe.

Для разработки оконного приложения был выбран пакет Tkinter, так как он достаточно прост и позволяет создавать довольно удобные функциональные приложения. Кроме того, он входит в базовый установочный пакет языка Python.

Интерфейс программы представлен на рисунке 1. Интерфейс программы предоставляет возможность выбрать файл для анализа и указать основные параметры анализа изображений.

После нажатия кнопки «Run analyze», в рабочем окне программы отображается прогресс выполнения анализа изображения и текущие параметры (рисунок 2). После завершения обработки изображения на экран выводятся изображения, полученные в результате анализа (рисунок 3).

В результате работы было написано рабочее приложение, способное анализировать изображения на основе инструментов, представленных в Python пакете PyTextureAnalysis.

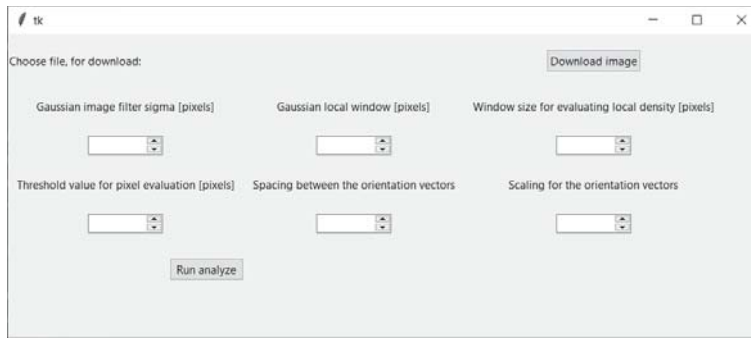


Рисунок 1 – Интерфейс программы

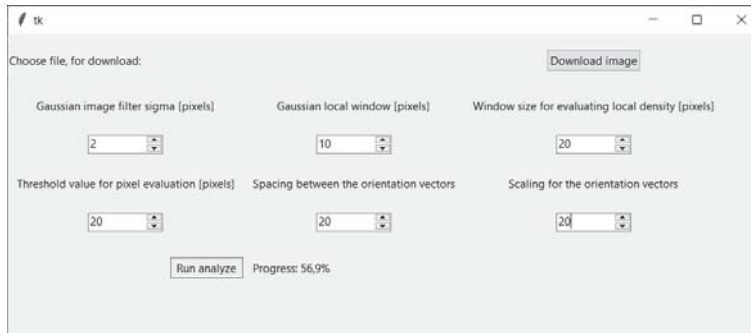


Рисунок 2 – Процесс выполнения программой анализа выбранного ранее изображения

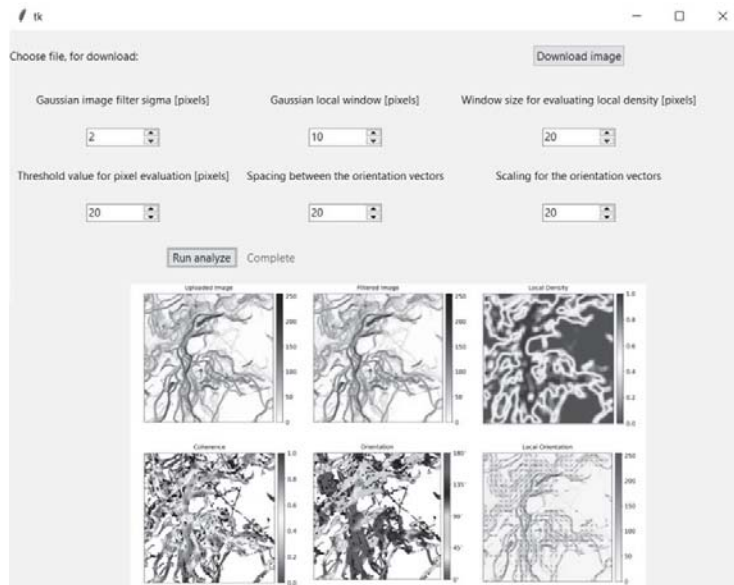


Рисунок 3 – Результат анализа изображения программой

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ajinkya, KulkarniPyTextureAnalysis / KulkarniAjinkya. – Текст: электронный // GitHub: [сайт]. – URL: <https://github.com/ajinkya-kulkarni/PyTextureAnalysis> (дата обращения: 28.11.2023).

Руководство по Tkinter. – Текст : электронный // METANIT.COM: [сайт]. – URL:

<https://metanit.com/python/tkinter/> (дата обращения: 28.11.2023).

Гонохов Максим Сергеевич – студент каф. ИТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», тел.: 8(3852)290913, e-mail: maksim.gonohov@gmail.com.

Part 1**VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY**

G. V. Lysak, I. A. Lysak
STUDY OF MESH CONVERGENCE
OF AN AXISYMMETRIC MODEL OF STRESS-
STRAIN STATE OF BUSHINGS PROCESSED BY
COLD EXPANSION 5

Processing by cold expansion is a promising method of hardening of holes made by laser selective melting. Numerical studies of stress-strain state of parts after processing are effective for identification of optimal process parameters. In order to determine the residual stresses of bushings made of medium carbon steel processed by cold expansion method, a two-dimensional axisymmetric model was developed using ANSYS software. Based on the numerical simulation results, it was found that the mesh convergence study can reduce the calculation error and obtain more accurate data on the stress-strain state of the parts. Analysis of the calculation results using the created model showed good agreement with the experimental and 3D simulation data. In the future, in order to study the relationship between residual stresses and various parameters of the mandrel process, it is rational to use a two-dimensional axisymmetric model to save computing power and time.

Keywords: Residual stresses, finite element analysis, CAE ANSYS.

A. A. Meteleva, Yu. K. Shelkovnikov, N. I. Osipov
DEVICE BASED ON DISCRETE-CONTINUOUS
MULTISCAN FOR MEASURING LINEAR AND AN-
GULAR DISPLACEMENTS, SPEED AND ACCEL-
ERATIONS OF OBJECTS 9

The issues of measuring coordinates, velocities and accelerations of fast-moving objects using a discrete-continuous multiscan are considered. A device based on a photopotentiometric tracking option for switching on a multiscan has been developed. It is shown that the developed device has wider functionality and increased noise immunity and metrological characteristics.

Keywords: discrete-continuous multiscan, photopotentiometric switching option, modulation of light radiation, noise immunity.

D. E. Krivobokov, V. A. Soloviev, S. P. Pronin,
L. I. Akishin, V. V. Kraft

EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION
OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR BASED ON THE
RESULT OF SIGNAL WAVELET TRANSFORMA-
TION AND RECOGNITION OF DEFECTS BY A
NEURAL NETWORK 14

Methods for analyzing defects of an asynchronous electric motor are proposed. Based on the mathematical formulas of GOST ISO 20958, signals with possible defects are modeled. A wavelet transform of model signals was performed and "portraits" of motors with various defects in the frequency domain were obtained. A convolutional neural network has been trained to identify various defects based on the constructed models. The results of the neural network showed satisfactory recognition of defects.

Keywords: electric motor defects, monitoring, frequency analysis, transient characteristics, Wavelet transform, harmonics.

S. P. Pronin, M. A. Mikhalev, R. B. Mindibaev
DEVELOPMENT OF A SMARTPHONE CALIBRA-
TION METHOD FOR MEASURING TEMPERA-
TURES OVER 2000 KELVIN 19

The method of measuring the brightness temperature of a sonoluminescence bubble is described. An experimental setup is presented and the procedure for performing the study is described. The results of the measurements carried out are presented, as well as the evaluation method based on the obtained dependence. Keywords: sonoluminescence bubbles, CCD-photodetector, smartphone, brightness temperature measurement, median contrast, r, g, b components.

V. S. Afonin, A. N. Chubov, A. E. Kimaykin,
E. S. Kranin

DETERMINATION OF THE CONCENTRATION OF
IMPURITIES IN GRAIN MATERIAL 23

A description of the solution to the problem of determining the concentration of impurities in grain material using a capacitive converter is given. The attractiveness of the proposed solution is associated with its unpretentiousness to the measurement conditions and the low cost of implementing the method. The results of experimental studies are presented.

Keywords: grain heap, grain flow contamination, capacitive converter, spectrogram.

B. S. Pervukhin, D. E. Krivobokov, K. D. Malakhov, D. A. Gulyaev
 DETERMINATION OF PARAMETERS OF ELECTROMECHANICAL CONVERTERS..... 26

A theoretical analysis of the possibility of using transient conductivity to determine the parameters of electromechanical transducers based on piezoelectric elements is carried out.

Keywords: transient conductivity, inductance of the mechanical branch, capacitance of the mechanical branch, losses in the mechanical branch.

B. S. Pervukhin, G. S. Kuzmin, K. D. Kandaurov, B. R. Yakovlev
 THE EFFECT OF THE SOLVENT ON THE MEASUREMENT OF THE ACTIVE RESISTANCE OF THE LIQUID..... 30

The article considers the problem of the occurrence of a systematic error of the contact conductometer associated with the use of aqueous solutions during verification and solutions based on other solvents during the technological operation of the device. The systematic error of the contact conductometer was estimated using experimental data obtained for an aqueous solution and an ethylene glycol-based solution, other things being equal.

Keywords: contact primary converter, active resistance, reactance, polarization resistance, capacitance of the double electric layer.

Part 2

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN ECOLOGY

O. B. Akulova, V. I. Bukaty, V. V. Kirillov
 PIGMENT CHARACTERISTICS OF PHYTOPLANKTON OF THE LOWER OB DURING DIFFERENT PERIODS OF THE HYDROLOGICAL YEAR..... 35

In this work, based on the results of expeditionary studies of the pigment characteristics of phytoplankton - chlorophylls a, b, c and carotenoids, assessments of trophicity and water quality are given at three sections of the Ob River under conditions of snow-ice cover and open water in 2023. Interannual dynamics in 2022–2023 the content of chlorophyll a per unit volume of river water as an indicator of the intensity of development of phytoplankton algae may indicate the constancy of the ecological state of the Lower Ob in the studied areas within the Yamal-Nenets Autonomous Okrug.

Keywords: chlorophyll, phytoplankton, hydrobiology, hydrooptics, Chulym River.

I. A. Sutorikhin, D. E. Krivobokov, V. A. Soloviev
 MEASUREMENT OF SPECTRAL UNDERWATER ILLUMINATION AT DIFFERENT DEPTHS OF RESERVOIRS 39

The principle of operation of the device and the method of measuring spectral underwater illumination are described. The results of measurements of spectral underwater illumination at various depths of the Teletskoye Lake water area in the summer of 2023 are presented. Interference light filters with transmission maxima in different parts of the visible spectrum at eight wavelengths were used as light selective elements: 433, 445, 459, 488, 514, 655, 679 and 780 nm.

Keywords: spectral underwater illumination, hydrobionts, interference light filter.

V. V. Nadvotskaya, V. V. Timofeev
 APPLICATION OF CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS TO ASSESS THE POLLUTION OF WATER BODIES IN BARNAUL..... 42

The paper uses the method of high-performance liquid chromatography to assess the contamination of the Ob, Barnaul and Pivovarka rivers with polyaromatic hydrocarbons within the city of Barnaul. It is determined that the high sensitivity of detection and selectivity of the method makes it possible to determine the microquantities of harmful substances. The study showed that the concentration of benzopyrene varies in a large range, but benzopyrene was found in all samples. The main sources of pollution are wastewater discharges by city enterprises, ash and slag dumps, urban snow dumps, the shape of the terrain, furnace heating.

Keywords: high-performance liquid chromatography method, pollution assessment, water bodies, polyaromatic hydrocarbons, wastewater discharges.

Part 3

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN INSTRUMENTATION

D. E. Krivobokov, B. S. Pervukhin, V. A. Soloviev, V. M. Likhatsky, K. D. Krivobokov
 DEVELOPMENT OF A LAYOUT OF AN INTELLIGENT MULTIELECTRODE IONOMER..... 45

The article considers the design of a polarographic ionomer consisting of three electrodes – copper, platinum and gold-plated. The constructive features are revealed, the results of experimental studies are presented. The possibility of using artificial intelligence technologies for processing measurement results is shown.

Keywords: polarography, ion, double electric layer, electrochemistry, cognition.

B. S. Pervukhin, D. E. Krivobokov, V. A. Soloviev
FEATURES OF THE CREATION OF INTELLIGENT MEASURING INSTRUMENTS..... 49

The problems of the development of intelligent measuring instruments related to the normalization of the required metrological characteristics are considered. The variants of the solution associated with an increase in the volume of training samples, the use of indicator functions and changes in the structure of intelligent devices are proposed.

Keywords: intelligent measuring instruments, neural network, metrological characteristics, mathematical model.

I. A. Sutorikhin, V. A. Soloviev, B. S. Pervukhin
DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR DETERMINING SPECTRAL UNDERWATER ILLUMINATION AT DIFFERENT DEPTHS OF RESERVOIRS..... 52

Methods of determining spectral underwater illumination, their advantages and disadvantages are considered. The structure of the spectral underwater illumination monitoring device is determined. A block diagram of the device has been developed.

Keywords: spectral underwater illumination, hydrobionts, interference light filter.

A. A. Tyutyunnik, A. G. Zryumova, A. V. Balashov, D. V. Kotov
STAND-ALONE POWER SUPPLY FOR THE DEVICE FOR COLLECTING AND TRANSMITTING DATA OF METERING DEVICES..... 55

A description of a device based on the Seebeck effect for powering metering devices is given. The functional diagram of the device is presented. The issue of increasing the efficiency of the device due to the introduction of a microcontroller of the MRRT family is considered.

Keywords: metering device, power supply, Seebeck effect, automated transmission of readings.

D. E. Krivobokov, D. E. Puzik, V. M. Ryzhikh
INFLUENCE OF THE VISCOSITY OF THE MEDIUM ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE PIEZOELECTRIC PRIMARY CONVERTER..... 58

The results of measuring the dependences of the impedance of the piezoelectric primary converter – liquid medium system on the frequency of the sinusoidal signal applied to piezoelectric primary converter in a wide frequency range, the dependence of the impedance of the system on the supplied frequency in the

sensitivity range for three solutions of different viscosities, an equivalent substitution scheme describing the piezoelectric primary converter – liquid medium system, model approximations based on experimental data, the dependence of electrical parameters on the viscosity of the medium.

Keywords: viscosity, viscometer, viscometry, viscosity measurement method, vibration viscometer.

D. E. Krivobokov, I. S. Yemelyanov, N. V. Fateev
DEVELOPMENT OF PRIMARY MEASURING EQUIPMENT VIBRATION VISCOMETER CONVERTER..... 65

Methods for measuring the viscosity of a liquid are proposed, a primary measuring transducer of a vibrating viscometer with sensitivity and insensitivity zones to the measured parameter is modeled and developed to improve the accuracy of measurements.

Keywords: viscometry, vibration viscometer, viscosity measurement, dynamic viscosity, kinematic viscosity.

B. S. Pervukhin, D. E. Krivobokov, A. A. Zagryadsky, D. S. Lozheshnikov, A. S. Ilyin
THE USE OF DYNAMIC PROCESSES TO DETERMINE THE SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF LIQUIDS..... 69

The theoretical analysis of methods allowing to exclude the influence of sources of systematic error on the result of measuring the specific electrical conductivity of the liquid of contact and capacitive conductometric primary converters is carried out.

Keywords: liquid, active resistance, polarization resistance, electrodes, capacitance, double electric layer.

Part 4

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN ECONOMICS

O. I. Pyatkovskiy
COMPONENTS OF FORECASTING ECONOMIC INDICATORS IN ANALYTICAL INFORMATION SYSTEMS OF ORGANIZATIONS..... 73

The paper presents the technology and methods of creating analytical information systems of organizations using components of forecasting economic indicators in hybrid expert systems. The issues of the use of neural network components for forecasting economic indicators are disclosed. The developed structure of the neural network component ensures the implementation of its self-learning capabilities. To implement the self-learning mode, the methods used in the compo-

nents of the neuroimitator at the stages of data preprocessing, the formation of a training sample, in the process of functioning of the information system and self-learning of neural networks are described.

Keywords: hybrid expert systems, neural network, analytical information systems, neural network components, neural network self-learning.

A. G. Blem, A. A. Veryaskin, D. D. Nikitin
 NTEGRATION OF WHATSAPP AND 1C: CREATION OF A CHAT BOT FOR ORDERING SERVICES AND VIEWING PAYMENTS 79

The work examines an automated information system for generating and executing customer requests, built on the basis of the integration of the WhatsApp messenger with the 1C corporate system. The developed IS allows you to completely exclude the company's management from the process of generating and executing customer requests, significantly reducing the time and quality of executing applications.

Keywords: information system, chatbot, 1C, WhatsApp, customer services, colivin.

A. G. Blem, A. A. Veryaskin, N. E. Makarova
 OPTIMIZATION OF TRANSPORT LOGISTICS OF COLIVING COMPANIES..... 83

The paper provides a rationale for the choice of models, methods and algorithms for optimizing transport logistics of coliving companies and a brief description of the information system developed on the basis of the selected algorithms. The results of using the developed information system are presented using the example of a specific coliving company.

Keywords: information system, optimization, transport logistics, coliving.

Part 5
VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN THE PROCESSING OF INFORMATION

S. Y. Tyryshkin
 STIMULATING QUBITS IN PYTHON 3 SOURCE CODE 88

The source code of the qubit simulation in the Python 3 software package using the NumPy library is given. Examples of quantum measurement and visualization of quantum interactions based on the assumption of an electronic qubit model are considered.

Keywords: qubit, qubit simulation, quantum measurement, quantum interaction, QRNG.

A. D. Astafev, O. E. Khorunzheva
 AUTOMATED TRAVEL MODULE FOR COMPANY BRANCH EMPLOYEES..... 91

This article discusses the development and implementation of an automated module for managing business trips within the corporate information system of the enterprise. The algorithm for processing, coordinating, and evaluating employee travel using a client-server architecture with three tiers is described. This module simplifies the process of managing business trips, improves control, and enhances the efficiency of working with human resources.

Keywords: process automation, travel direction, server, result evaluation, data, visa, regulations, deadline, report, branch, archive, branch curator, branch director, route.

O. V. Rudenko, E. S. Anishenko, N. N. Avakimyan
 RESEARCH OF METHODS FOR ACCELERATING FRACTAL IMAGE COMPRESSION 95

The article provides a comparative analysis of methods for accelerating coding of fractal image compression using self-organizing Kohonen maps and a method based on a modified genetic algorithm. Both algorithms showed full functionality and approximately the same coding errors, however, the coding time of the modified genetic algorithm is many times higher than the coding time using self-organizing maps.

Keywords: fractal coding, neural network, images, compression, genetic algorithm.

E. S. Zherdev
 REVIEW OF METHODS FOR DETECTION OF CHAOTIC SIGNALS 99

The article provides an overview of methods for obtaining chaotic signals. Methods for generating chaos in digital and dynamic systems are considered. Characteristics of chaos are analyzed, such as sensitivity to initial conditions and the representation of chaotic signals in data encryption and other areas. Review highlights the importance of chaos in modern science and technology.

Keywords: chaotic signal, initial conditions, correlation, signal synchronization, attractor.

S. V. Umbetov
 INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SEAWATER ON THE CONDUCTIVE PATHS OF A PRINTED CIRCUIT BOARD 102

A description of a laboratory installation for simulating the influence of the marine environment on printed circuit boards is given. Experimental studies of the pene-

tration of corrosion into the conductive paths of the printed circuit board of laboratory samples are presented. The results of the measurements are presented, the data obtained are discussed.

Keywords: corrosion, printed circuit board, live track, image, histogram, contrast, corrosion depth, salt water.

S. P. Pronin, V. V. Timofeev, S. V. Viber

STUDYING THE QUALITY OF IMAGE TRANSMISSION ON A WIRELESS NETWORK BY FREQUENCY CONTRAST CHARACTERISTICS 106

The work is devoted to studying the quality of image transmission in a wireless network. In the process of research, a function for assessing the quality of an image transmitted over a wireless network was specified, a test object was developed to quantitatively measure the quality of the initial and final images, and experimental studies were performed. The image transmission channel represented a system consisting of a smartphone, the first personal computer, the Internet (Mail.ru mail), a router, and a second personal computer. In the practical implementation of assessing the quality of image transmission, the frequency-contrast characteristic was used. A comparative analysis of changes in contrast depending on the size of the drawing font has been made.

Keywords: transmission quality, image, frequency-contrast characteristics, test object, spatial frequency, contrast.

YU. A. Osokin, L. YU. Kachesova, M. K. Orekhov
CORRELATION SCANNING METHOD FOR OBJECT RECOGNITION..... 111

A description of the correlation method for scanning objects is given. This method makes it possible to implement faster algorithms for recognizing various objects, including human images. The results of a statistical study on the adequacy of video images of human images with the originals are presented.

Keywords: correlation, object recognition, scanning, video images, data tables.

Part 6

VIRTUAL AND INTELLIGENT SYSTEMS IN STUDENT WORKS

R. E. Filimonov

VARIETIES OF BARCODE SCANNERS..... 115

Modern barcode scanners are becoming more and more advanced. The range of functions performed by this equipment is expanding, so there are more and more different settings and their combinations used in-

side the scanner. Monitoring the current state of the scanner becomes problematic, because the functionality continues to expand, and detailed information about the state of the device can only be collected by a driver from the manufacturer of a specific equipment model, which is rarely integrated into cash register software.

Keywords: barcode, scanner, driver.

D. N. Ganin, A. G. Zryumova

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO A VIRTUAL DEVICE TO CONTROL THE OPERATION OF THE INJECTION MACHINE IN THE UNITY3D ENVIRONMENT 117

The use of artificial intelligence technologies for information processing when working with a virtual device, namely a injection molding machine, is given. The virtual device is designed in Unity 3D environment for learning and knowledge control when working with a injection molding machine. The tasks for the solution of which artificial intelligence and software for implementation can be used are given

Keywords: injection molding machine, artificial intelligence, machine learning, virtual devices.

O. I. Filatova

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL FITNESS TRAINER MODEL 120

A review of virtual fitness trainers in the format of web platforms and mobile applications is presented, their advantages and disadvantages are identified. The main difficulties in developing a virtual fitness trainer model are analyzed. An algorithm for creating a virtual fitness trainer model is presented.

Keywords: virtual fitness trainer, application development, model, python.

T. V. Kotlubovskaya, D. Y. Bondarenko, A. S. Karpov, P. E. Zubov

DEVELOPMENT OF A FIRE ALARM SYSTEM FOR A WHOLESALE WAREHOUSE 124

The article is devoted to the development of fire alarm system of wholesale warehouse based on the integrated security system "Orion Pro".

Keywords: wholesale warehouse, fire alarm system, integrated security system "Orion Pro", communication channel, server, RS-232 serial port, UDP protocol, local area network.

I. D. Paramonov, T. A. Stoporeva, A. V. Zabaluyev
ANALYSIS OF TECHNICAL MEANS FOR CREATING AUTOMATED DATA FILLING SYSTEM USING A VIRTUAL ROBOT 129

CONTENTS & ABSTRACTS & KEYWORDS

This article substantiates the choice of technical means for creating a database using a virtual robot when processing data of participants of Olympiads, conferences, and courses: a database management system, a platform for launching a bot, and a programming language. An action plan has also been developed to create an automated data filling system using a virtual robot.

Keywords: database, virtual bot, data filling, automated system, Olympiad participants, programming language.

A. A. Chepushtanov, Ya. V. Ryzhkov, I. V. Kaminetsky
RESEARCH ON THE USE OF BIM TECHNOLOGIES
IN THE DESIGN OF SECURITY AND FIRE SYSTEMS
CONSTRUCTION OBJECTS 133

The study and analysis of the use of BIM technologies in the design of security and fire systems of construction objects is given.

Keywords: design of security and fire systems, computer-aided design systems, BIM technologies.

A. A. Sidorenko, K. Kippes
VIRTUAL AND INTELLIGENT INFORMATION
PROCESSING SYSTEMS IN INDUSTRY AND CON-
STRUCTION..... 137

The article shows the advantages of enterprises using automated design tools. The introduction of these tools makes it possible to accelerate the production of structures, in particular the machine-building industry.

Keywords: intelligent systems, artificial intelligence, digitalization, production.

U. R. Takhaev, A. U. Mentsiev, R. I. Aliev
THE USE OF VIRTUAL AND AUGMENTED REAL-
ITY IN RUSSIAN HIGHER EDUCATION..... 140

This article explores the use of virtual and augmented reality technologies in higher education. Successful projects implemented by Russian universities using VR/AR to enrich the educational process are reviewed. Projects include virtual language simulations, teaching geology and geophysics using VR visualization, and augmented reality in a museum environment. These projects are designed to improve student engagement, facilitate hands-on learning, and deepen understanding of complex concepts.

Keywords: virtual reality, augmented reality, education, educational projects, VR/AR in education.

U. R. Takhaev, A. U. Mentsiev, R. I. Aliev
COMPARATIVE ANALYSIS OF VIRTUAL AND
AUGMENTED REALITY IN EDUCATION 142

In recent years, technological innovations such as augmented reality (AR) and virtual reality (VR) have had a significant impact on the education sector. This article provides a comparative analysis of these technologies, assessing their capabilities and limitations in educational contexts. The authors consider immersion, real-world interaction, context and purpose of use, accessibility and portability, integration with the physical world, and the realism and visualization of these technologies. The purpose of the article is to provide information on the use of AR and VR in education and to identify key factors in choosing between them.

Keywords: virtual reality, augmented reality, immersive technologies, digital education, data analysis.

D. E. Puzik, A. Y. Levchuk, D. M. Pekhota,
A. G. Zryumova
CONFIGURATION OF A "SMART HOME" FOR THE
INTEGRATION OF ARTIFICIAL
INTELLIGENCE.....144

The article describes the configuration of equipment for building branched and independent blocks in the smart home system for data acquisition, data processing and analysis using artificial intelligence technologies. The possibility of using different categories of sensors and sensors is considered. The options of their possible connection are described.

Keywords: smart house, log cabin, artificial intelligence, sensor.

M. A. Pasyuta, L. I. Suchkova
METHODS AND MODELLING FOR HUMAN
MOVEMENT RECOGNITION.....147

The paper is a review of existing technologies in the context of object recognition, highlighting key aspects and trends in this field. Throughout the research, prospects for development and opportunities for optimizing these methods to enhance their effectiveness in various application scenarios are also examined.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, object recognition, deep learning.

D. E. Puzik, S. D. Sidorov, V. M. Ryzhikh
DEVELOPMENT OF A ROBOTICS SIMULATOR
PLATFORMS.....153

The description of the developed application for learning how to control a mobile robotic platform is given. The features are described and the application development plans are given.

Keywords: robotics, mobile robotics, C, C#, Unity.

АННОТАЦИИ, СОДЕРЖАНИЕ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

A. G. Zryumova, A. E. Zryumov, D. E. Puzik,
K. A. Rasskazov
DEVELOPMENT OF A SPORTS RIFLE DESIGN IN
THE COMPASS 3D ENVIRONMENT..... 155

The disadvantages of spring-piston rifles from the point of view of the firing resource are given, the requirements for the sports rifle being developed are given, the options for achieving the requirements set, drawings of the main components of the product and three-dimensional assembly are given.

Keywords: Compass 3D, CAD, design, sports weapon, sports rifle, ring fight, separate loading.

M. S. Gonokhov
DEVELOPMENT OF AN APPLICATION

FOR IMAGE ANALYSIS IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE USING THE TKINTER LIBRARY BASED ON THE PYTEXTUREANALYSIS PACKAGE.....158

The description of the program for image texture analysis for problems of metallurgy, biology and ecology is given. The program is a windowed implementation of a web application for calculating the local orientation of fibers and the degree of their coherence. The windowing implementation is done using the Python PyTextureAnasis package.

Keywords: image analysis, Python PyTextureAnasis, calculation of local orientation of fibers.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Статья объёмом от 3 страниц (по согласованию с редакцией, допускаются статьи объёмом от 3 до 10 страниц), имеющая индекс УДК, аннотацию и ключевые слова на русском языке (в начале текста статьи) с приложением в отдельном файле перевода названия, аннотации, ФИО авторов и ключевых слов на английском языке, а также сведений об авторах (учёной степени, звания и места работы, e-mail и/или контактного телефона) должна отвечать следующим требованиям:

Работы принимаются в текстовом редакторе Microsoft Word.

Во вкладке «Разметка страницы»: используется размер бумаги формата А4, ориентация листа книжная. Поля: верхнее – 3,5 см; нижнее – 2,5 см; левое – 2,5 см; правое – 2,5 см; переплет – 0 см. В диалоге «Колонки» – «Другие колонки» выбирается расположение текста «в две колонки», устанавливается ширина колонок – 7,65 см, промежуток между ними – 0,7 см. В диалоге «Расстановка переносов» выбирается «авто».

Во вкладке «Вставка» выбирается «Верхний колонтитул» – «Пустой», далее появляется вкладка «Конструктор», включаются «Особый колонтитул для первой страницы» и «Разные колонтитулы для четных и нечетных страниц». Колонтитулы от края: верхний – 2,0 см; нижний – 2,0 см.

В верхнем колонтитуле указывается: на титульной странице – «особый колонтитул»; на чётных страницах – инициалы и фамилия автора («Arial», 10 пунктов, прописные); на нечётных страницах – название статьи («Arial», 10 пунктов, прописные). Нумерация страниц проставляется шрифтом размером «Arial», 12 пунктов, курсив. Расположение нумерации – внизу страницы в нижнем колонтитуле, для четных страниц выравнивание по левому краю, для нечетных по правому.

Структура статьи в обязательном порядке должна содержать:

- УДК (размещение в левом верхнем углу документа);
- Названия статей набираются прописными буквами (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 14 пунктов, полужирный) по центру документа;
- Инициалы и фамилии авторов размещаются под названием статьи (шрифт «Arial», размер шрифта текста – 12 пунктов);
- аннотация (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный») – текст (объёмом 150 - 200 слов), отражающий актуальность, цель, методы исследования, полученные результаты;
- ключевые слова (не менее 10 слов или словосочетаний) (шрифт «Arial», размер шрифта – 10 пунктов, курсив, красная строка – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»);
- основной текст (для основной части текста используется шрифт «Arial», размер шрифта основного текста – 10 пунктов, красная строка (отступ) – 0,8 см, интервал между строками «одинарный»);
- список литературы (шрифт «Arial», размер – 9 пунктов) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления»;
- сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, учёная степень, звание, место работы, e-mail и/или контактный телефон – обязательно, индикаторы ORCID – по желанию);
- на английском языке перевод названия статьи, ФИО авторов, аннотации и ключевых слов в отдельном файле.

Для создания формул и таблиц используются встроенные возможности Microsoft Word. Рисунки цифрового формата (в электронном виде) создаются средствами Microsoft Word или другими программами и вставляются в нужное место документа.

Размеры рисунков не должны превышать границы полей страницы основного текста документа с учетом подрисуночной подписи. Рисунки издательством не редактируются. Если рисунок по ширине превышает размер колонки, то необходимо ставить перед ним и после него разрыв раздела на текущей странице и располагать рисунок в начале или в конце страницы.

Рисунки, надписи и объекты Microsoft Word должны перемещаться вместе с текстом, т. е. быть не поверх текста!

При приеме работы в печать обязательно наличие экспертного заключения и внешней рецензии!

К публикации принимаются статьи, ранее нигде не опубликованные и не представленные к печати в других изданиях.

Публикации принимаются на русском и английском языках.

К статье прилагается согласие на обработку персональных данных.

Материалы журнала (постатейно) и сопроводительная документация собираются и передаются в редакцию ответственным за выпуск лицом.

Все статьи будут проверены в системе «Антиплагиат», при оригинальности менее 75 % статьи будут возвращены авторам.

Контактная информация:

Стопорева Татьяна Александровна – тел.: 89039905960, e-mail: orpd_sta@mail.ru

Гребенькова Анна Александровна – тел. 89967044850, e-mail: agatorika@mail.ru

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ

Электронное периодическое научное издание

Статьи опубликованы в авторской редакции

Компьютерная верстка, макет: В. А. Соловьёв

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46