

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№10 2023

Направления:

**1.2.2. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**2.3.1. – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**2.3.3. – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**

**2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**2.3.5. – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**2.3.6. – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2023**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №10 2023г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2023. – 308 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvprrt.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

*С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.; М.В. Шулаев – д.т.н., проф.*

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, А.В. Репина, Т.Ю. Старостина, Э.И. Галеева, Р.Х. Шагимуллин</i> ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИОУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ	11
1.2.2. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ	
<i>И.Н. Беляева, А.Н. Чеканов, Н.И. Корсунов, М.А. Величко</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА КЛАССИЧЕСКОЙ C2V-СИММЕТРИЧНОЙ ФУНКЦИИ ГАМИЛЬТОНА	15
<i>А.Ф. Галимянов, А.Ф. Гилемзянов</i> ПРИБЛИЖЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ	19
<i>А.А. Добров, М.С. Пузырникова, П.Е. Громова, Д.А. Ожигин</i> РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ПРОЦЕССЕ	23
<i>Т.К. Ксенофонтова, Т.В. Варламова, А.С. Верхоглядова</i> ОБОСНОВАНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ	27
<i>В.Е. Мальков, Е.В. Десяев, Т.Ф. Мамедова</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ ОРГАНИЗАЦИИ	30
<i>Г.А. Овсеенко, Р.С. Кашаев, А.Ш. Хафизова</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАТРОННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ	33
<i>В.Д. Павлидис, М.В. Чкалова, А.М. Осипова</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	37
<i>А.А. Пазяк, М.А. Пазяк, Н.А. Шулинина, П.Д. Князева</i> РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА ШАРОВОГО КРАНА В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS	42
<i>И.Н. Сидоров, Д.А. Булашов, А.В. Горелов, А.И. Энская</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ МАЛОМ ОТНОСИТЕЛЬНОМ ОБЪЕМЕ ДИСПЕРСНЫХ СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ В МАТРИЦЕ	46
<i>Ю.Н. Смирнов, А.В. Каляшина</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧЕ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ SUPER RESOLUTION	55
<i>А.А. Шакиров, Е.А. Салтанаева</i> МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИЮ О СТРУКТУРЕ ГРУНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ	58
<i>А.А. Шакиров, Р.И. Эшелиоглу</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ТОЧНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ	61
<i>С.В. Яровой</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА БУМАГООБРАЗУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ	64

2.3.1. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Г.Н. Аглямзянова, Л.З. Гумерова	РАЗРАБОТКА ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ЗНАНИЙ	68
В.В. Андреев, О.В. Андреева, А.М. Самойлов, Н.П. Тарасова, Д.И. Ракова, А.М. Никулина, Н.Г. Катков, К.Г. Галстян, И.А. Симонов	ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОБОБЩЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРИВЕДЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ	71
В.В. Афанасьев, Р.Р. Раупов	СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ МАСКИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ MULTI-SCROLL СИСТЕМЫ SPROTTA	74
Р.Р. Ахтямов, Р.С. Зарипова	РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СФЕРЫ ТОРГОВЛИ	78
А.В. Волков, С.Л. Крылова, А.В. Марченко	ОЦЕНКА РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ АДМИНИСТРАЦИИ СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	82
И.Н. Галеня, А.Н. Коркишко, М.С. Кожухова, В.С. Вишневский, Е.А. Басуматорова	ЕРС КОНТРАКТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	86
Г.А. Гареева, Д.Р. Григорьева, Г.Н. Савинов, В.Е. Потемкина	ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	91
Д.С. Горбатенко	ПРОФИЛАКТИКА НАЕЗДОВ НА ПРЕПЯТСТВИЯ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ	95
А.Л. Золкин, И.В. Журавлева, Ю.В. Скибин, И.А. Поскряков	ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ С ПОМОЩЬЮ ВНЕДРЕНИЯ СЛОЖНЫХ АЛГОРИТМОВ	98
А.Л. Золкин, Л.В. Куныгина, Е.А. Попова, А.О. Шилин	ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ НА ПРЕДМЕТ ВЫЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА	105
А.Л. Золкин, Н.Ю. Логунова, Е.А. Арнаутков, А.Н. Лосев	ВНЕДРЕНИЕ СРЕДСТВ ОПЕРАЦИОННОЙ АНАЛИТИКИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В СЛОЖНОЙ БИЗНЕС-СИСТЕМЕ ЕДИНОГО ЦЕНТРА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ	112
Г.Ю. Каравашкин, А.Н. Коркишко, А.В. Набоков, М.С. Чухлатый, Г.М. Романова	КОНТРАКТНАЯ СТРАТЕГИЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ ОБОУСТРОЙСТВО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	119
О.Н. Корелин, К.М. Гузнов, П.А. Шагалова	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ myRIO В РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГРАНИЦ ИЗОБРАЖЕНИЯ	124
В.А. Коровяев, А.А. Сатаев, В.В. Андреев	ВЕРИФИКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ ВОДЯНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ВОКРУГ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЦИЛИНДРА	128
В.В. Косулин	ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ	132
М.О. Лапинов, А.А. Ашратов	МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ГИБКИХ СВЕТОДИОДНЫХ ЭКРАНОВ	136
Е.Е. Миргородская, Н.П. Митяшин, Д.А. Васильев, Ю.Б. Томашевский, О.В. Ушакова, А.Е. Черных, Е.В. Трегубова	КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛИТНЫХ ГРУПП	139
Т.И. Михеева, К.А. Молодыко, А.М. Смолев	ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РОЕВОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS	146

Ю.Ю. Никонов ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ETL В ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	150
А.И. Остапюк, Ю.В. Малюсин, И.В. Усовик, П.О. Дроздова, И.А. Бойченко ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА DIARA В МНОГОСПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ	153
Н.В. Пашинова, Г.Ж. Хандакова, Т.И. Котова, И.З. Чимитова, Э.В. Цыбикова, В.Х. Даржаев, Н.Д. Балданов ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ	157
Е.А. Салтанаева, Р.И. Эшелиоглу, И.М. Логинова ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ПО СТАТИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ДАННЫХ	160
Е.А. Салтанаева, Р.И. Эшелиоглу, Э.А. Набиуллина ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ	163
А.А. Сатаев, Е.Д. Ковтун, Н.А. Иванов СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫСОКОМ СОЛЕСОДЕРЖАНИИ	166
Е.С. Соколова, Е.А. Басуматорова, С.В. Пелькова УКРЕПЛЕНИЕ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	170
А.С. Хачиров, М.А. Иванова, А.Н. Дьячкова РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ CRM В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АГЕНТСТВА НЕДВИЖИМОСТИ	175

2.3.3. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов, Е.Г. Селина, В.А. Селин, Н.А. Селин ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПОКРЫТИЙ ВДАВЛИВАНИЕМ ИНДЕНТОРА	180
О.В. Воркунов, В.В. Максимов, П.В. Тарасенко КОММУТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИНХРОННОМ ВАКУУМНОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ 6(10) кВ	184
Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров, М.В. Южаков, А.А. Галимов, А.И. Габидуллина АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК КЛИЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ	187
А.Г. Горюнов, Е.А. Суханов, А.Ю. Сапцына ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ПОРТРЕТА ОПЕРАТОРА АСУ ТП	191
Р.Р. Зиятдинов, И.Н. Хамматуллин СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	195
И.Д. Коновалов, В.Н. Некрасова, М.А. Волков К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	200
Нгуен Тхи Тху, Р.С. Зарипова, Нгуен Фук Хау ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: РЕВОЛЮЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОСТИ	206
Р.К. Нургалиев, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ПЛК АБАК»	210
И.С. Полевщиков, Р.М. Романов, М.В. Дмитрук, В.М. Недвецкий ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И НАВЫКОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	213
Н.Н. Симченко РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ	217
А.В. Старцев, И.И. Сторожев, И.С. Цихалевский, Я.А. Мишин, А.Т. Шарапов ПЕРЕВОД МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА НА КОМПРИМИРОВАННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ	220

<i>А.А. Шакиров, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина</i> МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ	224
<i>А.Г. Шумихин, Д.К. Корнилицин</i> ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГАЗОВОЙ ТОПКИ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ РАБОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА	227
<i>Д.В. Шмыров, В.Е. Малахов, Д.И. Муромцев, Г.Г. Рогозинский</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ СОНИФИКАЦИИ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ	232

2.3.5. — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

<i>М.П. Овчинцев</i> К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОГРАНИЧЕННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ	246
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

2.3.5. — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

<i>Л.Н. Абдурайимов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова</i> ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МОВХ СО СЛОЖНЫМИ ТИПАМИ ДАННЫХ	251
<i>П.О. Глущенко, Ю.В. Царев</i> РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ НА БАЗЕ ВЫСОКОУРОВНЕВОГО ФРЕЙМВОРКА DJANGO	255
<i>А.А. Головнина, А.В. Иващенко</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ СЕТЕВОГО РИТЕЙЛА	259
<i>А.В. Кривошеев</i> АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ	264
<i>Нгуен Тхи Тху, Р.С. Зарипова, Нгуен Фук Хау</i> ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИГРЫ T-REX НА ЯЗЫКЕ PYTHON	269
<i>С.В. Николаева, С.А. Красников, М.В. Сартаков, А.С. Филатов, К.В. Гусев</i> КЛАСТЕРИЗАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ	273
<i>К.И. Сафина, Р.С. Зарипова</i> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВОВ	278

2.3.6. — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>И.И. Исмагилов, Р.М. Мигунов</i> СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВСТРАИВАНИЯ СООБЩЕНИЙ В ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	282
<i>В.В. Семенов</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ	285

АННОТАЦИИ	289
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, A.V. Repina, T.U. Starostina, E.I. Galeeva, R.H. Shagimullin</i> STRUCTURING PROCESSES IN INDUSTRIAL THIOURETANE COMPOSITIONS	11
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

1.2.2. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>I.N. Belyaeva, A.N. Chekanov, N.I. Korsunov, M.A. Velichko</i> MATHEMATICAL MODELING OF THE PHASE SPACE OF THE CLASSICAL C2V-SYMMETRIC HAMILTON FUNCTION	15
<i>A.F. Galimyanov, A.F. Gilemzyanov</i> APPROXIMATE CALCULATIONS IN COMPUTER MATHEMATICS SYSTEMS	19
<i>A.A. Dobrov, M.S. Puzyrnikova, P.E. Gromova, D.A. Ozhigin</i> COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL MODELING OF THERMAL CHARACTERISTICS OF A THERMOELECTRIC CONVERTER IN A TRANSIENT PROCESS	23
<i>T.K. Ksenofontova, T.V. Varlamova, A.S. Verkhoglyadova</i> JUSTIFICATION OF PRE-ASSIGNED CROSS-SECTIONAL DIMENSIONS OF CORNER RETAINING WALLS WHEN MODELING IN COMPUTATIONAL SOFTWARE SYSTEMS	27
<i>M.E. Malkov, E.V. Desyaev, T.F. Mamedova</i> MATHEMATICAL MODEL OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN AN ORGANIZATION	30
<i>G.A. Ovseenko, R.S. Kashaev, A.Sh. Khafizova</i> MATHEMATICAL MODEL OF MECHATRONIC COMPLEX ON THE BASIS OF THE RELIABILITY CONTROL METHOD	33
<i>V.D. Pavlidis, M.V. Chkalova, A.M. Osipova</i> MODERNIZATION OF THE SIGNAL CONTROL SYSTEM OF THE TECHNOLOGICAL PRODUCTION LINE ELECTRICAL EQUIPMENT	37
<i>A.A. Pazyak, M.A. Pazyak, N.A. Shulinina, P.D. Knyazeva</i> CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE OF A BALL CASE IN ANSYS FINITE ELEMENT COMPLEX	42
<i>I.N. Sidorov, D.A. Bulashov, A.V. Gorelov, A.I. Enskaya</i> CALCULATION OF EFFECTIVE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF DISPERSELY REINFORCED POLYMER COMPOSITE MATERIAL AT A SMALL RELATIVE VOLUME OF DISPERSED SUBMICRON PARTICLES IN THE MATRIX	46
<i>Yu.N. Smirnov, A.V. Kalyashina</i> USING NEURAL NETWORK METHODS IN THE PROBLEM OF INCREASING RESOLUTION SUPER RESOLUTION	55
<i>A.A. Shakirov, E.A. Saltanaeva</i> METHODS OF ANALYSING AND ASSESSING THE ACCURACY OF CONVERSION OF GPR DATA INTO INFORMATION ON THE STRUCTURE OF GROUND COVERINGS	58
<i>A.A. Shakirov, R.I. Eshelioglu</i> OPTIMIZATION OF GEORADAR DATA PROCESSING FOR ACCURATE ESTIMATION OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT PARAMETERS	61
<i>S.V. Yarovoy</i> DEVELOPMENT OF A SOFTWARE SYSTEM FOR CALCULATING PAPER-FORMING INDICATORS OF FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCTS BASED ON REGRESSION MODELS	64

2.3.1. — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>G.N. Aglyamzyanova, L.Z. Gumerova</i> DEVELOPMENT OF A WEB INTERFACE FOR CONNECTING ONTOLOGICAL KNOWLEDGE BASES	68
<i>V.V. Andreev, O.V. Andreeva, A.M. Samojlov, N.P. Tarasova, D.I. Rakova, A.M. Nikulina, N.G. Katkov, K.G. Galstian, I.A. Simonov</i> ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF THE GENERALIZED DEPENDENCE OF CONVERTED INDICATORS OF HYDRAULIC RESISTANCE	71

<i>V.V. Afanasev, R.R. Raupov</i> SELECTIVE REJECTION OF MASKING SIGNALS OF MULTI-SCROLL SPROTTA SYSTEM	74
<i>R.R. Akhtyamov, R.S. Zaripova</i> DATABASE DEVELOPMENT FOR TRADE ORGANISATION	78
<i>A.V. Volkov, S.L. Krylova, A.V. Marchenko</i> ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY RISKS IN THE INFORMATION SYSTEM OF RURAL SETTLEMENT ADMINISTRATION BASED ON FUZZY LOGIC METHODS	82
<i>I.N. Galenya, A.N. Korkishko, M.S. Kozhukhova, V.S. Vishnevsky, E.A. Basumatorova</i> EPC CONTRACTS IN CONSTRUCTION	86
<i>G.A. Gareeva, D.R. Grigoreva, G.N. Savinov, V.E. Potemkina</i> OPTIMIZATION OF TRANSPORT DOCUMENTATION PROCESSING	91
<i>D.S. Gorbatenko</i> PREVENTION OF COLLISIONS WITH OBSTACLES ON THE ROAD NETWORK	95
<i>A.L. Zolkin, I.V. Zhuravleva, Yu.V. Skibin, I.A. Poskryakov</i> OPTIMIZATION OF MOVEMENT BY ELECTRIC TRAINS THROUGH THE INTRODUCTION OF COMPLEX ALGORITHMS	98
<i>A.L. Zolkin, L.V. Kunygina, E.A. Popova, A.O. Shilin</i> OPTIMIZATION OF RAILWAY ROLLING STOCK OPERATION DURING MOVEMENT FOR THE PURPOSE OF IDENTIFYING EMERGENCY SITUATIONS USING SYSTEM ANALYSIS	105
<i>A.L. Zolkin, N.Yu. Logunova, E.A. Arnautov, A.N. Losev</i> IMPLEMENTATION OF OPERATIONAL ANALYTICS IN TELECOMMUNICATION INFORMATION TRANSMISSION INFRASTRUCTURE IN A COMPLEX BUSINESS SYSTEM OF A UNIFIED DATA CENTER	112
<i>G.Y. Karavashkin, A.N. Korkishko, A.V. Nabokov, M.S. Chukhlaty, G.M. Romanova</i> CONTRACT STRATEGY FOR THE SURFACE DEVELOPMENT OF THE FIELD	119
<i>O.N. Korelin, K.M. Guznov, P.A. Shagalova</i> USING THE myRIO HARDWARE PLATFORM IN IMPLEMENTING AN IMAGE BORDERS DETECTION ALGORITHM	124
<i>V.A. Korovaev, A.A. Sataev, V.V. Andreev</i> VERIFICATION STUDY OF HEAT TRANSFER PROCESSES WITH FREE CONVECTION OF A WATER COOLANT AROUND A HORIZONTAL CYLINDER	128
<i>V.V. Kosulin</i> APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF ENTERPRISE EMISSIONS	132
<i>M.O. Lapshov, A.A. Ashryatov</i> METHODS OF DESIGNING FLEXIBLE LED SCREENS	136
<i>E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, D.A. Vasiliev, Yu.B. Tomashevsky, O.V. Ushakova, A.E. Chernykh, E.V. Tregubova</i> COMPETENCE-BASED APPROACH TO SIMULATING ELITE GROUPS	139
<i>T.I. Mikheeva, K.A. Molodyko, A.M. Smolev</i> THE BASIC PRINCIPLES OF THE FUNCTIONING OF THE SWARM ROBOTIC SYSTEM ITS GIS	146
<i>Y.Y. Nikonov</i> RESEARCH OF THE APPLICATION OF ETL TECHNOLOGY IN THE INTEGRATION OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS	150
<i>A.I. Ostapyuk, Y.V. Malyusin, I.V. Usovik, P.O. Drozdova, I.A. Boychenko</i> ANALYTICAL INVESTIGATION OF THE DIARA ALGORITHM IN MULTI-SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS	153
<i>N.V. Pashinova, G.Zh. Khandakova, T.I. Kotova, I.Z. Chimitova, E.V. Tsybikova, V.Kh. Darzhaev, N.D. Baldanov</i> PROSPECTS FOR THE USE OF MEDICINAL PLANTS AND GRAIN CROPS IN THE REPUBLIC OF BURYATIA	157
<i>E.A. Saltanaeva, R.I. Eshelioglu, I.M. Loginova</i> STATISTICAL DATA ANALYSIS APPLICATION PACKAGES	160
<i>E.A. Saltanaeva, R.I. Eshelioglu, E.A. Nabiullina</i> PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE USE OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE IN OPTIMIZING INFORMATION PROCESSING PROCESSES	163

<i>A.A. Sataev, E.D. Kovtun, N.A. Ivanov</i> SYSTEM ANALYSIS OF THE PROCESSES OF OPERATION OF REVERSE OSMOTIC MEMBRANE ELEMENTS WITH HIGH SALINITY	166
<i>E.S. Sokolova, E.A. Basumatorova, S.V. Pelkova</i> STRENGTHENING SOLVENCY INDUSTRIAL ORGANIZATION	170
<i>A.S. Khachirov, M.A. Ivanova, A.N. Dyachkovskaya</i> DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF CRM INTO THE ACTIVITIES OF A REAL ESTATE AGENCY	175

2.3.3. — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>G.A. Alekseev, V.N. Kudashov, E.G. Selina, V.A. Selin, N.A. Selin</i> DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THIN COATINGS BY INDENTATION OF THE INDENTER	180
<i>O.V. Vorkunov, V.V. Maksimov, P.V. Tarasenko</i> COMMUTATION PROCESSES IN CONTROLLED 6(10) kV VACUUM CIRCUIT BREAKER	184
<i>G.A. Gareeva, R.R. Basyrov, M.V. Yuzhakov, A.A. Galimov, A.I. Gabidullina</i> AUTOMATION OF THE PROCESS OF PROCESSING CUSTOMER REQUESTS FOR AUTOMOTIVE ENTERPRISES	187
<i>A.G. Goryunov, E.A. Sukhanov, A.Yu. Sapsyna</i> FORMATION OF A DIGITAL PORTRAIT OF AN AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM OPERATOR	191
<i>R.R. Ziyatdinov, I.N. Khammatullin</i> INDUSTRIAL ROBOT SECURITY SYSTEM USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS	195
<i>I.D. Konovalov, V.N. Nekrasova, M.A. Volkov</i> ON THE ISSUE OF IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRIC SUPPLY TO CONSUMERS	200
<i>Nguyen Thi Thu, R.S. Zaripova, Nguyen Phuc Hau</i> INTERNET OF THINGS: A REVOLUTIONARY TECHNOLOGY FOR SOLVING TODAY'S PROBLEMS	206
<i>R.K. Nurgaliev, A.V. Chupaev, R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina</i> LABORATORY STAND "INFORMATION AND MEASURING COMPLEX BASED ON ABAK PLC"	210
<i>I.S. Polevshchikov, R.M. Romanov, M.V. Dmitruk, V.M. Nedvetskiy</i> TRAINING COMPLEX FOR DEVELOPING SKILLS IN DEVELOPING AND ANALYZING SOFTWARE MODULES FOR AUTOMATED CONTROL SYSTEMS	213
<i>N.N. Simchenko</i> DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL MODEL OF AN INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF MUSICAL PREFERENCES	217
<i>A.V. Startsev, I.I. Storozhev, I.S. Tsikhalevsky, Ya.A. Mishin, A.T. Sharapov</i> CONVERTING A SHUNTERING DIESEL LOCOMOTIVE TO COMPRESSED NATURAL GAS	220
<i>A.A. Shakirov, R.R. Galyamov, A.Y. Sharifullina</i> METHODS AND TECHNOLOGIES FOR AUTOMATED ANALYSIS OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT MEASUREMENT DATA AND OUTPUT OF RESULTS	224
<i>A.G. Shumikhin, D.K. Kornilicyn</i> PARAMETERIZATION OF THE EMPIRICAL MODEL OF A GAS FURNACE IN STEADY-STATE OPERATION USING A NEURAL NETWORK APPROACH	227
<i>D.V. Shmyrov, V.E. Malakhov, D.I. Muromtsev, G.G. Rogozinski</i> RECENT APPLICATIONS OF SONIFICATION: REVIEW AND CLASSIFICATION	232

2.3.5. — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>M.P. Ovchintsev</i> ON THE OPTIMAL RECOVERY OF A BOUNDED ANALYTICAL FUNCTION	246
---------------------------------------------------------------------------------	-----

2.3.5. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>L.N. Abdurayimov, Y.P. Moskaleva, Z.S. Seidametova</i> FEATURES OF WORKING WITH COMPLEX DATA TYPES IN MobX	251
<i>P.O. Glushchenko, Yu.V. Tsarev</i> DEVELOPMENT OF VIRTUAL LABORATORY WORK BASED ON THE HIGH-LEVEL DJANGO FRAMEWORK	255
<i>A.A. Golovnina, A.V. Ivaschenko</i> INTELLIGENT ANALYSIS OF BIG DATA ON THE NETWORK RETAIL	259
<i>A.V. Krivosheev</i> TASK DISTRIBUTION ALGORITHM IN A MULTI-AGENT INTELLIGENT PATTERN RECOGNITION SYSTEM	264
<i>Nguyen Thi Thu, R.S. Zaripova, Nguyen Phuc Hau</i> PROGRAMMING THE T-REX GAME IN PYTHON	269
<i>S.V. Nikolaeva, S.A. Krasnikov, M.V. Sartakov, A.S. Filatov, K.V. Gusev</i> MULTIVARIATE SPECTRAL DATA CLUSTERING USING DIMENSIONING ALGORITHM	273
<i>K.I. Safina, R.S. Zaripova</i> SOFTWARE FOR AUTOMATING THE PROCESS OF DETERMINING ELECTIVES	278

2.3.6. — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

<i>I.I. Ismagilov, R.M. Migunov</i> STEGANOGRAPHIC ALGORITHM FOR EMBEDDING MESSAGES IN DIGITAL IMAGES BASED ON DISCRETE COSINE TRANSFORMATION	282
<i>V.V. Semenov</i> PROSPECTS FOR APPLYING THE METHODOLOGY FOR IDENTIFYING THE STATE OF OBJECTS	285

ABSTRACTS	289
------------------	-----

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ¹А.В. Репина, ²Т.Ю. Старостина,
¹Э.И. Галеева, ³Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет,
институт нефти, химии и нанотехнологий,
кафедра физики,

²Казанский национальный исследовательский технологический университет,
институт управления, автоматизации и информационных технологий,
кафедра электропривода и электротехники,

³главный редактор журнала Научно-технический вестник Поволжья

ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИОУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Изучены процессы структурирования промышленных полисульфидных олигомеров модифицирующими добавками на основе различных олигоэфиров, применяемых при синтезе полиуретанов. Импульсным методом ЯМР определены кинетические параметры отверждения некоторых составов промышленных тиюретановых композиций. Установлены возможные механизмы отверждения, которые приводят к дополнительному структурированию получаемых композиций, что особенно важно при их использовании в промышленных условиях.

Ключевые слова: полисульфидные олигомеры, олигоэфиры, тиюретановые композиции.

В настоящее время в строительстве большое распространение получили одно- и двухкомпонентные уретановые герметики. Для получения двухкомпонентных составов применяются, в том числе, тиолсодержащие и уретановые форполимеры с концевыми HS- и NCO- группами на основе полиоксипропиленгликолей – лапролов (ТПМ-2, СКУ-ППЛ-4503, СКУ-ППЛ-5003), чему способствует широкая сырьевая база и невысокая стоимость таких полиэфиров (ПЭ). Эти форполимеры производятся в крупных масштабах и широко используются в строительстве в виде кровельных составов и для герметизации межпанельных стыков. Поэтому разработка тиюретановых композиций с использованием аналогичных реакционноспособных олигомеров, обладающих высокими деформационно-прочностными свойствами и адгезией к различным строительным материалам, представляется вполне закономерной. В этой связи для получения подобных герметиков с оптимальными для потребителя и технологии свойствами были исследованы кинетические закономерности процессов отверждения, а также их взаимосвязь со свойствами композиций, находящимися в зависимости от соотношения и природы олигомеров. Основные характеристики соответствующих олигомеров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства олигомеров, используемых для синтеза тиюретановых герметиков

Марка олигомера	Полиэфир	Содержание концевых групп, %	η (20°C), Па·с	δ_p , (МДж/м ³) ^{1/2}
СКУ ПФЛ-100	Политетраметилен-гликоль	5,85 (NCO)	11,5	18,3
СКУ ППЛ-5003	Лапрол-5003	2,34 (NCO)	8,9	16,9
СКУ ППЛ-4503	Лапрол-4503	2,65 (NCO)	7,7	16,9
ПИЦ	-	30 (NCO)	5,2	21,2
Тиокол НВБ-2	-	3,52 (SH)	10,2	18,0
ТПМ-2	Лапрол- 4503	2,1 (SH); 1,08 (OH)	3,0	16,9

При выборе компонентов учитывалась их совместимость, так как только при условии хорошей совместимости исходных олигомеров возможно получение смесевых композиций с высоким уровнем технологических и эксплуатационных параметров. Показателем, характеризующим с высокой достоверностью совместимость полимеров, может служить параметр растворимости (δ_p) [1,2]. Как видно из таблицы 1, все изоцианатсодержащие компоненты, за исключением полиизоцианата (ПИЦ), предположительно должны хорошо совмещаться с ПСО. Более близкими параметрами растворимости к жидкому тиоколу из рассматриваемых изоцианатсодержащих компонентов обладает СКУ-ПФЛ-100; с ТПМ-2 полимером полностью совместимы форполимеры на основе лапролов. Параметр растворимости ПИЦ несколько выше, чем для тиокола и ТПМ-2 полимера. Но с учетом того обстоятельства, что обычно содержание ПИЦ в композиции на порядок меньше ПСО, разница в полярности не имеет особого значения.

Кинетика отверждения тиоуретановых составов зависит от многих факторов, основные из которых: природа олигомеров, их соотношение и совместимость, природа и содержание катализатора и наполнителя. В качестве катализатора нами использовался 2-4-6-трис(диметиламинометил)фенол (ОМ-3). Так как отверждение катализировалось третичным амином, то первичной в таких системах является реакция тиоуретанообразования [3,4].

Кинетика отверждения тиоуретановых составов была исследована методом ЯМР-спектроскопии [4]. На рис.1,2 представлены зависимости изменения времени спин-спиновой релаксации T_2 от времени отверждения герметиков для составов на основе тиокола при различных соотношениях компонентов. Как показывают кинетические параметры, на начальном этапе отверждения (см. рис.1а, 2а) максимальной скоростью обладают композиции с эквимольным соотношением SH- и NCO-групп. По-видимому, это связано с тем, что избыток любого из компонентов в начальный момент пластифицирует композицию, замедляя процесс отверждения. Следует отметить, что при использовании ПИЦ начальный период значительно короче и уже через 3 часа скорость отверждения композиции с избытком ПИЦ (NCO: SH=1,5:1) выше, чем у композиции с эквимольным соотношением функциональных групп. Это связано с малой молекулярной массой и высокой функциональностью ПИЦ ($f=2,5-3,0$),

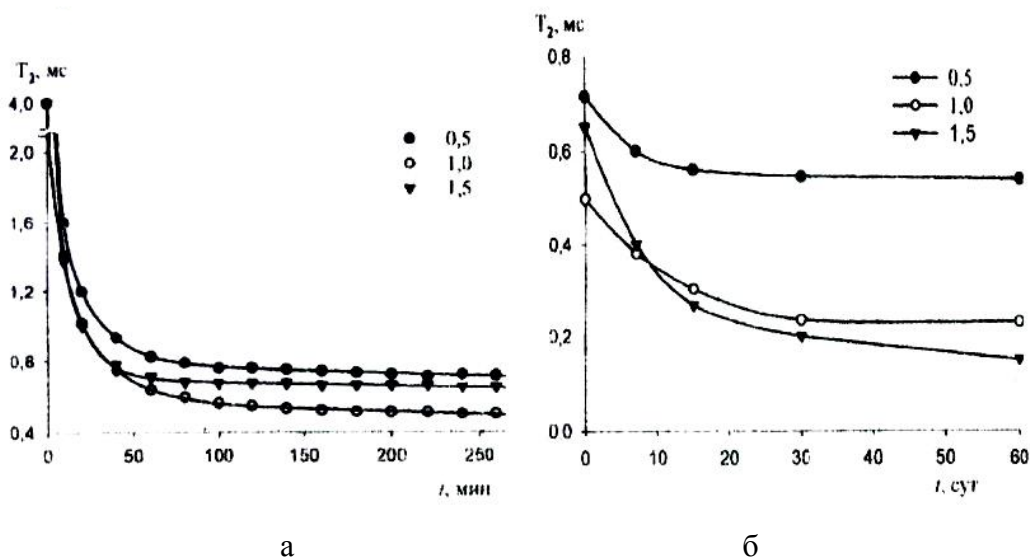


Рис. 1 – Зависимость T_2 от времени отверждения тиоуретановых герметиков на основе смеси ПСО и СКУ-ПФЛ-100 при различных молярных соотношениях NCO:SH (цифры на графике): а – начальный этап отверждения; б – конечный этап отверждения.

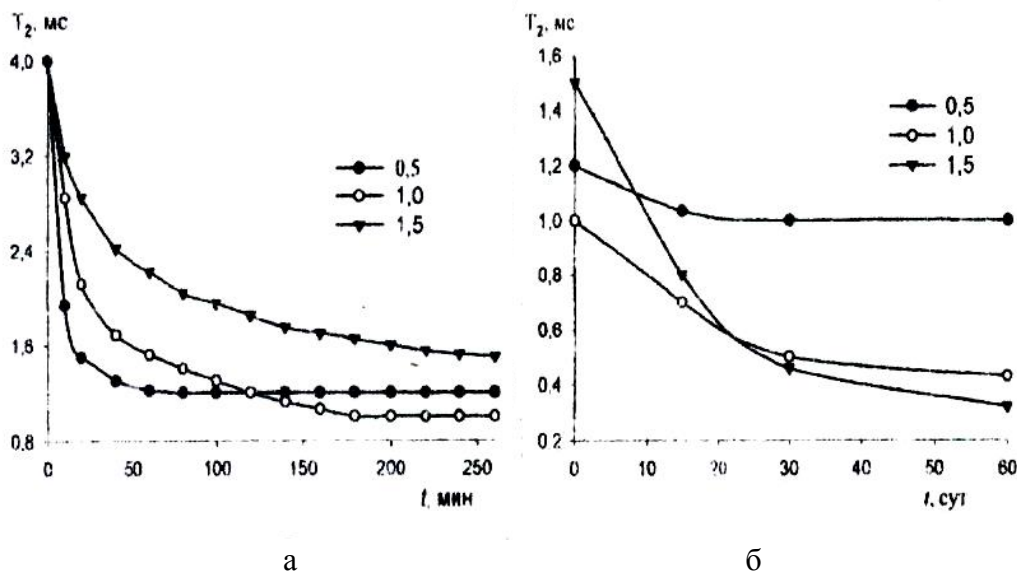


Рис. 2 – Зависимость T_2 от времени отверждения тиюретановых герметиков на основе смеси ПСО и СКУ-ППЛ-5003 при различных молярных соотношениях NCO:SH (цифры на графике): а – начальный этап отверждения; б – конечный этап отверждения.

вследствие чего уже в начальный период возможно существенное нарастание вязкости вследствие образования сетчатых структур. Скорость отверждения составов на основе хорошо совместимых компонентов (тиокол+СКУ-ПФЛ-100) существенно выше, чем у плохо совместимых композиций (тиокол+СКУ-ППЛ-5003).

На рис.3 приведена зависимость времени спин-спиновой релаксации T_2 от времени отверждения тиюретановых герметиков на основе смеси ПСО и ПИЦ при различных молярных соотношениях NCO:SH.

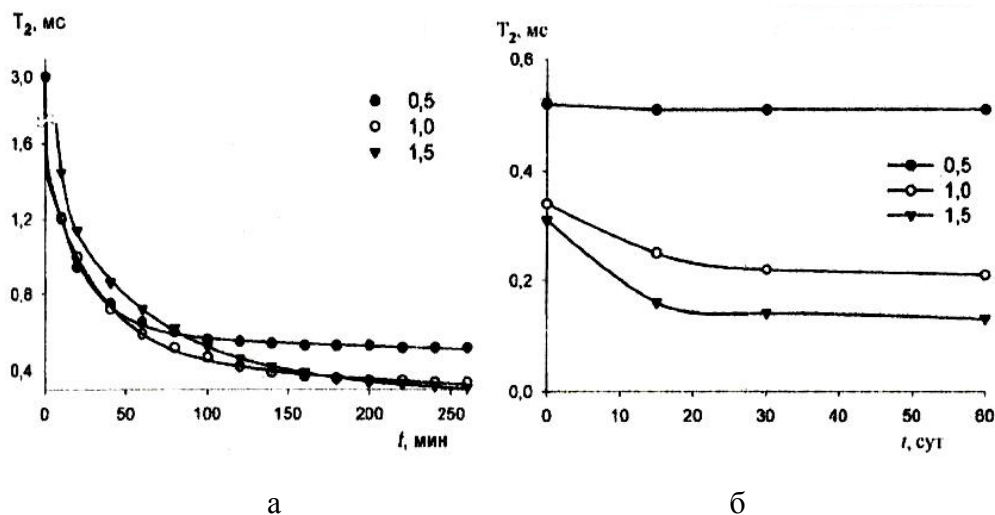


Рис. 3 – Зависимость T_2 от времени отверждения тиюретановых герметиков на основе смеси ПСО и ПИЦ при различных молярных соотношениях NCO:SH (цифры на графике): а – начальный этап отверждения; б – конечный этап отверждения.

Вторая стадия процесса отверждения (с момента гелеобразования до полного завершения стадии структурирования) для составов с разными изоцианатсодержащими компонентами и соотношениями NCO:SH отличается как по скорости, так и по характеру (см. рис.1б, 2б, 3б).

При замене в композиции ПИЦ на форполимер происходит уменьшение скорости отверждения, что в первом приближении можно объяснить существенным падением скорости образования вторичных связей по сравнению с реакцией тиюретанообразования [3,4].

$$\begin{aligned} \sim R-NCO + HS-R' &\longrightarrow \sim R-N(H)-C(O)-S-R' \\ 2\sim R-N(H)-C(O)-S-R' + NCO-R''-NCO &\longrightarrow \sim R-N-C(O)-S-R' \\ &\quad | \\ &\quad C(O) \\ &\quad | \\ &\quad N(H) \\ &\quad | \\ &\quad R'' \\ &\quad | \\ &\quad N(H) \\ &\quad | \\ &\quad C(O) \\ &\quad | \\ &\quad \sim R-N-C(O)-S-R' \end{aligned}$$

Список литературы

1. Минкин В.С., Дебердеев Р.Я., Палютин Ф.М., Хакимуллин Ю.Н. Промышленные полисульфидные олигомеры: синтез, вулканизация, модификация // Казань.: изд-во «Новое знание», 2004, 175 с.
2. Хакимуллин Ю.Н. Высоконаполненные композиционные материалы строительного назначения на основе насыщенных эластомеров / диссертация на соискание уч. степени доктора техн.наук, Казань, КГТУ, 2003.
3. Хакимуллин Ю.Н., Минкин В.С., Палютин Ф.М., Дебердеев Т.Р. Герметики на основе полисульфидных олигомеров: синтез, свойства, применение // М: изд-во «Наука», 2007, 301 с.
4. Суханов П.П., Минкин В.С. Исследование процессов структурирования олигомерных композиций методами радиоспектроскопии // Казань: изд-во КГТУ, 2011, 223 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ — 1.2.2.**

1.2.2.

¹И.Н. Беляева, ²А.Н. Чеканов, ¹Н.И. Корсунов, ¹М.А. Величко¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
факультет математики и естественнонаучного образования,

кафедра информатики, естественнонаучных дисциплин и методик преподавания,

²Белгородский юридический институт МВД России им. И.Д. Путилина
Белгород, ibelyaeva@bsu.edu.ru, velichko@bsu.edu.ru**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА
КЛАССИЧЕСКОЙ C2V-СИММЕТРИЧНОЙ ФУНКЦИИ ГАМИЛЬТОНА**

В работе представлено математическое моделирование фазового пространства классической системы, которая описывается функцией Гамильтона с C2V симметрией. Данная симметрия имеет четыре неприводимых представления и соответствует симметрии прямоугольника. Выбор параметров в системе определяет число особых точек потенциальной функции. Смоделирован характер движения системы методом сечений Пуанкаре. Проведено исследование системы с определенными параметрами, при которых поверхность потенциальной энергии имеет два локальных минимума и одну седловую точку. Построенные сечения демонстрируют модель фазового пространства, в котором присутствуют как регулярные, так и хаотические траектории.

Ключевые слова: математическое моделирование, функция Гамильтона, сечения Пуанкаре.

В настоящее время исследуется проявление классического хаоса в квантовой механике [1, 2], влияние классического движения системы на структуру линий волновых функций. Для этих целей рассматривается узловая структура линий волновой функции [3]. Для систем, в которых классическое движение хаотическое, в полуклассическом пределе собственная функция является равномерно распределенной на всей области допустимого классического движения, построенные узловые линии не будут пересекаться, а также не будут иметь четко выраженной структуры [4, 5].

Анализ спектра и структуры волновых функций проводился в основном для гамильтоновых систем, поверхность потенциальной энергии которых имеет один локальный минимум [6, 7]. Однако особый интерес представляет исследование гамильтоновых систем, поверхность потенциальной энергии которых имеет несколько локальных минимумов.

Рассмотрим классическую систему, описываемую функцией Гамильтона в виде

$$H = \frac{1}{2}(p_x^2 + p_y^2) + V(x, y), \quad (1)$$

$$V(x, y) = \frac{b}{2}(x^2 + y^2) - \frac{b'}{2}x^2 + c x^2 y^2 + d(x^2 + y^2)^2, \quad (2)$$

где (p_x, p_y) – это канонически сопряженные импульсы, а (x, y) – координаты, а b, b', c, d – это варьируемые параметры.

Оператор Гамильтона \hat{H} , который является квантовым аналогом системы (1)-(2), получается из классического выражения (1)-(2) следующей заменой:

$$p_x \rightarrow \hat{p}_x = -\frac{i\partial}{\partial x}, \quad p_y \rightarrow \hat{p}_y = -\frac{i\partial}{\partial y}. \quad (3)$$

Положим, что переменные и параметры являются величинами безразмерными. Вид потенциальной части (2) можно получить, исходя из физических соображений. Рассматриваемая система (1)-(2) имеет C2V-симметрию. Данная симметрия соответствует группе симметрии прямоугольника. Эту группу характеризует четыре неприводимых представления: A_1, A_2, B_1, B_2 [8].

Число особых точек потенциальной функции (2) определяется соответствующим выбором параметров. В данной работе в классической системе (1)-(2) значения параметров подобраны следующим образом

$$b = 1.849, \quad b' = 8.257825, \quad c = -0.28707, \quad d = 0.375509. \quad (4)$$

При данных значениях параметров (4) поверхность потенциальной энергии (2) имеет два локальных минимума в точках $M_0(-\xi; 0)$, $M_1(\xi; 0)$ и одну седловую точку $S(0; 0)$. Функция $V(x, y)$ принимает в локальных минимумах значение $V_{\min} = \xi^4/d$, где $\xi = \sqrt{b' - b} / (2\sqrt{d})$. На рисунке 1 представлены линии уровней поверхности потенциальной энергии (2). Линия нулевой гауссовой кривизны изображена пунктиром на рисунке 1.

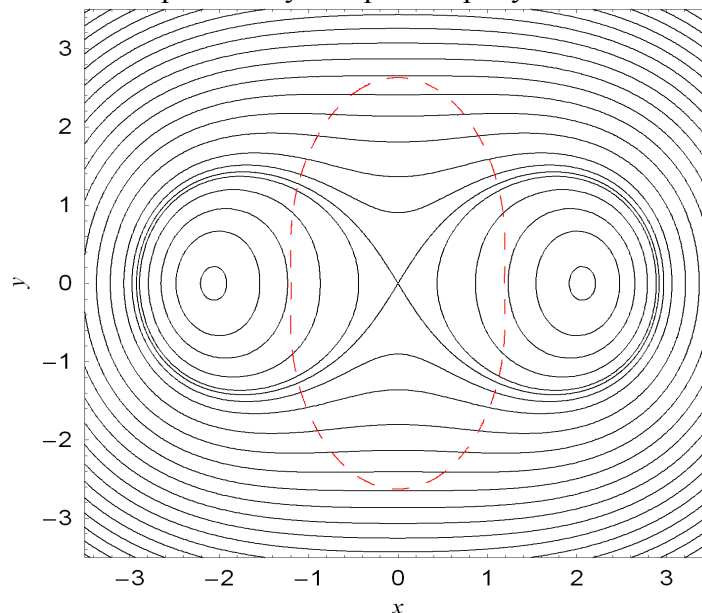


Рис. 1 – Линии уровней поверхности потенциальной энергии (2)

На моделируемой поверхности имеются области с отрицательной гауссовой кривизной, так как имеется одна седловая точка. Построенные области с отрицательной гауссовой кривизной показывают, что в рассматриваемой системе (1)-(2) возможно существование классического хаоса. Таким образом, для моделируемой поверхности потенциальной энергии (2) область с отрицательной гауссовой кривизной будет ограниченной и рассматриваемая область также может иметь место переход регулярность-хаос-регулярность [9].

Критические энергии перехода регулярность-хаос (E_{cr1}) и хаос-регулярность (E_{cr2}) можно определить на основе критерия отрицательной гауссовой кривизны [10]. Для системы (1)-(2)

$$E_{cr1} = -5(b' - b)^2 / (144d), \quad E_{cr2} = (b' - b)(bc + bd + b'd) / (4(c + 2d)^2). \quad (5)$$

В данной работе были вычислены значения критической энергии E_{cr1} и E_{cr2} (5) при значениях параметров (4), и получены следующие значения критической энергии $E_{cr1} \approx -3.797$ и $E_{cr2} \approx 24.2988$.

В области восстановления регулярного движения R_2 , в которой значения энергии E больше критической энергии хаос-регулярность E_{cr2} ($E > E_{cr2}$) проведено исследование движения системы (1)-(2).

Метод сечений Пуанкаре применяется для проведения исследования рассматриваемой системы (1)-(2) [11]. Для трех областей движения R_1 , C , R_2 построены соответствующие сечения Пуанкаре. Для области движения R_1 приведено сечение Пуанкаре при значении энергии $E = 0$. Для области движения R_2 приведено сечение Пуанкаре при значении энергии $E = 300$. На рисунке 2 представлены сечения Пуанкаре, которые получены для значений энергии из соответствующих областей R_1 и R_2 .

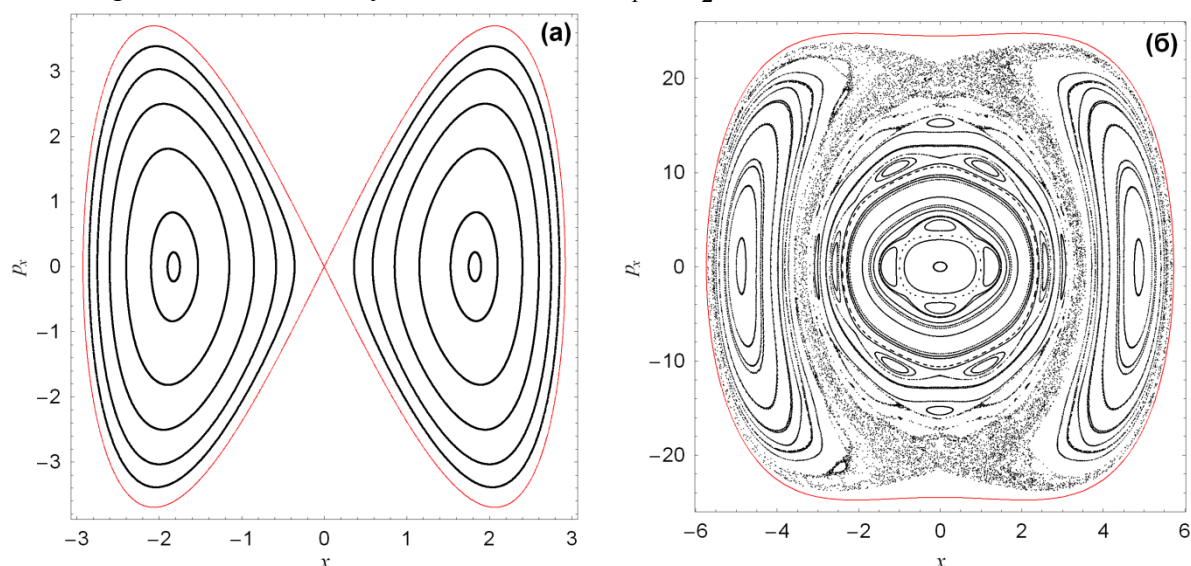


Рис. 2 – Сечения Пуанкаре для системы (1)-(2): область движения R_1 (слева), область движения R_2 (справа).

Построенные сечения демонстрируют достаточно сложную структуру фазового пространства, в котором наблюдаются как регулярные траектории движения, так и хаотические. Показано, что при достаточно больших значениях энергии наблюдается восстановление регулярности движения, что проявляется на сечениях Пуанкаре в виде гладких замкнутых линий.

Список литературы

1. *Bohigas O., Giannoni M.J.* Chaotic motion and random-matrix theory. Lecture Notes in Physics. – New-York Springer-Verlag. – 1984. – V. 209. – P. 1871-1969.
2. *Berry M.V.* Classical Chaos and Quantum Eigen values. Order and Chaos in nonlinear physical systems (ed. S. Lundquist, N. March and M. Tosti). – New York and London: Plenum Press. – 1988. – P. 340-348.
3. *Pechukas P.* Semiclassical Approximation of Multidimensional Bound States // Journal Chemistry Physics. – 1972. – V. 57. – P. 5577-5594.
4. *Berry M.V.* Semiclassical Mechanics of regular and irregular motion. Les Houches Lecture Series Session XXXVI (eds. G. Iooss, R.H.G. Helleman and R. Stora). – North Holland, Amsterdam. – 1983. – P. 171-271.
5. *Berry M.V.* Regular and irregular semiclassical wave functions // Journal Phys. A: Math. Gen. – 1977. – V. 10. – P. 2083-2091.
6. *McDonald S.W., Kaufman A.N.* Spectrum and Eigenfunctions for a Hamiltonian with Stochastic Trajectories // Physical Review Letters. – 1979. – V. 42. – P. 1189-1191.
7. *Matsuyama A.* Numerical study of the quantum mechanical Toda lattice // Physical Review Letters. – 1991. – V. A161. – P. 124-129.
8. *Слэтер Дж.* Электронная структура молекул. – М: Мир, 1965. – 588с.
9. *Bolotin Yu.L., Gonchar V.Yu., Tarasov V.N., Chekanov N.A.* The transition regularity-chaos-regularity and statistical properties of wave function // Physical Review Letters. – 1990. – V. A144. – № 8, 9. – P. 459-461.
10. *Krivoshey I.V.* Dynamic chaos and instability in barrier processes of chemical dynamics // Sov. Sci. Rev. B. Chem. – 1988. – V. 11. – P. 123-143.
11. *Чеканов Н.А., Беляева И.Н., Кириченко И.К., Чеканова Н.Н.* Символьно-численные методы решения дифференциальных уравнений классической и квантовой механики. – Харьков: “ИСМА”, 2019. – 420с.

1.2.2.

А.Ф. Галимянов, А.Ф. Гилемзянов

Казанский федеральный университет,
Институт вычислительной математики и информационных технологий,
кафедра информационных систем,
Казань, anis_59@mail.ru

ПРИБЛИЖЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Дробное исчисление широко применяется в научных и инженерных расчетах. Поэтому студенты, обучающиеся по математическим и техническим направлениям, изучают основы дробного дифференцирования и интегрирования. Системы компьютерной математики дают возможность наглядно и доступно объяснить некоторые вопросы дробного исчисления. Также они имеют большое количество встроенных функций для облегчения расчетов. В данной работе приведены примеры использования Wolfram Language при работе с дробными интегралами и производными.

Ключевые слова: компьютерная математика, дробные интегралы, приближенные вычисления

Новые возможности систем компьютерной математики

Системы компьютерной математики широко используются в приближенных вычислениях. Физики, математики, инженеры занимаются математическими расчетами в своей исследовательской деятельности [1]. Появление систем компьютерной математики, таких как Mathematica, изменило методы их работы. Mathematica поддерживает числовые расчеты, позволяет проводить точные аналитические расчеты, создавать графические представления.

В настоящее время компания Wolfram Research является одной из наиболее авторитетных компаний в области программного обеспечения для вычислений, веб-технологий и облачных вычислений в мире. Язык Wolfram Language является значительным развитием системы Mathematica, включая в себя знания, введение кода в действие и многие другие новые идеи. Для обучения языку компания предоставляет возможность писать код в облаке.

Используя функции этого языка, можно решать задачи в разных предметных областях, таких как анализ данных, машинное обучение, обработка изображений, обработка естественного языка и других.

Приближенные вычисления в дробном исчислении

Специалисты, занимающиеся проблемами дробного исчисления, также часто пользуются системами компьютерной математики. Например, в [2] авторы приводят численное решение интегро-дифференциальных уравнений. Ранее в своих работах мы проводили расчеты в Wolfram Mathematica для проверки формул вычисления значений дробных интегралов, для решения дробных интегро-дифференциальных уравнений [3, 4].

В приближенных вычислениях, связанных с дробными производными и интегралами, часто необходимо вычислять интегралы, решать системы уравнений, находить обычные производные. Все эти действия удобно проводить в системах компьютерной математики. Также в работе помогает то, что можно вычислять значения специальных функций, например, Гамма-функции, гипергеометрических функций. Для нахождения смещенных полиномов Лежандра в Mathematica можно использовать библиотечную функцию *LegendreP*, для работы с полиномами Чебышева есть функция *ChebyshevT*, *ChebyshevU*. Отметим, что любая система компьютерной математики позволяет вывести данные с указанной точностью, продемонстрировать результаты работы в виде графиков.

В Wolfram Language есть такие функции, как FractionalD, FractionalIntegrate. ResourceFunction["FractionalD"][f, {x, α}] вычисляет дробную производную $\partial^\alpha f / \partial x^\alpha$. В опциях можно указать метод Коши или Капуто (Рис. 1). Этот пример приведен в справочнике языка (<https://www.wolframcloud.com/>).

```
In[8]:= ResourceFunction["FractionalD"][Sin[x], {x, 1/2}, Method → "Cauchy"] // Timing
Out[8]:= {0.305894,  $\sqrt{2} \left( \cos[x] \operatorname{FresnelC}\left[\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{x}\right] + \operatorname{FresnelS}\left[\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{x}\right] \sin[x] \right)}$ 
```

```
In[9]:= ResourceFunction["FractionalD"][Sin[x], {x, 1/2}, Method → "Caputo"] // Timing
Out[9]:= {0.127934,  $\sqrt{2} \left( \cos[x] \operatorname{FresnelC}\left[\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{x}\right] + \operatorname{FresnelS}\left[\sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{x}\right] \sin[x] \right)}$ 
```

Рис. 1 – Пример использования функции FractionalD

ResourceFunction["FractionalIntegrate"][f, {x, α}] вычисляет дробный интеграл по переменной x . Данная функция использует формулу

$$1/\Gamma(\alpha) \int_0^x (x-t)^{\alpha-1} f(t) dt.$$

По этой функции в справочнике также приведены примеры использования.

Примеры использования Wolfram Language при изучении основ дробного исчисления

Дробное исчисление изучают студенты и аспиранты математических, физических и технических специальностей [5]. Данная тема является достаточно сложной для понимания, использование систем компьютерной математики даёт возможность наглядно и доступно объяснить основные определения и теоремы дробного исчисления. Приведем примеры.

Рассмотрим оператор дифференцирования дробного порядка α степенных функций, названный оператором Адамара [5]:

$$d^\alpha x / dx^\alpha = \Gamma(n+1) / \Gamma(n-\alpha+1) \cdot x^{n-\alpha}$$

Введем функцию

$$f(x) = \Gamma(n+1) / \Gamma(n-\alpha+1) \cdot x^{n-\alpha}$$

При работе в Wolfram Language функция запишется в следующем виде:

$$f[x_] := \text{Gamma}[n+1] / \text{Gamma}[n-\alpha+1] * x^{(n-\alpha)}$$

Далее, меняя значения α и n , можно изучить поведение функции, например, в точке $x = 0.5$ (Таблица 1).

Таблица 1 – Значения функции в точке $x = 0.5$

	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
$n = 2$	0.29326	0.39851	0.53192	0.60619	0.89159
$n = 3$	0.15169	0.22139	0.31915	0.45404	0.63685

Представление результатов в виде графиков позволяет лучше понять зависимость функций от параметров. На рисунках 2 и 3 представлены графики введенной нами функции $f(x)$ при $n = 2.5$ и разных значениях α .

На рисунках 3 и 4 показаны графики функции $y = x^2$ (черным цветом), график её производной – функции $y = 2x$ (синим цветом) и график функции, являющейся дробной производной при разных значениях α . В этом случае использованы встроенные функции языка для нахождения дробной производной, о которых было сказано выше.

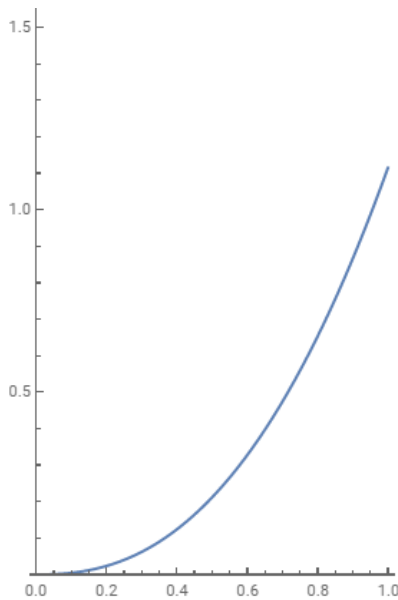


Рис. 2 – $\alpha = 0.1$

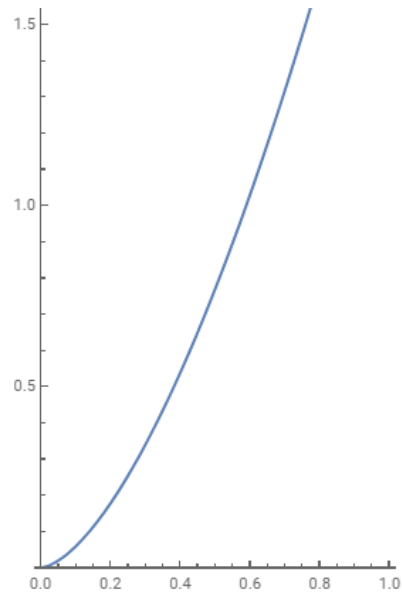


Рис. 3 – $\alpha = 0.9$

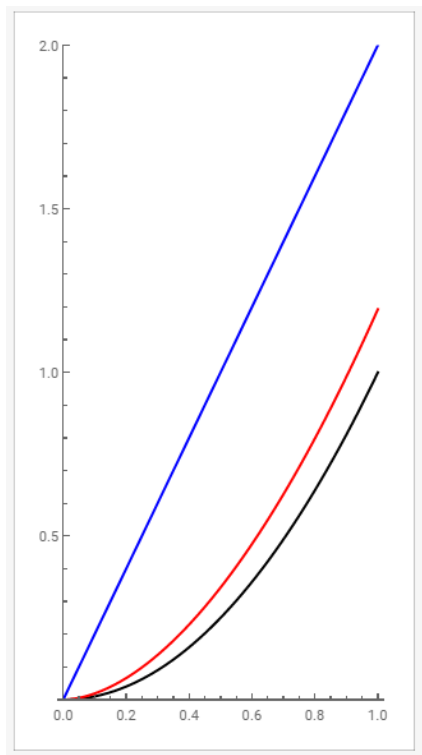


Рис. 3 – Расположение графиков при $\alpha = 0.2$

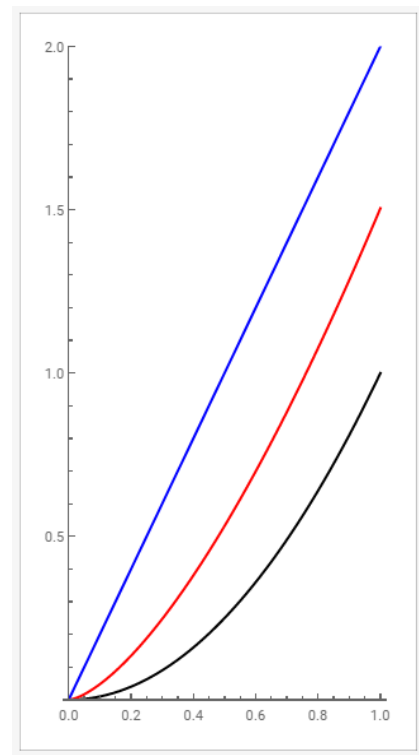


Рис. 4 – Расположение графиков при $\alpha = 0.5$

Дробное интегро-дифференциальное уравнение

$$y(t)/\chi_1^\alpha + D^\alpha y(t) = E_0 f(t)$$

решим методом моментов.

Подставляя в это уравнение значения

$$y(t) = t^2, \chi_1^\alpha = 1/200, \alpha = 1/2, E_0 = 200 \text{ hPa}$$

и упростив его, получаем:

$$t^2 + D^{\frac{1}{2}} t^2 / 200 = f(t).$$

Проведя необходимые вычисления, получим $f(t)$:

$$8t^{3/2} / 3\sqrt{\pi} \cdot 1/200 + t^2.$$

Далее решим исходное уравнение методом моментов. Приближенное значение будем искать в виде полинома

$$y_n(t) = \sum_{k=1}^n c_k \varphi_k(t).$$

Решая систему

$$\sum_{k=1}^n c_k \int_0^1 \left[\varphi_k(t) - \frac{1}{200} t^{k-1} \right] P_i(t) dt = \int_0^1 f(t) P_i(t) dt, \quad i = \overline{1, n}.$$

где P_i – смещенные ортогональные полиномы Лежандра, определенные на отрезке $[0; 1]$,

$$\varphi_k(t) = \frac{k!(k+1-\alpha)t^{k-\alpha}}{\Gamma(k+2-\alpha)}, \quad n = 4$$

мы получим:

$$y_4(t) = -0.031898t^{1/2} + 0.429131t^{3/2} + 0.754382t^{5/2} - 0.145433t^{7/2}.$$

Близость приближенного решения к точному по методу моментов можно оценить по Таблице 2 и рисунку 5.

Таблица 2 – The values of the functions $y(t)$ and $y_4(t)$

	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
$y(t)$	0.01	0.09	0.25	0.49	0.81
$y_4(t)$	0.00582	0.08808	0.24967	0.49217	0.81525
$|y(t) - y_4(t)|$	0.00418	0.00192	0.00033	0.00217	0.00525

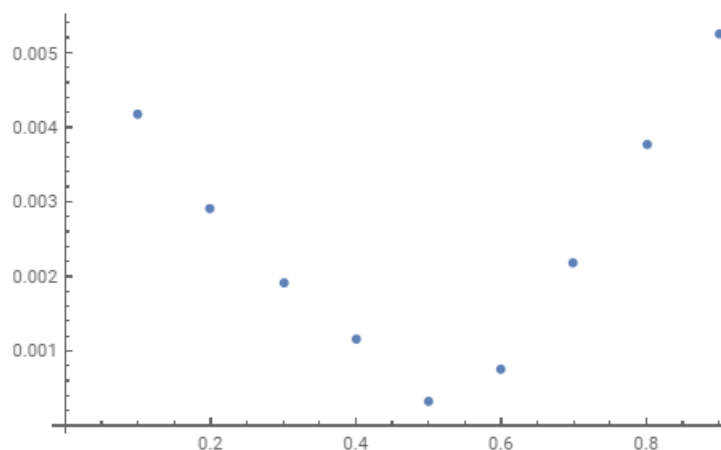


Рис. 5 – $|y(t) - y_4(t)|$

Таким образом, системы компьютерной математики облегчают расчеты, предоставляют возможность наглядно представить результаты вычислений.

Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета («ПРИОРИТЕТ-2030»)

Список литературы

1. Gerd Baumann 2005 *Mathematica for Theoretical Physics* (Springer-Verlag New York)
2. Hongyan Liu, Jin Huang and Wei Zhang 2021 Numerical algorithm based on extended barycentric Lagrange interpolant for two dimensional integro-differential equations *Applied Mathematics and Computation* 396 125931
3. Galimyanov A.F., Gilemzyanov A.F., Minnegalieva C.B. 2017 Square Formulas for Weil Fractional Integral Based on Trigonometric Polynom *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 9 pp 1934-44.
4. Galimyanov Anis F., Gilemzyanov Almaz F., Minnegalieva Chulpan B. 2018 Quadrature Formulas for the Calculation of the Riemann-Liouville Fractional Integral *Amazonia Investiga* 7 (15) pp 74-80.
5. Чуриков В.А. 2010 *Дополнительные главы анализа. Дробное интегрирование и дробное дифференцирование на основе d-оператора* (Томск)

1.2.2.

А.А. Добров, М.С. Пузырникова, П.Е. Громова, Д.А. Ожигин

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
институт ядерной энергетики и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова,
кафедра ядерные реакторы и энергетические установки,
Нижний Новгород, dobrov@nntu.ru, vip.puzyrnikova@mail.ru,
dimaozhigin@yandex.ru, P9romowa@yandex.ru

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ПРОЦЕССЕ

В статье приведены результаты исследования динамических тепловых характеристик промышленного термоэлектрического преобразователя КТХА в условиях переходного процесса с изменением температуры рабочей среды. Численное моделирование проводилось с использованием модели сопряженного теплообмена в расчетной программе вычислительной гидродинамики ЛОГОС. Исследование тепловой инерции термоэлектрического преобразователя является актуальной задачей, поскольку неправильный выбор прибора может привести к дополнительной погрешности измерения вследствие отставания показаний от температуры измеряемой среды.

Ключевые слова: *переходные процессы, термоэлектрический преобразователь, динамические характеристики, программа ЛОГОС, автоматизированные системы управления.*

В качестве предмета данного исследования выступает явление тепловой инерционности промышленного термоэлектрического преобразователя, а объектом исследования – промышленный термоэлектрический преобразователь КТХА.

Термопара хромель-алюмель является одной из самых распространенных термопар, применяемых в промышленности и научных исследованиях. Позволяет длительно измерять температуры до 1100°C и кратковременно до 1300°C [1].

Во многих промышленных установках тепловые процессы не являются стационарными, а чаще всего в них происходит изменение температурных характеристик. При этом автоматизированные системы управления получают информацию получают с измерительных устройств, которые обладают некоторой инерционностью. Это свойство зависит как от конструкции измерительных устройств, так и от условий их размещения в потоке рабочей среды.

Поэтому знание или возможность моделирования характеристик измерительных устройств в переходных процессах является важной задачей.

Экспериментальное исследование

Экспериментальное исследование проводилось на специально изготовленном стенде, позволяющем обеспечить изменение температуры от 60 до 400 °С, с максимальным темпом разогрева – 10 °С/сек.

Схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

Вентилятор 10 прокачивает воздух через канал круглого сечения 7. На входе в канал воздух подогревается с помощью электронагревателя 8. Мощность нагрева регулируется с помощью регулятора 9. В канал через штуцер 4 введен исследуемый термоэлектрический преобразователь. Между штуцером и термоэлектрическим преобразователем имеется воздушный зазор, имитирующий реальные условия установки. Температура рабочей среды в канале определяется с помощью малоинерционной термопары (диаметр чувствительной части – 0,5 мм), предварительно поверенной и отградуированной. Оба термопреобразователя

подключены к модулю ввода аналоговых сигналов 1, в котором также установлен датчик температуры холодного спая [2].

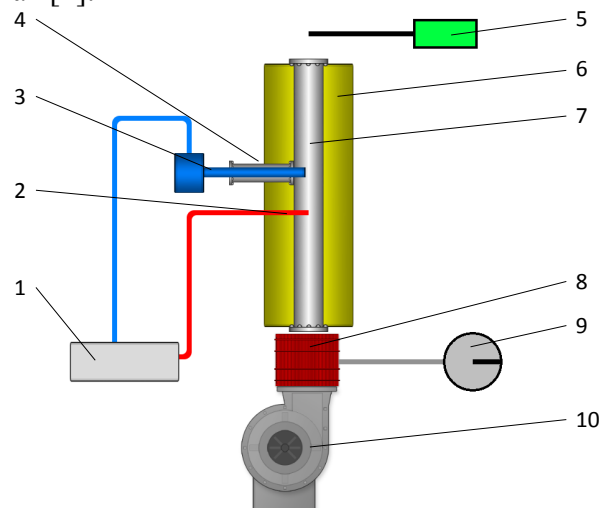


Рис. 1 – Схема экспериментального стенда.

1 – высокоскоростной АЦП с датчиком температуры холодного спая;

2 – малоинерционная термопара; 3 – исследуемый термоэлектрический преобразователь;

4 – штуцер для установки термопреобразователя в канале; 5 – термоанемометр для измерения скорости воздуха; 6 – теплоизоляция; 7 – круглая труба; 8 – электронагреватель из нихромовой проволоки; 9 – регулятор мощности нагрева; 10 – вентилятор

На рисунке 2 представлена схема экспериментальной модели узла установки КТХА.

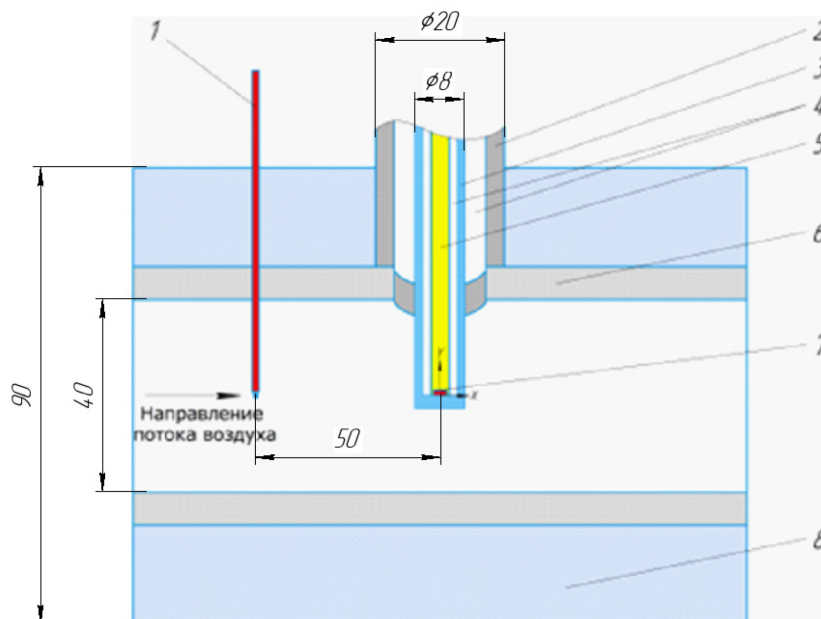


Рис.2 – Схема экспериментальной модели узла установки КТХА

1 – малоинерционная термопара; 2 – штуцер; 3 – внешний чехол термопреобразователя;

4 – воздушный зазор; 5 – внутренний чехол термопреобразователя с изоляцией из оксида магния; 6 – труба; 7 – изолированный горячий спай термопары; 8 – теплоизоляция

В результате проведения эксперимента была получена зависимость температуры воздуха на входе в канал от времени, которая в дальнейшем использовалась в качестве входного условия для проведения расчета в программе вычислительной гидродинамики ЛОГОС.

Описание расчетной модели

Исследуемый участок состоит из вертикального канала круглого сечения и штуцера для установки термопреобразователя, выполненных из нержавеющей стали 08X18H10T, чехла термопары, изготовленного из стали 12X18H10T, кроме этого, моделируются воздушный зазор между чехлом и внутренней частью термопреобразователя, внутреннее устройство термопреобразователя с минеральной изоляцией из оксида магния, а также теплоизоляция канала, изготовленная из минеральной ваты [3].

На внешней поверхности теплоизоляции задана стенка без проскальзывания с коэффициентом теплоотдачи и температурой, равной температуре окружающего воздуха – граничное условие – WALL NO SLIP.

На входе в трубу задается массовый расход и температура теплоносителя, как функция от времени в соответствии с таблицей 1 (граничное условие – MASSFLOW). На выходе задается граничное условие PRESSURE. На границах между воздухом и стенкой канала задается интерфейс «жидкость-твердое тело» для учета сопряженного теплообмена.

Таблица 1– Параметры граничных условий

Граница	Тип граничного условия	Параметры
Вход	Входная граница с постоянной скоростью (MASSFLOW)	$G = 2,35 \times 10^{-3}$ кг / с
Выход	Выходная граница (PRESSURE)	$P = 101325$ Па
Стенка	Жесткая стенка без проскальзывания (WALL NO SLIP)	$U = V = W = 0$ м / с

Для проведения расчета использовалась неструктурированная преимущественно шестигранная сетка с призматическими пристеночными слоями, содержащая 2 133 126 ячеек.

Моделируется сопряженный теплообмен воздуха с твердотельными элементами. Для моделирования турбулентного перемешивания в расчетах применялась модель SST с автоматическим определением зоны пограничного слоя.

Результаты исследования

В качестве результатов расчета приводится зависимость температуры от времени в точке, соответствующей горячему спаю исследуемой термопары. На рисунке 3 представлено сравнение расчетных и экспериментальных значений температур воздушного потока и исследуемого термопреобразователя.

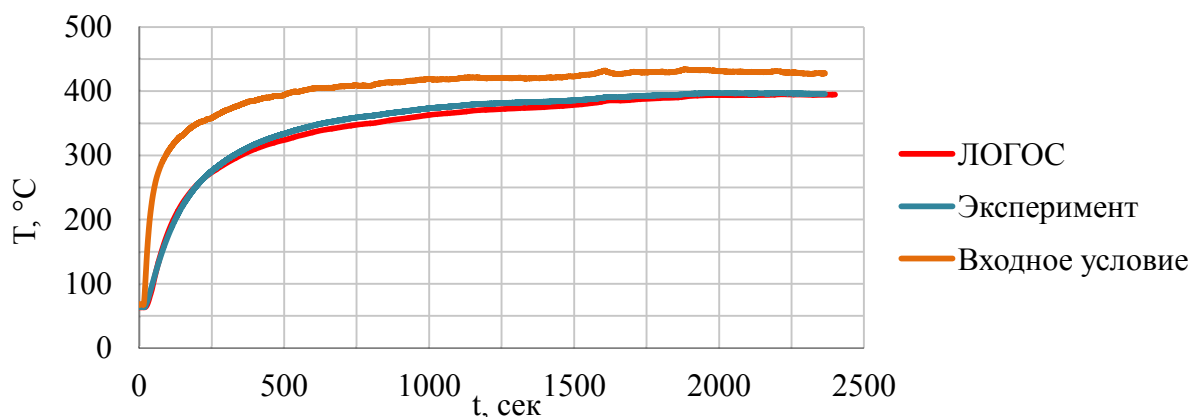


Рис.3 – Сравнение расчетных и экспериментальных значений температур воздушного потока и исследуемого термопреобразователя

В таблице 2 приведены количественные значения динамических характеристик исследуемого термопреобразователя, а именно:

τ_n – время начала реагирования показаний прибора на изменение температуры, сек;

t_n – новое установившееся значение температуры, °C;

T_n – полное время установления показаний, сек;

τ – время переходного процесса (время, в течение которого показание прибора достигнет 95 % изменения измеряемой величины), сек;

T – постоянная времени.

Таблица 2 – Динамические характеристики переходного процесса

	τ_n , сек	$t_{и, \square C}$	T_n , сек	$0,95t_{и, \square C}$	τ , сек	$0,63t_{и, \square C}$	T , сек
Экспериментальные значения	15,1	397,3	1986,2	377,4	1106	250,3	179,1
Значения, полученные в ПП ЛОГОС	18,1	395,2	2215	375,4	1407,7	249	170,3
Относительное отклонение, %	20	0,5	11,5	0,5	27,3	0,5	4,9

Входным условием является температура потока воздуха в начале канала. Отклонение полученных данных от входного условия обусловлено потерей теплоты через воздушный зазор между штуцером и термоэлектрическим преобразователем.

Отличие в результатах численного моделирования и эксперимента по основным величинам, характеризующим процесс, составило не более 11,5 %. Ошибка в расчете времени переходного процесса (в течение которого показание прибора достигнет 95% изменения измеряемой величины) составила 27,3%. Расчетное время оказалось больше, чем экспериментальное. Этот эффект может быть обусловлен:

1. отличием задаваемых свойств материалов, взятых из справочника от реальных;
2. неявным расчетом тепловых потерь с поверхности модели в окружающую среду (коэффициенты теплоотдачи определялись по справочным формулам для естественной конвекции вокруг цилиндрической трубы);
3. возможным отличием реальных геометрических размеров от их номинальных значений.

Заключение

В результате проведенного исследования были получены динамические характеристики переходного процесса, характеризующие изменение температуры чувствительной части термопреобразователя и напрямую определяющие изменение выходного сигнала, которое должно учитываться при создании автоматизированных систем управления.

Расчетные значения температуры хорошо согласуются с экспериментальными, относительное отклонение не превышает 0,5 %.

Таким образом, в работе показаны возможность и эффективность использования ПП ЛОГОС (в связке «гидродинамика + теплопроводность в твердом теле») для решения задачи определения динамических характеристик средств измерения температуры, что может быть использовано при разработке конструкций различных изделий, работающих в условиях переменных температур рабочих сред

Список литературы

1. Сорокин Д.Н., Джусов Ю.П. Динамические характеристики термодпар – Обнинск: Издательство ФЭИ, 1973. – 30 с.
2. Добров А.А. Методические указания к выполнению лабораторной работы «Получение статических характеристик термодпар» по курсам «Методы и приборы физических измерений» и «Специальные методы измерения и контроля» / НГТУ; – Н. Новгород, 2021. – 41 с.
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. – М.: «Энергия», 1977. – 344 с. с ил.

1.2.2.

¹Т.К. Ксенофонтова канд. техн. наук,
²Т.В. Варламова канд. техн. наук, ¹А.С. Верхоглядова

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»,
Москва,

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»,
Саратов

ОБОСНОВАНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ В РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Угловые подпорные стены имеют широкое распространение как в гидротехническом строительстве, так и в гражданском строительстве. При расчете таких стен с учетом влияния их опоры на грунтовое основание и учетом взаимодействия стен с грунтовой средой, которую удерживают подпорные стены, задача расчета значительно усложняется. Поэтому расчет таких конструкций выполняется преимущественно на современных программных комплексах, одним из которых является ПК «ЛИРА-САПР 2021». При этом для выполнения расчета необходимо задать сооружениям предварительные размеры поперечных сечений. Как это сделать, чтобы предварительные размеры наиболее точно отражали реальные условия работы подпорных стен, рассмотрено в этой статье.

Ключевые слова: Угловые подпорные стены, метод конечных элементов, расчетные программные комплексы, алгоритм расчета.

Подпорные стены эксплуатируются при контакте с грунтовой средой, которая, как правило, имеет повышенную влажность, либо в ней присутствуют грунтовые воды, негативно влияющие на бетон подпорных сооружений. Если подпорная стена выполнена в составе комплекса гидротехнических сооружений, то она в большинстве случаев контактирует с водой [1 – 3].

Подпорные стены являются сооружениями, для нормальной эксплуатации которых необходимо обеспечить их долговечность. Поэтому проектирование подпорных стен следует проводить таким образом, чтобы в процессе работы в них преимущественно не происходило образование трещин. Вопросами проектирования подпорных стен гидротехнических сооружений занимались многие исследователи [1, 2, 4, 5].

В настоящее время угловые подпорные стены проектируют с использованием программных комплексов, например, ПК «ЛИРА-САПР 2021», которые позволяют при расчетах обеспечивать одновременно и прочность сооружений, и их трещиностойкость. Перед выполнением расчетов необходимо назначать предварительные размеры поперечных сечений сооружений, которые должны близко соответствовать реальным конструкциям подпорных стен. Кроме того, необходимо, чтобы размеры сооружений были экономически обоснованы [6].

Для решения этой задачи были рассмотрены конструкции консольных и контрфорсных подпорных стен гидротехнического сооружения высотой 6 – 10 м. Вначале были назначены размеры подпорных стен по рекомендациям, приведенным в [7]. Для расчетов был принят участок стен длиной 20 м. Конструкции подпорных стен моделировались четырехузловыми конечными элементами оболочечного типа с базовым размером 0,5 x 0,5 м (рис. 1).



Рис. 1 – Расчетные модели уголковых подпорных стен:

а – консольная подпорная стена; *б* – контрфорсная подпорная стена

Нагрузками на подпорные стены являлись: собственный вес сооружений, боковое давление грунта по Ш.О. Кулону, так как в расчетах было принято, что со стороны тыловой грани подпорных стен грунт песчаный с грунтовой водой. Кроме того, учитывалось вертикальное давление грунта на тыловую консоль фундаментной плиты, гидростатическое давление воды со стороны лицевой грани стен, взвешивающее давление воды, действующее снизу на фундаментную плиту. Были рассмотрены четыре типа грунтового основания: супесь, суглинок, песок и глина. Модель грунтового основания была принята с двумя коэффициентами постели по П.Л. Пастернаку в соответствии с моделью, реализованной в ПК «ЛИРА-САПР 2021». При расчетах требовалось, чтобы была обеспечена прочность конструкций подпорных стен и не происходило в сооружениях образование трещин.

В расчетах были получены рекомендации по назначению размеров консольных и контрфорсных подпорных стен гидротехнических сооружений, приведенные на графиках, показанных на рис. 2 и рис.3. На графиках обозначены величины: H – высота подпорной стены, измеряемая от подошвы фундаментной плиты до верха стен; h_v – толщина вертикальной плиты подпорных стен.

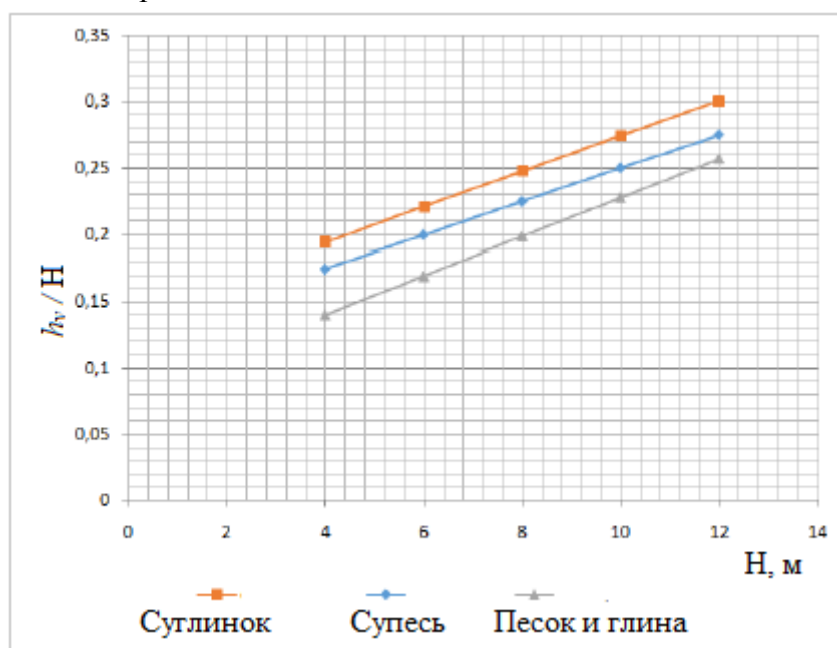


Рис. 2 – Графики для назначения толщины напорной плиты в консольных подпорных стенах

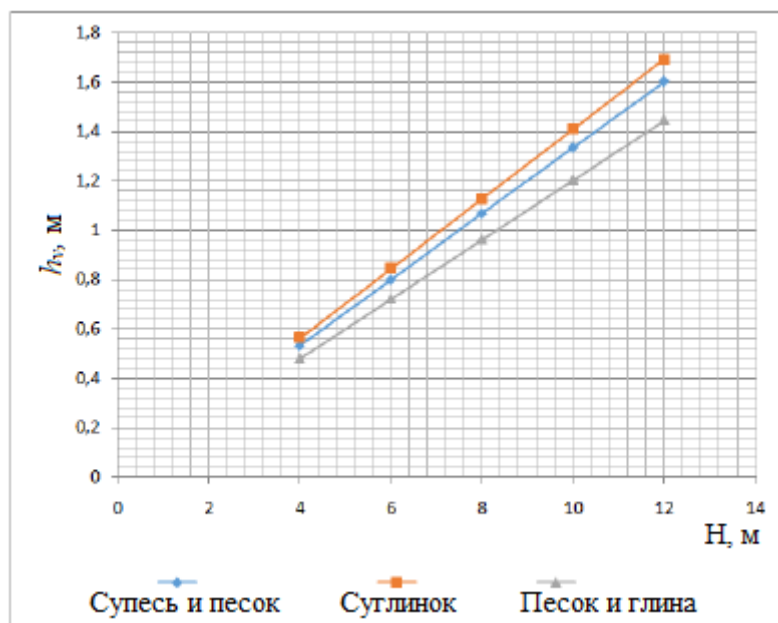


Рис. 3 – Графики для назначения толщины напорной плиты в контрфорсных подпорных стенах

Подпорные стены были проверены на устойчивость при плоском сдвиге и на опрокидывание. И если при предварительных размерах, назначенных по [7], подпорных стен высотой более 5 м устойчивость на сдвиг обеспечивалась не всегда, то при размерах подпорных стен, найденных по графикам на рис. 2 и 3, таких случаев не было зафиксировано в расчетах.

Список литературы

1. Гуревич В.Б. Портовые гидротехнические сооружения / В.Б. Гуревич; под общ. ред. В.Б. Гуревича. – М.: Транспорт. 1992. – 255 с.
2. Даревский В.Э. Проектирование сооружений, обеспечивающих устойчивость грунтовых массивов (набережные, берегоукрепления, подпорные стены, защита от оползней и пр.) / В.Э. Даревский, А.М. Романов. – М.: ООО «Издательство Мастер». 2011. – 596 с.
3. Варламова Т.В. Особенности поверочных расчетов подпорных стен гидротехнических сооружений / Т.В. Варламова, Воронова В.С. – Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2021. № 1(13). С. 150 – 154.
4. Лисичкин С.Е. Результаты исследований усиления подпорных стен композитными материалами / С.Е. Лисичкин, О.Д. Рубин, Ф.А. Пашенко. – Гидротехническое строительство. 2021. № 4. С. 35–42.
5. Варламова Т.В. К вопросу проектирования подпорных стен с консолью в виде оболочки / Т.В. Варламова, Т.К. Ксенофонтова, А.С. Верхоглядова. – Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2023. № 4(58). С. 97–104.
6. Ксенофонтова Т.К. Эффективность использования консольных и контрфорсных подпорных стен направляющих и причальных сооружений шлюзов на основе расхода материалов / Т.К. Ксенофонтова, А.Г. Журавлева, Ч. Сюй. – Природообустройство. 2016. № 5. С. 19–25.
7. Дукарский Ю.М. Инженерные конструкции. Учебник / Ю.М. Дукарский, Ф.В. Расс, В.Б. Семенов. – М.: КолосС. 2008. – 364 с.

1.2.2.

В.Е. Мальков, Е.В. Десяев, Т.Ф. Мамедова

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики,
Саранск, malkovmve@yandex.ru, desyaev@rambler.ru, mamedovatf@yandex.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ
ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ ОРГАНИЗАЦИИ**

В работе представлена математическая модель управления трудовыми ресурсами организации. Эта модель позволяет прогнозировать на каком этапе проект управления трудовыми ресурсами переходит из локального происшествия в проблемную ситуацию, затрагивающую все предприятие. Так же способствует выявлению параметров развития проекта управления трудовыми ресурсами и представлению наиболее эффективного набора мер для разрешения рискованных ситуаций в условиях ограничений по бюджету и персоналу.

Ключевые слова: *математическая модель, трудовые ресурсы, рынок труда, заработная плата, полумарковского процесс, управление.*

Корпоративное управление трудовыми ресурсами организации— это концепция, основанная на агентской теории, детально описанной Дженсеном и Меклингом. Акционеры компании предоставляют менеджменту возможность принятия ключевых решений для увеличения прибыльности компании и, как следствие, увеличения своего благосостояния за счет внедрения проектов по управлению персоналом, а те, в свою очередь, имеют стимулы в достижении собственных целей, будь то карьерный рост, максимизация собственной прибыли или иные личные увлеченности. Это не означает полного отсутствия интереса у агентов в развитии компании, ведь от этого также зависит их собственная выгода, однако, агент может также действовать и в ущерб организации, особенно понимая, что последствия за определенные действия полностью на них не ложатся.

Поэтому менеджмент организации нужно побуждать действовать в интересах компании путем контроля за их деятельностью и создания новых стимулов. Обеспечить синхронизацию интересов заинтересованных сторон и менеджмента можно с помощью внедрения различных механизмов корпоративного управления.

В этой связи, деятельность менеджмента сопряжена именно с анализом рисков управления персоналом. Инструментарий математического моделирования в этих условиях призван методом анализа параметров развития проектов с использованием трудовых ресурсов дальнейшее ее распространение и предпринять все необходимые меры по недопущению перехода рискованной ситуации на уровень проблемных [1].

Многие исследования показали, что эффективное корпоративное управление трудовыми ресурсами положительно влияет не только на операционную деятельность [1], но и на сокращение случаев различного рода мошенничества.

Тем не менее, различные авторы говорили о различных эффектах того или иного механизма корпоративного управления [2].

Для целей математического моделирования управления трудовыми ресурсами в структуре организации должно быть сформировано аналитическое подразделение. В своей деятельности, сотрудники аналитического центра могут использовать специализированное программное обеспечение на основе «Mathematica» и «Mathcad» [3].

При анализе направлений управления трудовыми ресурсами, сотрудники аналитического центра учитывают практический опыт ранее проведенных исследований. В математическую

модель закладываются параметры, выявленные в ходе моделирования предшествующих проектов, а также учитываются данные по развитию уже завершенных проектов.

Экономический смысл эффективного управления трудовыми ресурсами гораздо шире трактовки по правилам менеджмента. Экономическая категория «трудовые ресурсы» распространяется на взаимодействие экономических субъектов на рынке труда.

Рынок труда как экономическая категория представляет собой среду, где продается и покупается товар. Только в данном случае товаром выступает труд. Таким образом, на рынке труда продавцом выступает работник, а покупателем является работодатель, покупающий труд работника по оговоренной стоимости. Согласованная между работником и работодателем стоимость труда и составляет понятие «заработная плата».

По своей сути, трудовые ресурсы являются основополагающим элементом успешной реализации любого проекта, в связи с чем возможность раннего анализа и выявления рисков управления персоналом позволяет предприятию избежать существенных рисков в дальнейшем.

Таким образом, в математическую модель сотрудниками аналитического центра закладывается параметр аналогичного развития проекта в похожих условиях и при влиянии похожих параметров. Например, при моделировании открытия нового филиала либо подразделения моделирование может осуществляется изложенным далее образом.

Пусть есть некоторая система управления трудовыми ресурсами – производственное предприятие. Пусть эта система состоит из N элементов.

Предположим, что время ее эффективной работы ξ имеет распределение

$$F(x) = P\{\xi < x\}, F(0) = 0.$$

Предположим, что система подвергается атакам согласно процессу Пуассона. Как известно, в таком процессе интервалы η между атаками имеют экспоненциальное распределение с параметром λ :

$$P\{\eta < x\} = 1 - e^{-\lambda x}, x \geq 0.$$

Теперь можно получить полумарковское ядро полумарковского процесса развития риска управления персоналом.

Проинтегрировав равенства по мере $G_0(u) = G(u)$, получим:

$$\begin{aligned} Q_{01}(t) &= \int_0^t \bar{F}(u) dG(u), \\ Q_{02}(t) &= \int_0^t e^{-\lambda u} \int_0^u e^{\lambda y} dF(y) dG(u), \\ Q_{03}(t) &= \int_0^t F(u) dG(u) - \int_0^t e^{-\lambda u} \int_0^u e^{\lambda y} dF(y) dG(u) + \\ &\quad + (1 - G(t)) \left(F(t) - e^{-\lambda t} \int_0^t e^{\lambda y} dF(y) \right), \\ Q_{i0}(t) &= Q_{i0}(t, u) = \int_0^t e^{-\lambda y} dF_i(y), \quad i = 1, 2, \\ Q_{i3}(t) &= Q_{i3}(t, u) = 1 - e^{-\lambda t} \bar{F}_i(t) - \int_0^t e^{-\lambda y} dF_i(y), \quad i = 1, 2, \\ Q_{12}(t) &= Q_{21}(t) = 0, \\ Q_{3j}(t) &= 0, \quad j \in E, \\ Q_{jj}(t) &= 0, \quad j \in E. \end{aligned}$$

Таким образом, составленная аналитическим центром математическая модель предсказывает, на каком этапе проект управления трудовыми ресурсами переходит из локального происшествия в проблемную ситуацию, затрагивающую все предприятие.

Данное математическое моделирование позволяет, например, выявить риск перерасхода бюджета финансовых средств из-за превышения количества персонала над плановым значением, что, в свою очередь, позволяет своевременно предпринять все необходимые меры

по внесению необходимых корректировок в проект и не допустить причинения финансовых убытков предприятию или полного закрытия всего проекта. Таким образом, математическое моделирование является достаточно эффективным инструментарием для выявления параметров развития проекта управления трудовыми ресурсами и представления наиболее эффективного набора мер для разрешения рискованных ситуаций в условиях ограничений по бюджету и персоналу.

Также математическое моделирование эффективно при определении менеджментом предприятия влияния реализуемых подразделениями и филиалами проектов в области инновационного развития. Аналитическое подразделение компании при экспертизе проектов инновационного развития способно уже на этапе подготовки проектной документации выявить риски развертывания проектов управления трудовыми ресурсами предложить рекомендации по внесению необходимых изменений в проект с целью недопущения возникновения рисков в дальнейшем.

В целом, инструментарий математического моделирования является своеобразной «виртуальной средой», в которой сотрудники компании могут предугадать развитие негативных явлений.

В условиях роста экономического и технологического давления на компанию, что ведет к повышению риска распространения рискованных ситуаций, инструментарий математического моделирования позволяет предвидеть факторы развития негативных явлений и предпринять все необходимое, чтобы не допустить получения убытков.

Список литературы

1. *Брезицкий К.Ф.* Анализ современных систем оплаты труда в зарубежных странах / К. Ф. Брезицкий // Управление развитием. — 2019. — № 8 (105). — С. 30–31.
2. *Кулешов В.В.* Микроэкономика: Основы теории и практикум: учеб. пособие. / В. Кулешов. — Львов: Магнолия плюс, 2019. — 332 с.
3. *Панкова М.В.* Актуальные вопросы оплаты труда / М. В. Панкова, Г. Е. Соловьева // Восток. — 2020. — № 1. - С. 29–32.

1.2.2.

¹Г.А. Овсенко, ¹Р.С. Кашаев, ²А.Ш. Хафизова¹Казанский государственный энергетический университет,²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
Казань, galinka.ovseenko@mail.ru**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАТРОННОГО КОМПЛЕКСА
НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДОСТОВЕРНОСТИ**

В работе описана математическая модель мехатронного комплекса на основе метода контроля достоверности при измерении физико-химических характеристик скважинной жидкости с использованием нейронной сети в математическом пакете Statistica 10. Получены условия контроля достоверности измерения свойств нефти и сточных поверхностных вод в мехатронном комплексе при эксплуатации нейронной сети.

Ключевые слова: контроль достоверности, мехатронный комплекс, свойств нефти, нейронная сеть.

Мехатронный комплекс на основе метода контроля достоверности при измерении физико-химических характеристик скважинной жидкости с использованием нейронной сети имеет высокую актуальность и применимость в сфере нефтегазовой промышленности [1]. В нефтегазовой промышленности, измерение физико-химических характеристик скважинной жидкости является важным этапом для определения состава и свойств нефти или газа, а также для контроля процессов добычи и обработки. Точность и достоверность таких измерений играют решающую роль в принятии оперативных решений и оптимизации производственных процессов. Нейронная сеть [2], в свою очередь, может быть обучена на основе большого объема данных о физико-химических характеристиках жидкости, чтобы предсказывать и контролировать эти параметры.

В компьютерную сеть посылается команда запомнить текущие экспериментальные вектора измерений протонно-магнитным резонансом параметров $N_{ij} = [T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, A_{Ai}, A_{Bi}, A_{Ci}]$, где $T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, A_{2Ai}, A_{2Bi}, A_{2Ci}$ – времена спин-спиновой релаксации, населенности протонов и амплитуды сигналов спин-эхо, i – индекс переменной, $j = A, B, C$ – молекулярные фазы, к которым относятся экспериментальные $T_{2A,B,Ci}, P_{2A,B,Ci}, A_{A,B,Ci}$.

Данные вектора измерений N_i обрабатываются по формулам разделения огибающей сигналов спин-эхо на компоненты:

$$A_i = \sum A_{0j} \exp(-t/T_{2j}), \text{ где } j = A, B, C$$

$$\ln(A_i/A_0) = -t/T_{2i} + \ln A_i.$$

N_{itN} вектор прорабатывается нейронной сетью для формирования соответствия режиму работы релаксометра протонно-магнитным резонансом, и заключение о режиме работы релаксометра определяется в виде одного из значений вектора контроля $N_{out} = [\text{«Норма»}, \text{«Неправильно»}]$ [3].

Показатели контроля подаются на монитор оператора, а также сохраняются в базе данных о функционировании комплекса многопараметрического контроля приборно-программного комплекса для принятия решений. Относительная величина отклонения параметров представляется в виде:

$$\alpha_N = (N_{ij} - N_{ijt}) \cdot 100\%$$

Следовательно, значение α_N должно быть близко к нулю, что говорит о правильном действии релаксометра ПМР в составе ППК и правильности методик измерения характеристик СКЖ, нефти и воды окружающей среды.

Математическую модель решено искать в виде универсальной степенной зависимости:

Данная зависимость показывает, что величина среднеквадратичного отклонения изменяется в зависимости от данных и контекста, в котором она применяется пропорционально N в степени f .

$$\sigma = a(N^f)$$

В нормированном представлении имеет вид:

$$\sigma_{\text{норм}} = AN_{\text{норм}}^f$$

где A и f – безразмерные эмпирические константы. И

$$\ln \sigma_{\text{норм}} = \ln AN_{\text{норм}}^f = \ln A + f \ln N_{\text{норм}}$$

В методе наименьших квадратов, использованы системы уравнений:

$$\begin{aligned} S &= \sum (\ln N_i + \ln A - \ln \sigma_i)^2 \rightarrow \min \\ \frac{\partial S}{\partial f} &= 2 \sum (\ln N_i + \ln A - \ln \sigma_i) \ln N_i = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial A} &= 2 \sum (\ln N_i + \ln A - \ln \sigma_i) / A = 0 \\ -\sum \ln \sigma_i \ln N_i + f \sum \ln N_i^2 + \ln A \sum \ln N_i &= 0 \\ -\sum \ln \sigma_i + f \sum \ln N_i + 30 \ln A &= 0 \\ f \sum \ln N_i^2 + \ln A \sum \ln N_i &= \sum \ln N_i \ln \sigma_i \\ f \sum \ln N_i + 30 \ln A &= \sum \ln \sigma_i \end{aligned}$$

где $i = 1-30$ число интервалов. Решив систему алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \{f 101,73 + \ln A \cdot (-47,51) &= 8,78 \\ \{f(-47,51) + 30 \ln A &= -7,47 \end{aligned}$$

Методом Крамера, получено $f = -0,12$, $A = 0,65$, т.е.

$$\sigma_{\text{норм}} = 0,65 N_{\text{норм}}^{-0,12}$$

Согласно полученной функциональной зависимости $\sigma = f(N)$, по правилу 3σ , в качестве критерия достоверности учета характеристик СКЖ, нефти и воды можно предложить следующее условие:

$$|y_{\text{норм}}| \leq 3\sigma_{\text{норм}}$$

Для нормирования параметра y необходимо использовать отношение

$$y_{\text{норм}} = y_t / y_{\text{max}}$$

где y_t – текущее значение y , y_{max} – максимальное значение y для всей статистики измерений.

Комбинация из 9 компонентов индексной формы представлена в виде обозначений: $P_i = |P_{2AЭ} - P_{2AT}|, |P_{2AЭ} - P_{2AT}|, |P_{2AЭ} - P_{2AT}|, A_i = |A_{2AЭ} - A_{2AT}|, |A_{2AЭ} - A_{2AT}|, |A_{2AЭ} - A_{2AT}|, T_i = [|T_{2AЭ} - T_{2AT}|, |T_{2BЭ} - T_{2BT}|, |T_{2CЭ} - T_{2CT}|]$, на входе в нейронную сеть необходимо про нормировать в диапазоне $[-1; +1]$.

Каждый из считанных многопараметрических векторов состояний релаксометра охарактеризован одним из двух возможных вариантов режимов работы: «Норма», «Неправильно». Для реализации задачи верификации многопараметрического измерения был применен математический пакет Statistica 10, который формирует нейронные сети разной конфигурации.

Назначение нейронной сети состоит в диагностировании на выходе из нее необходимого класса состояния режима работы комплекса в виде одного из двух возможных вариантов, определяемых вектором выходных данных $P_{\text{out}} = [P_{\text{out1}}, P_{\text{out2}}]^T$, где: 1. P_{out1} = режим работы «Норма»; 2. P_{out2} = режим работы «Неправильно» [3-4].

Для проведения анализа данных состояний режимов работы узлов учета комплекса с использованием математического пакета Statistica 10, рассмотрим статистику режимов, полученную в лабораторных условиях в размере $n=1675$. Используя компоновку статистики $t=879$ режимов «Норма», отобранную нами ранее при разработке критерия достоверности учета для приборно-программного комплекса, полученную с эксплуатации и статистики n комплекса. Как показывает анализ, что наиболее подходящая архитектура построения нейронной сети для решения задачи контроля функционирования комплекса является многослойный персептрон и три наилучшие структуры приведены на рисунке 1, более выигрышными результатами обучения. На основании предоставленной информации о трех

различных структурах многослойных перцептронов и их показателях режима работы, можно сделать вывод о наиболее правильной или успешной структуре. Из представленных данных, структура МЛП 9-24-2 имеет самый высокий показатель режима работы, равный 99,53%. Вторая по высоте оценка принадлежит МЛП 9-13-2 с показателем режима работы 99,41%, а третья структура МЛП 9-19-2 имеет показатель режима работы 99,29%.

Выборки: Обучающая, Тестовая		Показатели режима работы-не определено	Показатели режима работы-норма	Показатели режима работы-Все
1. MLP 9-16-2	Все	426,0000	424,0000	850,0000
	Правильно	382,0000	420,0000	802,0000
	Неправильно	44,0000	4,0000	48,0000
	Правильно (%)	89,6714	99,0566	94,3529
	Неправильно (%)	10,3286	0,9434	5,6471
2. MLP 9-13-2	Все	426,0000	424,0000	850,0000
	Правильно	401,0000	424,0000	825,0000
	Неправильно	25,0000	0,0000	25,0000
	Правильно (%)	94,1315	100,0000	97,0588
	Неправильно (%)	5,8685	0,0000	2,9412
3. MLP 9-24-2	Все	426,0000	424,0000	850,0000
	Правильно	424,0000	422,0000	846,0000
	Неправильно	2,0000	2,0000	4,0000
	Правильно (%)	99,5305	99,5283	99,5294
	Неправильно (%)	0,4695	0,4717	0,4706
4. MLP 9-13-2	Все	426,0000	424,0000	850,0000
	Правильно	423,0000	422,0000	845,0000
	Неправильно	3,0000	2,0000	5,0000
	Правильно (%)	99,2958	99,5283	99,4118
	Неправильно (%)	0,7042	0,4717	0,5882
5. MLP 9-19-2	Все	426,0000	424,0000	850,0000
	Правильно	421,0000	423,0000	844,0000
	Неправильно	5,0000	1,0000	6,0000
	Правильно (%)	98,8263	99,7642	99,2941
	Неправильно (%)	1,1737	0,2358	0,7059

Рис. 1 – Показатели режима работы обучения нейронной сети (Итоговая классификация)

На основе этих данных можно сделать предположение, что структура МЛП 9-24-2 обладает наиболее правильным режимом работы из представленных [5-6], но наиболее подходящей моделью для определения состояния режимов работы комплекса является многослойный перцептрон, имеющий трехслойную структуру с количеством нейронов в слоях: 9 во входном, 13 – в скрытом, 2 – в выходном слое так как она менее сложна и более производительна, не смотря на то что есть более лучший вариант.

Такой мехатронный комплекс актуален, так как он позволяет улучшить качество измерений и повысить эффективность процессов в нефтегазовой промышленности. Это также может снизить риски и затраты, связанные с неточными измерениями и ошибками, а также обеспечить оперативную подготовку решений на основе достоверных данных о скважинной жидкости.

Список литературы

1. *Кашаев Р.С., Темников А.Н., Тран Ван Тунг, Нгуен Чи Киен, Козелков О.В.* Релаксометр протонного магнитного резонанса // Приборы и техника эксперимента. 2019. №2. С. 145-148.
2. *Аксенов С.В., Новосельцев В.Б.* Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии). Томск: НТЛ, 2006. С. 128.
3. *Солдатов А.А.* Информационно-измерительная система контроля функционирования комплекса многопараметрического учета распределенного энергопотребления на основе искусственной нейронной сети: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.11.16 / Солдатов Антон Александрович. – Казань: Казан. нац. исслед. техн. ун-т им. А.Н. Туполева, 2018. С. 22.
4. *Алемасов Е.П.* Перспективы применения технологий машинного обучения / Е.П. Алемасов, Р.С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2(20). С. 32-34.
5. *Ovseenko G.A., Kozelkov O.V., Kashaev R.S.* Installation for the crude oil purification from admixtures by electromagnetic fields, driving by analyzer on the base of proton magnetic resonance relaxometry // Proceedings of the International Conference «Process Management and Scientific Developments». Birmingham. United Kingdom. 2021. pp. 215.
6. *Силкина О.Ю.* Тенденции в развитии искусственного интеллекта / О.Ю. Силкина, Р.С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 3(21). С. 63-65.

1.2.2.

¹В.Д. Павлидис канд. физ.-мат. наук, ¹М.В. Чкалова канд. техн. наук,
²А.М. Осипова канд. техн. наук

Оренбургский государственный аграрный университет,
Институт управления рисками и комплексной безопасности,
¹кафедра «Информатика и прикладная математика»,
²кафедра «Цифровые системы обработки информации и управления»

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В работе предложено инженерно-техническое решение проблемы повышения эффективности системы управления технологической линией по производству электротехнического оборудования. Суть модернизации заключается в улучшении и обновлении системы обратной связи, которая определяет точное положение и позицию робота манипулятора в пространстве. Построена математическая модель системы управления и оценены её качественные характеристики. Проведен анализ времени отклика датчиков положения, рассчитаны частотные характеристики и оценена устойчивость системы.

Ключевые слова: *сигнальная система, технологическая линия, система управления, качественные характеристики модели.*

Введение

Значимым аспектом устойчивого развития промышленного предприятия является обновление и модернизация сигнальной системы в автоматизированных технологических линиях. Инновационные технологические процессы требуют позиционного контроля значительного числа параметров технических устройств и агрегатов. Интегрировать функции контроля и обеспечения безопасности в систему управления технологической линией позволяет внедрение схем технологической сигнализации. Однако при эксплуатации сигнальной системы технологической линии возникают проблемы, связанные с быстродействием, уровнем надежности и точностью передачи сигналов между устройствами.

Предметом исследования является система управления (СУ) технологической линией по производству электротехнического оборудования.

Целью – повышение эффективности технологической линии посредством модернизации ее системы управления.

Для достижения цели нами были решены следующие задачи: проведен анализ существующей СУ и дано обоснование необходимости ее модернизации; получено инженерно-техническое решение, построена модель СУ, проведена ее проверка на соответствие принципам управления и определены основные качественные показатели.

Методика исследования

Исследования проводились на базе ООО «Тюльганский электромеханический завод» (ТЭМЗ, г. Тюльган, Оренбургская область), который специализируется на производстве и ремонте электрических машин, электроприводов, трансформаторов и другого оборудования для электроэнергетики и промышленности.

На заводе используются современные системы автоматизации контроля и управления производственным процессом, автоматические линии сборки и тестирования, роботизированные системы для обработки деталей и компонентов. Основой производственного парка являются промышленные роботы FANUC, которые работают в

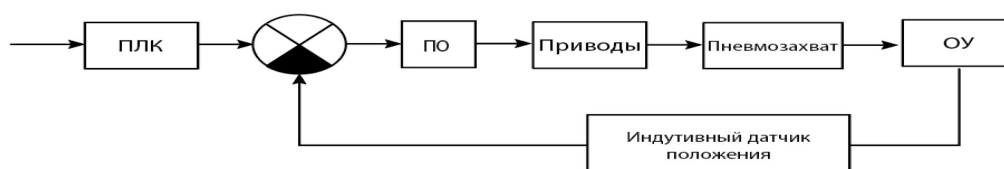
составе высокотехнологичных производственных ячеек. Для модернизации была выбрана сигнальная система автоматизированной технологической линии, состоящая из робота манипулятора Fanuc M-20ia/20m и листогибочного прессы LVD Преб 80. Процесс работы робота состоит из следующих этапов: загрузка заготовок; позиционирование заготовки перед листогибочным прессом; сгибание; выгрузка готовых деталей с прессы и перенос их на соответствующее место. [1]

Суть модернизации робота манипулятора Fanuc M-20ia/20M состоит в замене датчика положения робота и заключается в улучшении и обновлении системы обратной связи, которая определяет точное положение робота в пространстве. На роботе Fanuc M-20ia/20m индуктивные датчики положения используются для определения положения звеньев и для контроля перемещения груза. Датчики установлены на шарнирах робота и на захвате. Они синхронизируются с контроллером робота и передают ему информацию о текущем положении робота и груза. Контроллер робота анализирует эту информацию и корректирует движение робота в соответствии с заданной программой.

Инженерно-техническое решение по модернизации робота-манипулятора состоит в замене индуктивного датчика SICK 6042018 на оптический датчик Keyence PZ2-61. Модернизация включает в себя подключение и интеграцию оптического датчика Keyence PZ2-61 с системой управления роботом Fanuc M-20ia/20m, что предполагает физическую установку датчика, подключение к соответствующим входам/выходам системы управления и настройку параметров работы датчика. Замена индуктивного датчика на оптический позволяет достичь более высокой точности обнаружения объектов, расширить диапазон обнаружения и повысить надежность работы робота. [2]

Усилим предложенное инженерно-техническое решение установкой лазерного сканера безопасности Leuze RSL400-L/CU416-10 для контроля потенциально опасной зоны, подачи сигнала, отключения оборудования при попадании в нее посторонних объектов. Функциональные схемы системы управления роботом до и после модернизации представлены на рисунке 1 (а,б). Автоматизированная система управления листогибочного прессы и робота-манипулятора Fanuc M20ia/20m, которую мы рассматриваем, обеспечивает сложное взаимодействие между различными структурными элементами, и функциональная схема помогает понять, как именно происходит это взаимодействие.

а)



б)

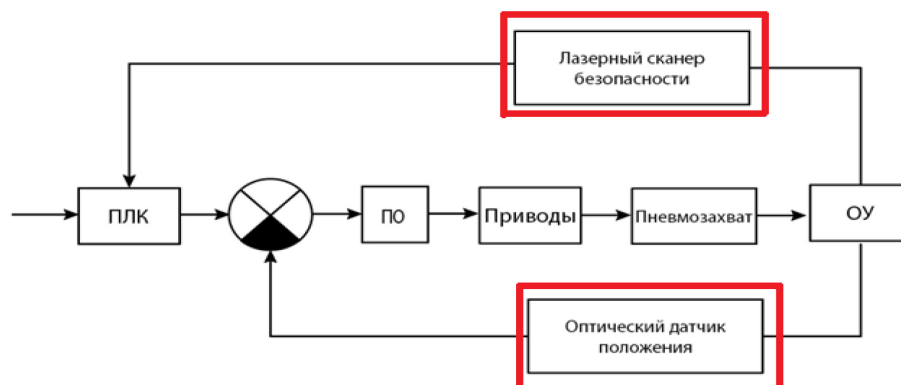


Рис. 1 – Функциональная схема работы FanucRobot M-20ia/20m:
а) до модернизации и б) после модернизации

Центральным элементом системы управления является программируемый логический контроллер (ПЛК) со встроенным программным обеспечением (ПО), который обрабатывает входные данные и генерирует команды для управления механическими элементами системы (приводами робота-манипулятора и листогибочного пресса): робот-манипулятор получает команду от ПЛК, его приводы начинают вращаться, перемещая пневмозахват в заданное положение. [3]

На пневмозахвате установлен оптический датчик положения, который генерирует сигнал, отображающий текущее положение захвата. Этот сигнал передается обратно в ПЛК, где сравнивается с заданным положением. Если текущее положение захвата отличается от заданного, ПЛК генерирует новую команду для привода, корректируя движение робота-манипулятора.

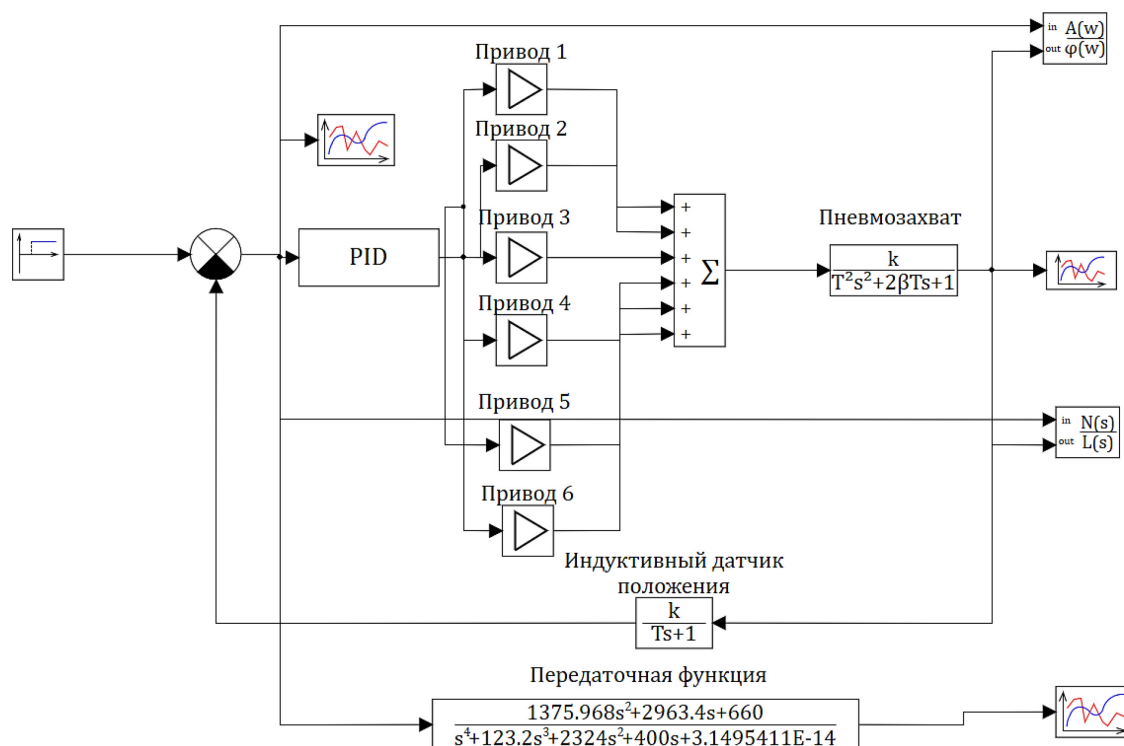
В это же время система безопасности на основе лазерного сканера безопасности Leuze RSL400-L/CU416-10 постоянно сканирует зону работы робота-манипулятора. Если сканер обнаруживает любое препятствие в рабочей зоне, он генерирует сигнал тревоги, который передается в ПЛК. В ответ на этот сигнал ПЛК может остановить или изменить движение робота.

Результаты и обсуждения

На основании функциональных схем в программной среде SimInTech были построены структурные схемы СУ роботом-манипулятором, определены виды динамических звеньев, их передаточные функции и получена обобщенная передаточная функция системы управления до и после модернизации (рис.2). Анализ корней характеристических многочленов передаточных функций (до модернизации: -23,026; -0,174; -100; -4,028 и после: -23,02; -0,173; -100; -1,774) позволяет на основании критерия Ляпунова сделать вывод о сохранении устойчивости системы после внедрения новых функциональных элементов.

Для определения эффективности системы управления и ее способности быстро достигать требуемого состояния воспользуемся оценкой времени регулирования системы. Анализ графиков переходного процесса, ошибки рассогласования и сигнала ошибки после модернизации системы управления роботом-манипулятором подтверждает положительное влияние внесенных изменений. [5]

а)



б)

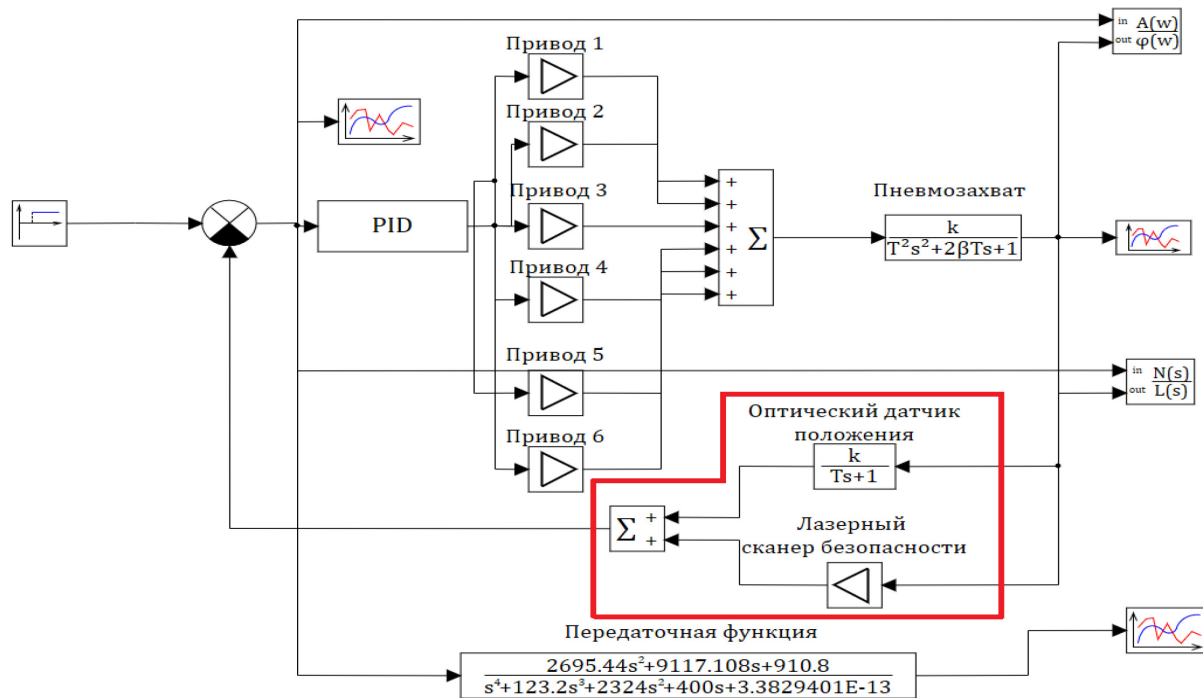


Рис. 2 – Структурная схема СУ роботом-манипулятором
а) до модернизации, б) после модернизации.

Во-первых, время отклика системы сократилось с 6,5 мс до 2 мс. Это означает, что робот быстрее реагирует на изменения задания и более оперативно выполняет требуемые действия (рис. 3 а,б). Сокращение времени отклика является ключевым фактором для повышения производительности системы и увеличения эффективности работы робота-манипулятора.

Во-вторых, частотные характеристики системы улучшились после модернизации. Благодаря замене датчика положения и оптимизации системы управления, робот стал способен обрабатывать более высокочастотные сигналы с большей точностью и скоростью.

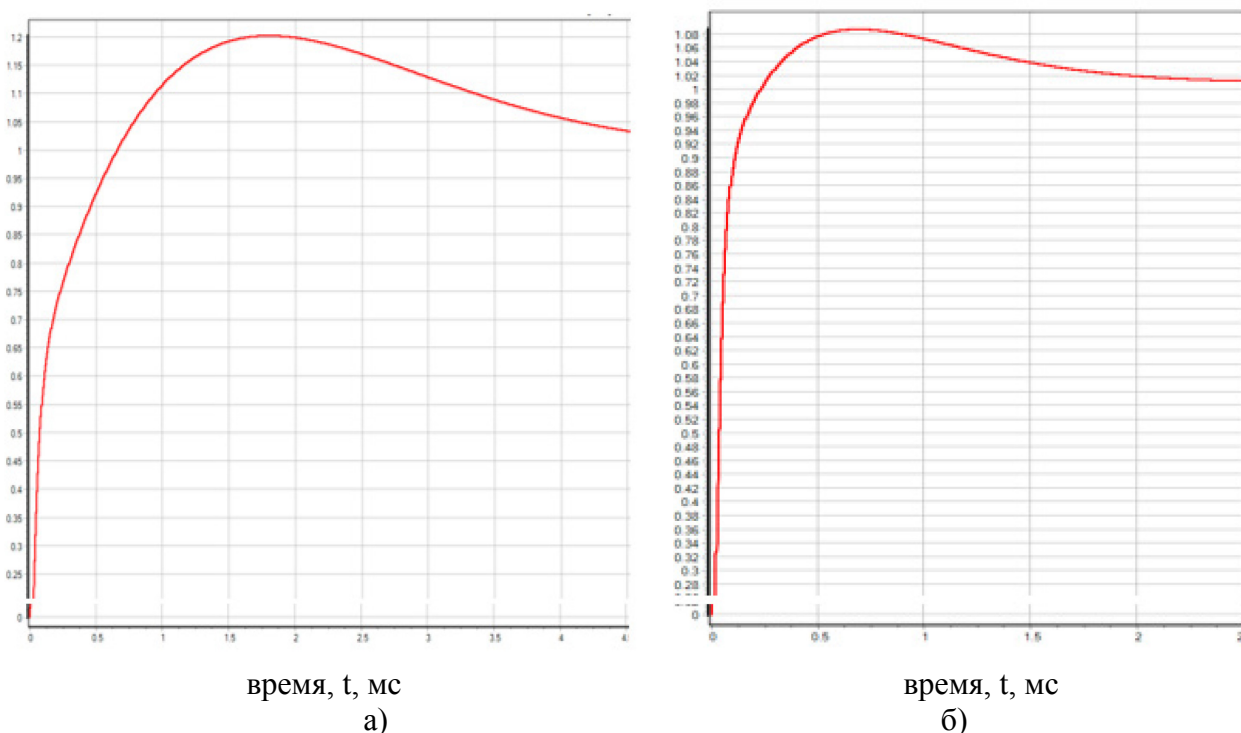


Рис. 3 – График переходного процесса в системе управления роботом-манипулятором
а) до модернизации; б) после модернизации

Все эти факторы в совокупности указывают на улучшение производительности и эффективности работы системы управления роботом-манипулятором после модернизации. [6]

Заключение и выводы

Основные результаты исследования состоят в следующем:

- проведено техническое описание автоматизированной технологической линии, включающей робота манипулятора Fanuc M20ia/20m и листогибочный пресс LVD Преb 80, предложена замена индуктивного датчика положения робота и установка лазерного сканера безопасности;
- разработаны и обоснованы требования к структуре и функционированию технической системы, а также построены принципиальные и функциональные схемы до и после модернизации, анализ которых показал, что принципы управления сигнальной системой не изменились;
- построена математическая модель системы управления, проведен анализ времени отклика датчиков положения, рассчитаны частотные характеристики и оценена устойчивость системы. Результаты показали изменение времени регулирования с 6,5 до 2 мс и повышение запаса устойчивости системы.

Список литературы

1. *Шахворостов С.А.* Роботы в системах автоматизации / С.А. Шахворостов. - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2016. - 110 с.
2. *Зубов Д.В.* Современные проблемы управления технологическими манипуляторами в промышленности / Д.В. Зубов, М.Т.Х. Джераки / Материалы XXIX Международной научной конференции. - 2016. - Том 3. - с. 233-236.
3. *Хомченко В.Г.* Робототехнические системы / В.Г. Хомченко. - Омск, 2016. - 195 с.
4. *Викторова, В.С.* Модели и методы расчета надежности технических систем / В.С. Викторова, А.С. Степанянц. - М.: Ленанд, 2016. - 256 с.
5. Программа расчета инженерной эффективности модернизации автоматизированной системы управления технологическим процессом: № 2023660254: заявл. 22.05.2023: опубл. 29.05.2023 / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова, К. В. Скопинцев, А. А. Степанов.
6. Программа расчета качественных показателей линейных динамических систем: № 2022663564: заявл. 12.07.2022: опубл. 26.07.2022 / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова, Д. Р. Хафизов, А. А. Степанов.

1.2.2.

¹А.А. Пазяк канд. техн. наук, ²М.А. Пазяк, ¹Н.А. Шулинина, ¹П.Д. Князева

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
кафедра «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности»,
²ООО «Бентек»,
Тюмень, razjaka@tyuiu.ru

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА ШАРОВОГО КРАНА В КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

В статье описан конечно-элементный прочностной анализ, позволивший подтвердить достаточную прочностную надежность исследуемого шарового крана. Эквивалентные напряжения при гидравлических испытаниях составили 564 МПа, суммарные перемещения - 0,0373 мм. Изучена возможность изготовления шарового крана данной конструкции из коррозионностойкой стали для возможности его эксплуатации в агрессивных средах.

Ключевые слова: шаровой кран, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.

Введение

Введение в эксплуатацию бурового и нефтепромыслового оборудования требует обоснования прочности и надежности. Использование методов и подходов численного моделирования позволяет оценить эффективность конструктивных решений и обеспечить требуемую надежность конструкции [1, 2]. Основным методом является численное моделирование с применением современных инженерных систем анализа в области механики деформируемого твердого тела.

В настоящее время в нефтегазовой отрасли повсеместно используются различные запорные и запорно-регулирующие устройства.

Краны шаровые типа КШ, изготавливаемые в модификациях типа КШ предназначены для оперативного перекрытия и герметизации трубного канала НКТ при проведении ремонтных и аварийных работ [3].

Корпус шарового крана должен подвергаться опрессовке двойным рабочим давлением в ходе гидравлических испытаний [4]. Для шарового крана КШ-73х21 опрессовочное давление составляет 42 МПа.

Целью исследования является определить возможность использовать сталь 20Х13 для изготовления корпуса шарового крана КШ-73х21.

Методы исследования. Анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) исследуемого оборудования в работе выполнен с применением метода конечных элементов (МКЭ).

Результаты исследования. Накопленный опыт показывает, что наиболее эффективным программным продуктом для компьютерного инженерного анализа является пакет ANSYS Mechanical APDL, поскольку он предоставляет удобный инструмент для моделирования: встроенный язык программирования для разработки пакетных файлов.

Этапы проведения конечно-элементного анализа корпуса шарового крана:

1. Построение геометрии корпуса в графическом пакете Solidworks, и импорт полученной модели в формат ACIS (*.sat) [5].

2. Построение конечно-элементной сетки. Для разбивки конечно-элементной модели был выбран тетраэдральный элемент SOLID187 размером 5 мм, так как точнее описывает криволинейные поверхности и обеспечивает достаточное качество КЭ сетки [6].

Корпус шарового крана КШ-73х21 изготовлен из стали 40Х ГОСТ 4543-2016, исходя из чего были заданы следующие параметры материала [6]: модуль упругости $E=214000$ МПа; коэффициент Пуассона $\mu=0.3$; предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}=550$ МПа; предел текучести условный $\sigma_{0.2}=785$ МПа; предел прочности при растяжении $\sigma_b=980$ МПа; относительное удлинение после разрыва $\delta=8\%$ (для сечения изделия от 80 до 150 мм).

Для моделирования корпуса шарового крана была применена мультилинейная модель деформирования. Теоретическая кривая напряжение-деформация позволяет более достоверно описать поведение материала при нагружении. Координаты основных точек аппроксимированной диаграммы импортируются в ANSYS Mechanical APDL.

3. Задание граничных условий. Поскольку исследуемая модель является симметричной относительно одной плоскости, условия симметрии указаны на плоскости разреза. Опора шарового крана жестко заделана. Давление в размере 42 МПа действует по всей внутренней поверхности корпуса крана.

4. Для решения поставленной задачи используем стандартный прямой решатель в ANSYS Mechanical APDL – SPARSE SOLVER.

5. Анализ результатов. Для оценки качества конечно-элементной модели использовалось следующая формула:

$$\Delta = \frac{ESOL - NSOL}{ESOL} \times 100\% \quad (1),$$

где ESOL (решение методом элементов) – 575.283 МПа

NSOL (решение методом узлов) – 564.651 МПа

$$\Delta = \frac{575.283 - 564.651}{575.283} \times 100\% = 1.85\%$$

Качество полученной сетки можно считать удовлетворительным, так как значение Δ меньше 10% [5].

На рисунке 1а представлена картина распределения суммарных перемещений шарового крана КШ-73х21, для большей наглядности деформация была преувеличена в 100 раз. Максимальные перемещения корпусных стенок составили 0.0373 мм.

На рисунке 1б показаны распределения эквивалентных по Мизесу напряжений. Максимальное значение составляет 564 МПа, что не превышает предел текучести материала 785 МПа, чем соответственно обеспечивается прочность детали.

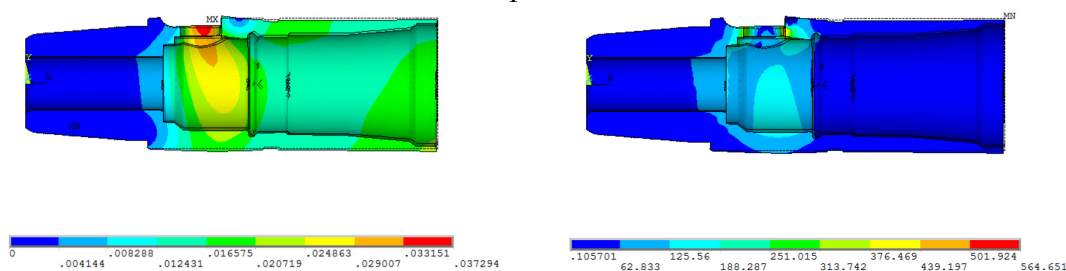


Рис. 1 – Напряженно-деформированное состояние корпуса шарового крана, изготовленного из стали 40Х ГОСТ 4543-2016 (а - распределение суммарных перемещений; б - распределение эквивалентных по Мизесу напряжений)

Поскольку рабочей средой шарового крана КШ-73х21 являются нефть, газ, вода и буровой раствор (с содержанием твердых частиц 1.0 %), была подобрана коррозионностойкая жаропрочная сталь 20Х13 ГОСТ 5949-2018, которая способна эксплуатироваться в среде с объемным содержанием CO_2 до 6%. Для изучения возможности применения данной стали в конструкции корпуса шарового крана, был проведен конечно-элементный анализ модели корпуса согласно мультилинейной модели деформирования со следующими физико-механическими свойствами [6]:

модуль упругости $E=218000$ МПа; коэффициент Пуассона $\mu=0.3$; предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}=445$ МПа; предел текучести условный $\sigma_{0.2}=635$ МПа; предел прочности при растяжении $\sigma_b=830$ МПа; относительное удлинение после разрыва $\delta=10\%$.

В результате приложения внутреннего давления на стенки корпуса в размере 42 МПа, были получены значения ESOL – 506.651 МПа, NSOL – 483.261 МПа.

$$\Delta = \frac{506.651 - 483.261}{506.651} \times 100\% = 4.62\%$$

Поскольку значение Δ не превысило 10%, качество сетки считается удовлетворительным [5].

На рисунке 2а представлена картина распределения суммарных перемещений шарового крана КШ-73х21, для большей наглядности деформация была преувеличена в 100 раз. Максимальные перемещения корпусных стенок составили 0.0367 мм.

На рисунке 2б показаны распределения эквивалентных по Мизесу напряжений. Максимальное значение составляет 483 МПа, что не превышает предел текучести материала 635 МПа, чем соответственно обеспечивается прочность детали.

Максимальное значение остаточных напряжений в материале корпуса достигает 34.42 МПа. Поскольку материал не перешел в пластичную зону, прочностную надежность корпуса шарового крана из стали 20х13 ГОСТ 5949-2018 можно считать достаточной.

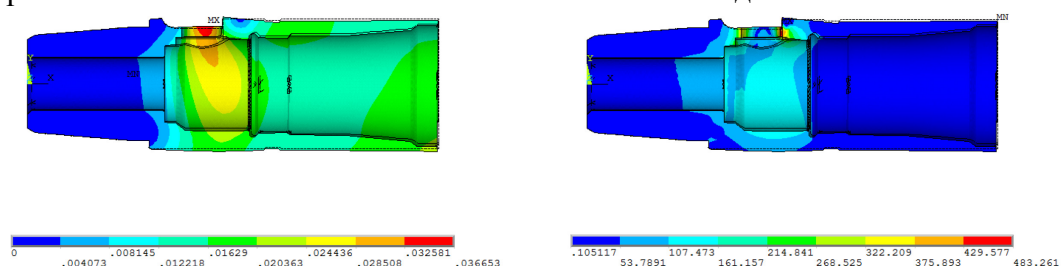


Рис. 2 – Напряженно-деформированное состояние корпуса шарового крана, изготовленного из стали 20Х13 ГОСТ 5949-2018 (а - распределение суммарных перемещений; б - распределение эквивалентных по Мизесу напряжений)

Заключение. В ходе выполнения исследования были выполнены следующие работы:

1. Сбор и анализ исходных данных и технических характеристик.
2. Разработка конечно-элементной модели шарового крана. Выполнен анализ сеточной сходимости.
3. Проведен анализ НДС конструкции шарового крана из стали 40Х ГОСТ 4543-2016 при статической нагрузке 42 МПа. Максимальное значение составляет 564 МПа, что не превышает предел текучести материала 785 МПа, чем соответственно обеспечивается прочность детали.
4. Изучена возможность применения коррозионностойкой стали 20Х13 ГОСТ 5949-2018 для изготовления корпуса шарового крана КШ-73х21.

При воздействии гидростатического давления 42 МПа, максимальное значение эквивалентных по Мизесу напряжений составили 483 МПа, что не превышает предел текучести 635 МПа. Исходя из результатов проведенного моделирования, можно сделать вывод, что данная сталь пригодна для изготовления корпуса шарового крана и способна обеспечить необходимую прочностную надежность и жесткость конструкции.

Список литературы

1. Сызранцева К.В. Компьютерное моделирование и оптимизация конструкции ловителя-сигнализатора для повышения его надежности при геофизических исследованиях скважин / К.В. Сызранцева, Н. В. Зонова, И. В. Билянская // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2023. – № 4(136). – С. 5-11. – DOI 10.33285/1999-6934-2023-4(136)-5-11.
2. Анализ несущей способности магистрального трубопровода при наличии дефектов коррозионного происхождения / К. А. Вансович, И. П. Аистов, А. А. Нахаесткин, Д. С. Беселия // Омский научный вестник. – 2019. – № 3(165). – С. 5-10. – DOI 10.25206/1813-8225-2019-165-5-10
3. Проектирование шарового крана : учебное пособие / В.А. Дудинцев, Ю.И. Князев, В.Н. Сызранцев, А.А. Пазяк. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018.–89 с.
4. ГОСТ 33257-2015. Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний Pipeline valves. Methods of control and testing 01.04.2016 23.060.01 370000
5. *Thompson Mary*. ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis. 1st Edition / Mary Thompson, John Thompson. Butterworth-Heinemann, 2017 – 466 p.
6. Драгунов Ю.Г. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко – М.: 2014. 1216 с.: илл.

1.2.2.

И.Н. Сидоров, Д.А. Булашов, А.В. Горелов, А.И. Энская

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева,
Казань, INSidorov1955@mail.ru

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ МАЛОМ ОТНОСИТЕЛЬНОМ ОБЪЁМЕ ДИСПЕРСНЫХ СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ В МАТРИЦЕ

В статье представлена математическая модель вычисления эффективных механических характеристик дисперсно-армированного полимерного композиционного материала при малом относительном объёме дисперсных субмикронных частиц в матрице. Разработаны алгоритмы аналитического вычисления модуля объемной деформации, модуля сдвига и на их основе модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

Ключевые слова: дисперсно армированный полимерный композиционный материал, эффективные механические характеристики, метод осреднения в периодических средах, задача на ячейке периодичности.

Целью данной работы является разработка математической модели вычисления эффективных механических характеристик (модуля объемной деформации, модуля сдвига, модуля Юнга и коэффициента Пуассона) дисперсно-армированного полимерного композиционного материала (ДАПКМ) с капсулированными частицами наполнителя при малом относительном объёме дисперсных субмикронных частиц в матрице.

Представительный объем гетерогенного ДАПКМ по аналогии с работой [1] будем рассматривать в виде регулярной периодической вдоль координат x_1, x_2, x_3 структурой (рис. 1а), где $\bar{\mathbf{X}}$ – безразмерный вектор координат, отнесенный к характерному размеру представительного объема $L = L_1$. При этом поперечные размеры ячейки l_1, l_2, l_3 (рис. 1а) много меньше общих размеров представительного объема L_1, L_2, L_3 вдоль соответствующих осей координат. В соответствии с методологией работы [2] введем «быстрые» переменные ξ_1, ξ_2, ξ_3 , которые определяют локальное изменение параметров напряженно – деформированного состояния ДАПКМ при внешнем нагружении. Связь «быстрых» и «медленных» переменных будем представлять как

$$\xi_1 = \frac{x_1}{\varepsilon}, \xi_2 = \frac{x_2}{\varepsilon}, \xi_3 = \frac{x_3}{\varepsilon}, \varepsilon = \frac{l_1}{L_1}, k_i = \frac{l_i}{L_i} \quad i = \overline{1,3}.$$

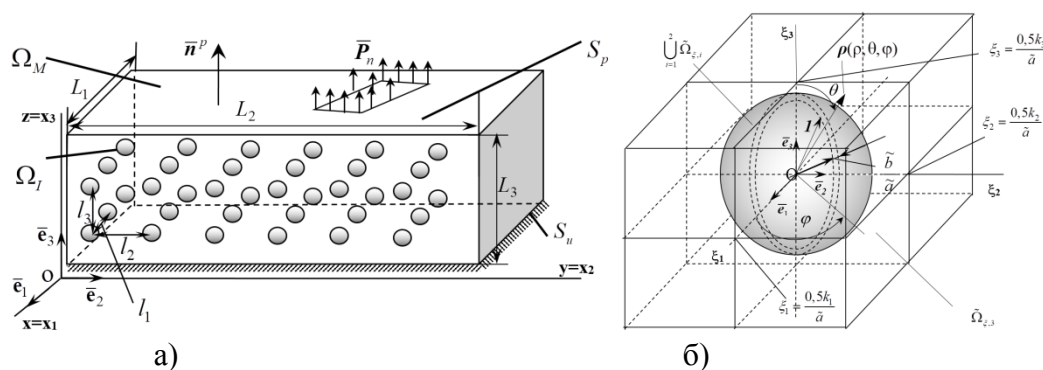


Рис. 1. – Структурная схема ДАПКМ: а – общий вид ДАПКМ; Ω_M – полимерная матрица, Ω_I – включение; $S_{u(p)}$ – поверхности задания кинематических (статических) граничных условий, $\bar{\mathbf{P}}_n$ – вектор напряжений на S_p , $\bar{\mathbf{n}}^p$ – вектор единичной нормали к поверхности S_p ; б – ячейка периодичности $\tilde{\Omega}_\varepsilon$ (размеры отнесены к радиусу включения \tilde{a}).

Частица наполнителя ДАПКМ (рис. 1а), состоит из следующих элементов: 1 – изотропная полимерная матрица; 2 – включение в виде изотропного ядра с заданными механическими характеристиками, покрытое внешней изотропной оболочкой постоянной толщины (рис.1б). В работе [1] задачи на ячейки периодичности (ЗЯП) для определения эффективных механических характеристик ДАПКМ рассмотрены в общей постановке. В реальных ДАПКМ относительный объём дисперсных субмикронных частиц обычно удовлетворяет условию $\frac{4}{3}\pi(\tilde{a} + \tilde{b})^3 / k_1 k_2 k_3 \ll 1$ (рис.1б) ($\tilde{a} = a / l_1$, a – радиус ядра включения, $\tilde{b} = b / l_1$, b – толщина оболочки). Далее будем рассматривать именно такой случай при расчете эффективных механических характеристик ДАПКМ. В этой связи далее размеры ячейки периодичности (ЯП) отнесем к радиусу ядра включения \tilde{a} . При этом получим ЯП с размерами, представленными на рис.1б и задаваемую как:

$$\tilde{\Omega}_{\xi,1} = \left[\left(\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 \right) \leq 1 \right], \quad \tilde{\Omega}_{\xi,2} = \left[1 \leq \left(\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 \right) \leq \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}} \right)^2 \right],$$

$$\tilde{\Omega}_{\xi,incl} = \left[\left(\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 \right) \leq \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}} \right)^2 \right], \quad \tilde{\Omega}_{\xi,4} = \left[|\xi_1| \leq \frac{k_1}{2\tilde{a}} \right] \times \left[|\xi_2| \leq \frac{1}{2} \frac{k_2}{\tilde{a}} \right] \times \left[|\xi_3| \leq \frac{1}{2} \frac{k_3}{\tilde{a}} \right] \quad (1)$$

$$\tilde{\Omega}_{\xi,3} = \tilde{\Omega}_{\xi,4} / \tilde{\Omega}_{\xi,incl}, \quad \tilde{\Omega}_{\xi} = \bigcup_{i=1}^3 \tilde{\Omega}_{\xi,i}.$$

Для определения эффективных модулей упругости ДАПКМ имеем ЗЯП [3] (параметры Ламе включения, оболочки и матрицы величины постоянные, по повторяющимся индексам проводится суммирование):

$$\frac{\partial \left(\tilde{\Sigma}_{rm}^{qk}(\bar{\xi}) \bar{\mathbf{e}}_k \right)}{\partial \xi_q} = \left(\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) + \tilde{\mu}(\bar{\xi}) \right) \text{grad}_{\xi} \left(\text{div}_{\xi} \left(\mathbf{N}_{rm}(\bar{\xi}) \right) \right) + \tilde{\mu}(\bar{\xi}) \Delta_{\xi} \mathbf{N}_{rm}(\bar{\xi}) = 0, \quad \bar{\xi} \in \tilde{\Omega}_{\xi},$$

$$\tilde{\Sigma}_{rm}^{qk}(\bar{\xi}) = \tilde{\lambda}(\bar{\xi}) \delta_{qk} \text{div}_{\xi} \left(\mathbf{N}_{rm}(\bar{\xi}) \right) + \tilde{\mu}(\bar{\xi}) \left(\frac{\partial N_{rm}^q(\bar{\xi})}{\partial \xi_k} + \frac{\partial N_{rm}^k(\bar{\xi})}{\partial \xi_q} \right).$$

$$\left[\left(C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial N_{rm}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} \right) \bar{\mathbf{e}}_k n_q^I \right]_{\tilde{S}_{I,1(2)}} = - \left[\left(C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial U_{rm(\infty)}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} \right) \bar{\mathbf{e}}_k n_q^I \right]_{\tilde{S}_{I,1(2)}}, \quad (2)$$

$$U_{rm(\infty)}^i(\bar{\xi}) = \frac{1}{2} (\delta_{ir} \xi_m + \delta_{im} \xi_r), \quad \tilde{S}_{I,1(2)} = \left[\left(\xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 \right) = 1 \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}} \right)^2 \right],$$

$$\left[\mathbf{N}_{rm}(\bar{\xi}) \right]_{\tilde{S}_{I,1(2)}} = \left[N_{rm}^i(\bar{\xi}) \bar{\mathbf{e}}_i \right]_{\tilde{S}_{I,1(2)}} = 0, \quad \bar{\xi} \in \tilde{S}_{I,1(2)},$$

$$\left[\left[N_{rm}^i \right] \right]_j = N_{rm}^i \left(\bar{\xi} \left| \xi_j = \frac{1}{2} \frac{k_j}{\tilde{a}} \right. \right) - N_{rm}^i \left(\bar{\xi} \left| \xi_j = -\frac{1}{2} \frac{k_j}{\tilde{a}} \right. \right) = 0, \quad j = \overline{1,3}. \quad (4)$$

$$\left\langle N_{rm}^i(\bar{\xi}) \right\rangle_{\xi} = \frac{1}{V_{\xi}(\tilde{\Omega}_{\xi})} \int_{\tilde{\Omega}_{\xi}} N_{rm}^i(\bar{\xi}) d\tilde{\Omega}_{\xi} = 0, \quad (5)$$

где Δ_{ξ} - оператор Лапласа по быстрым переменным [3]; $\lambda_{1(2)}, \mu_{1(2)}$ – параметры Ламе ядра и оболочки включения; μ_M – модуль сдвига матрицы; δ_{ij} – символ Кронекера; $C^{qkij}(\bar{\xi})$ – безразмерный тензор модулей упругости, отнесенный к параметру ламе матрицы λ_M , задаваемый как:

$$C^{qkij}(\bar{\xi}) = \tilde{\lambda}(\bar{\xi})\delta_{qk}\delta_{ij} + \tilde{\mu}(\bar{\xi})(\delta_{qi}\delta_{kj} + \delta_{qj}\delta_{ki}),$$

$$\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) = \begin{cases} 1, & \bar{\xi} \in \Omega_{\xi,3}, \\ \lambda_{1(2)}/\lambda_M, & \bar{\xi} \in \Omega_{\xi,1(2)}, \end{cases} \quad \tilde{\mu}(\bar{\xi}) = \begin{cases} \mu_M/\lambda_M, & \bar{\xi} \in \Omega_{\xi,3}, \\ \mu_{1(2)}/\lambda_M, & \bar{\xi} \in \Omega_{\xi,1(2)}, \end{cases} \quad (6)$$

$$\lambda_{1(2)} = \frac{\nu_{1(2)}E_{1(2)}}{(1+\nu_{1(2)})(1-2\nu_{1(2)})}, \quad \mu_{1(2)} = \frac{E_{1(2)}}{2(1+\nu_{1(2)})},$$

$E_{1(2)}, \nu_{1(2)}$ – модуль Юнга и коэффициент Пуассона материалов ядра и оболочки включения; операция $[\cdot]_{S_{I,1(2)}}$ означает разность односторонних пределов функции (вектор-функции) на границе раздела $S_{I,1(2)}$ (рис. 1б); n_q^I – компоненты единичной внешней нормали на поверхности $S_{I,1(2)}$; $V_{\xi}(\tilde{\Omega}_{\xi})$ – объем ЯП; $\langle f(\bar{\xi}) \rangle_{\xi}$ – операция осреднения функции $f(\bar{\xi})$ по ЯП, определяемой соотношениями (1); $N_{rm}^i(\bar{\xi})$ – периодическая компонента вектора $\mathbf{N}_{rm}(\bar{\xi})$, которая входит в представление вектора перемещений как $u_i(\bar{\mathbf{x}}, \bar{\xi}) = u_i^{(0)}(\bar{\mathbf{x}}) + \varepsilon N_{rm}^i(\bar{\xi}) \frac{\partial u_m^{(0)}(\bar{\mathbf{x}})}{\partial x_r} + O'(\varepsilon^2)$ [1], [2] ($u_i^{(0)}(\bar{\mathbf{x}})$ – компонента вектора перемещений осредненной задачи); $U_{rm(\infty)}^i(\bar{\xi})$ – однородное «псевдоперемещение» на «бесконечности» ($|\bar{\xi}| \rightarrow \infty$).

Уравнение (2) и соотношения (3)–(5) получены после нормирования $\xi_p = \tilde{a}\xi'_p$, $U_{rm}^i(\bar{\xi}) = \tilde{a}N_{rm}^i(\bar{\xi}) + \tilde{a}U_{rm(\infty)}^i(\bar{\xi}) = \tilde{a}U_{rm}^i(\bar{\xi})$ (далее штрихи опущены). После решения системы (2)–(5) и определения вектор-функций $\mathbf{N}_{rm}(\bar{\xi})$ с её помощью вычисляются эффективные модули упругости ДАПКМ $\hat{C}^{qkmr} = \left\langle C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial U_{mr(\infty)}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} + C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial N_{mr}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} \right\rangle_{\xi}$.

Для осредненных компонент тензоров деформаций и напряжений имеется соотношение [3] (без учета влияния температуры):

$$\sigma_{(0)}^{qk}(\bar{\mathbf{x}}) = \left\langle C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial U_{mr(\infty)}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} + C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial N_{mr}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} \right\rangle_{\xi} \varepsilon_{(0)}^{mr}(\bar{\mathbf{x}}) \quad (7)$$

где $\varepsilon_{(0)}^{qk}(\bar{\mathbf{x}})$, $\sigma_{(0)}^{qk}(\bar{\mathbf{x}})$ – соответственно компоненты тензора осредненных деформаций и напряжений. В соответствии с (7) получим связь между шаровыми частями тензоров осредненных деформаций и напряжений вида:

$$\bar{\sigma}_{(0)} \delta_{qk} = \left\langle C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial U_{mr(\infty)}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} + C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial N_{mr}^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} \right\rangle_{\xi} \frac{1}{3} \theta_{(0)} \delta_{rm}, \quad (8)$$

из которой следует:

$$3\bar{\sigma}_{(0)} = \left\langle \delta_{qk} C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial (U_{(\infty)}^i(\bar{\xi}))}{\partial \xi_j} + \delta_{qk} C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial (N^i(\bar{\xi}))}{\partial \xi_j} \right\rangle_{\xi} \theta_{(0)} = 3\hat{K} \theta_{(0)}. \quad (9)$$

В выражениях (8), (9) введены следующие обозначения:

$$U_{(\infty)}^i(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \delta_{rm} U_{rm(\infty)}^i(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \xi_i, \quad N^i(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \delta_{rm} N_{mr}^i(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 N_{jj}^i(\bar{\xi}),$$

\hat{K} – эффективный модуль объемной деформации гомогенного ДАПКМ. Для определения этого модуля рассмотрим задачу одновременного растяжения вдоль координат ξ_1, ξ_2, ξ_3 с «псевдоперемещениями» на «бесконечности» (всестороннее растяжение) $U_{11(\infty)}(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \bar{e}_1 \xi_1$, $U_{22(\infty)}(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \bar{e}_2 \xi_2$, $U_{33(\infty)}(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \bar{e}_3 \xi_3$. При этом необходимо решить задачу (2) – (5) для суммарного вектора «псевдоперемещений» $\mathbf{N}(\bar{\xi}) = N^i \bar{e}_i$. Для этого воспользуемся методом, предложенным в [3], [4]. Определим структуру вектора $\mathbf{N}(\bar{\xi})$ как $\mathbf{N}(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} U^p(\rho) \mathbf{a}_1(\theta, \varphi)$ ($\bar{\mathbf{p}}(\bar{\xi}) = \bar{e}_i \xi_i$, $\rho(\bar{\xi}) = \sqrt{(\xi_i \xi_i)}$), где векторы ортонормированного базиса $\mathbf{a}_i(\theta, \varphi)$ ($i = \overline{1, 3}$), выражаются через углы сферической системы координат (рис.1б) и единичные векторы \bar{e}_i ($i = \overline{1, 3}$) в соответствии [5]. Компоненты этого вектора в системе координат $\xi_1 \xi_2 \xi_3$ имеют вид ($(\bar{\mathbf{a}} \cdot \bar{\mathbf{b}})$ – скалярное произведение векторов $\bar{\mathbf{a}}, \bar{\mathbf{b}}$):

$$N^i(\bar{\xi}) = (\mathbf{N}(\bar{\xi}) \cdot \bar{e}_i) = \frac{1}{3} \frac{U^p(\rho)}{\rho} \xi_i, \quad i = \overline{1, 3}. \quad (10)$$

Здесь следует отметить, что компоненты $N^i(\bar{\xi})$ в (10) удовлетворяют условию нормировки (5) $\langle N^i(\bar{\xi}) \rangle_{\xi} = 0$. Вектор $\mathbf{N}(\bar{\xi})$ удовлетворяет уравнению (2) [3], которое на основании операции дифференцирования $\frac{\partial}{\partial \xi_k} (f(\rho)) = \frac{d}{d\rho} (f(\rho)) \cdot \frac{\xi_k}{\rho} = (f(\rho))' \cdot \frac{\xi_k}{\rho}$ переходит к виду:

$$\begin{aligned} & (\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) + \tilde{\mu}(\bar{\xi})) \text{grad}_{\xi} (\text{div}_{\xi} (\mathbf{N}(\bar{\xi}))) + \tilde{\mu}(\bar{\xi}) \Delta_{\xi} \mathbf{N}(\bar{\xi}) = \\ & = \frac{1}{3} (\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) + 2\tilde{\mu}(\bar{\xi})) \left((U^p(\rho))'' + 2 \frac{(U^p(\rho))'}{\rho} - 2 \frac{U^p(\rho)}{\rho^2} \right) \frac{\bar{\mathbf{p}}}{\rho} = 0, \quad \bar{\xi} \in \tilde{\Omega}_{\xi}. \end{aligned} \quad (11)$$

Решение уравнения (11), обеспечивающее ограниченность его модуля в областях $\tilde{\Omega}_{\xi, i}$, ($i = 1, 2, 3$), представим как [3]:

$$\mathbf{N}_j(\bar{\xi}) = \frac{1}{3} \left(A_j \rho + \frac{B_j}{\rho^2} \right) \frac{\bar{\mathbf{e}}_k \xi_k}{\rho}, \quad \bar{\xi} \in \tilde{\Omega}_{\xi,j}, \quad j=1,2,3, \quad B_1=0, \quad A_3=0. \quad (12)$$

Для определения в (12) констант A, B удовлетворим условия сопряжения (3), (4) для вектора $\mathbf{N}(\bar{\xi})$, которые переходят к виду:

$$\begin{aligned} (A_1 + 1)(3\tilde{\lambda}_1 + 2\tilde{\mu}_1) &= (A_2 + 1)(3\tilde{\lambda}_2 + 2\tilde{\mu}_2) - 4\tilde{\mu}_2 B_2, \\ A_1 &= A_2 + B_2, \\ (A_2 + 1)(3\tilde{\lambda}_2 + 2\tilde{\mu}_2) - 4\tilde{\mu}_2 B_2 &\bigg/ \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}}\right)^3 = 3 + 2\tilde{\mu}_M - 4\tilde{\mu}_M B_3 \bigg/ \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}}\right)^3, \\ A_2 + B_2 &\bigg/ \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}}\right)^2 = B_3 \bigg/ \left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}}\right)^2. \end{aligned} \quad (13)$$

Следует отметить, что представление (12) обеспечивает условие периодичности (4) асимптотически $\left[[N^i] \right]_j \Big|_{|\bar{\xi}| \rightarrow \infty} = 0, \quad (j=\overline{1,3}).$

После решения системы (13) приведенный эффективный модуль объемной деформации вычисляется как:

$$\begin{aligned} \frac{\hat{K}}{K_M} &= \frac{K_{mix\,mod}}{K_M} + \psi_1 A_1 \frac{K_1}{K_M} + \psi_2 A_2 \frac{K_2}{K_M}, \quad K_{i(M)} = \frac{1}{3} (3\tilde{\lambda}_{i(M)} + 2\tilde{\mu}_{i(M)}), \quad i=1,2, \\ \hat{K} &= \frac{1}{3} \left(\delta_{qk} \left\langle \tilde{\Sigma}_{(\infty)}^{qk}(\bar{\xi}) \right\rangle_{\bar{\xi}} + \delta_{qk} \left\langle C^{qkij}(\bar{\xi}) \frac{\partial N^i(\bar{\xi})}{\partial \xi_j} \right\rangle_{\bar{\xi}} \right) = \frac{1}{3} \left\langle (A+1)(3\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) + 2\tilde{\mu}(\bar{\xi})) \right\rangle_{\bar{\xi}}, \\ K_{mix\,mod} &= \psi_1 K_1 + \psi_2 K_2 + \psi_M K_M, \quad \psi_1 = \frac{4}{3} \pi \tilde{a}^3 / (k_1 k_2 k_3), \\ \psi_2 &= \frac{4}{3} \pi \tilde{a}^3 \left(\left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}}\right)^3 - 1 \right) / (k_1 k_2 k_3), \quad \psi_M = 1 - \psi_1 - \psi_2, \end{aligned} \quad (14)$$

где $\psi_{i(M)} (i=1,2)$ – объемные доли ядра, оболочки включения и матрицы. Расчеты приведенного эффективного модуля объемной деформации $K_{eff}/K_M = \hat{K}/K_M$ и приведенного модуля объемной деформации смесевой модели $K_{mix\,mod}/K_M$ [4] (K_M – модуль объемной деформации полимерной матрицы) на основании (14) проводились для структуры ДАПКМ – полимерная матрица, дисперсные частицы, полимерная оболочка. Исходные данные для этих материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по материалам

E_M , МПа	ν_M	E_1 , МПа	ν_1	E_2 , МПа	ν_2	K_1 , МПа	K_2 , МПа	K_M , МПа	μ_1 , МПа	μ_2 , МПа
1529	0.179	370	0.35	290	0.35	411	322	794	137	107

Данные таблицы 1 соответствуют типовым характеристикам частиц оксида алюминия (смесь δ и θ , диапазон размеров 40÷190 нм, распределение по размерам – нормальное, производитель «Plasmotherm», Product number: PL1344281), и полистирола с низким молекулярным весом [6, 7], формируемом на поверхностях субмикронных частиц оксида алюминия по технологии, приведенной в работе [8].

На рис.2а представлена зависимость приведенного эффективного модуля объемной деформации $K_{eff}/K_M = \hat{K}/K_M$ и приведенного модуля объемной деформации смесевой модели $K_{mix\ mod}/K_M$ от приведенного радиуса включения $\tilde{a} = a/l_1$ при различных относительных толщинах внешней изотропной оболочки \tilde{b}/\tilde{a} . Все расчеты выполнены при размерах ЯП $k_1 = k_2 = k_3 = 1$ (рис. 1б), соответствующих изотропному гомогенному ДАПКМ.

Рассмотрим вид деформации ЯП – сдвиг в плоскости $(\xi_1 \xi_2)$ (рис. 1б) с вектором $U_{12(\infty)}(\bar{\xi}) = U_{12(\infty)}^i(\bar{\xi})\bar{e}_i = \frac{1}{2}(\bar{e}_1 \xi_2 + \bar{e}_2 \xi_1)$. Этому виду деформации соответствует эффективная компонента тензора модулей упругости $\hat{C}^{1212} = \hat{\mu}$ [3]. При этом необходимо решить задачу (2) – (5) для вектора «псевдоперемещений» $N_{12}(\bar{\xi})$, структуру которого в соответствии с [3], [5] определим как:

$$N_{12}(\bar{\xi}) = \left(U_{12}^p(\rho) \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \theta \right) \cdot \bar{e}_1 + \left(U_{12}^p(\rho) \sin \varphi \cos \varphi \sin \theta \cos \theta \right) \cdot \bar{e}_2 + \left(\frac{1}{2} U_{12}^p(\rho) \cos 2\varphi \sin \theta \right) \cdot \bar{e}_3.$$

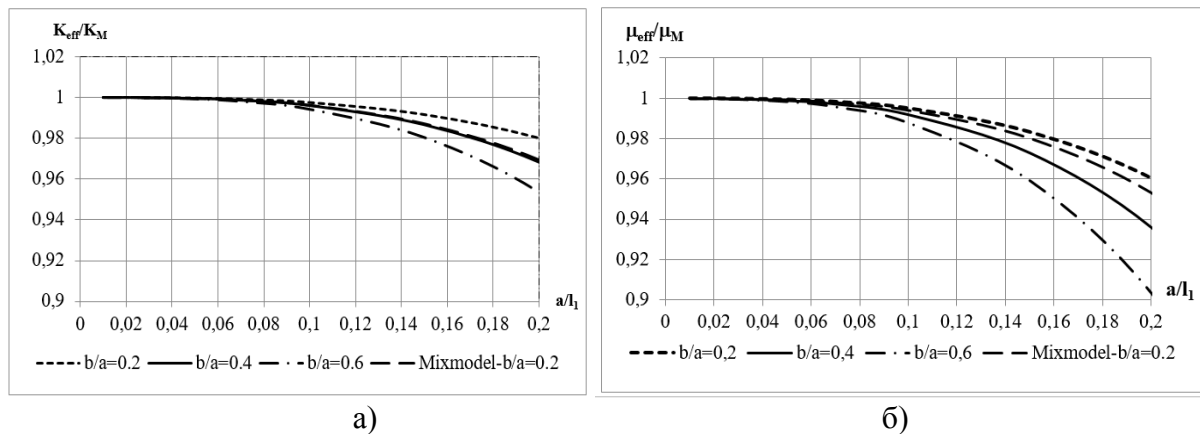


Рис. 2 – Графики зависимостей механических параметров от приведенного радиуса включений: а – зависимость приведенного модуля объемной деформации; б – зависимость приведенного модуля сдвига. Максимальная объемная доля частиц наполнителя $\psi_{1\max} = 0.03$.

и компоненты этого вектора в системе координат $\xi_1 \xi_2 \xi_3$ при выполнении условия $U_{12}^p(\rho) = U_{12}^p(\rho)$ имеют вид:

$$N_{12}^j(\bar{\xi}) = (N_{12} \cdot \bar{e}_j) = (U_{12}^p(\rho) - U_{12}^p(\rho)) \frac{\xi_1 \xi_2 \xi_j}{\rho^3} + \frac{1}{2} U_{12}^p(\rho) \frac{(\delta_{1j} \xi_2 + \delta_{2j} \xi_1)}{\rho}, j = \overline{1,3}. \quad (15)$$

Здесь следует отметить, что компоненты $N_{12}^i(\bar{\xi})$ в (15) удовлетворяют условию нормировки (5) $\langle N_{12}^i(\bar{\xi}) \rangle_{\bar{\xi}} = 0$.

В работе [3] уравнение (2) приводится к двум обыкновенным дифференциальным уравнениям для определения функций $U_{12}^p(\rho)$, $U_{12}^p(\rho)$:

$$(\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) + \tilde{\mu}(\bar{\xi}))(L_1(\rho))' \frac{1}{\rho} + \tilde{\mu}(\bar{\xi}) L_2(\rho) = 0, \quad (16)$$

$$(\tilde{\lambda}(\bar{\xi}) + \tilde{\mu}(\bar{\xi})) L_1(\rho) + \tilde{\mu}(\bar{\xi}) L_3(\rho) = 0, \quad (17)$$

где

$$\begin{aligned}
L_1(\rho) &= \left((U_{12}^{\rho}(\rho) - U_{12}^0(\rho)) \frac{1}{\rho^3} \right)' \rho + (U_{12}^{\rho}(\rho) - U_{12}^0(\rho)) \frac{5}{\rho^3} + \left(\frac{1}{\rho} U_{12}^0(\rho) \right)' \frac{1}{\rho}, \\
L_2(\rho) &= \left(\frac{(U_{12}^{\rho}(\rho) - U_{12}^0(\rho))}{\rho^3} \right)'' + \left(\frac{(U_{12}^{\rho}(\rho) - U_{12}^0(\rho))}{\rho^3} \right)' \frac{8}{\rho}, \\
L_3(\rho) &= \frac{(U_{12}^{\rho}(\rho) - U_{12}^0(\rho))}{\rho^3} 2 + \frac{1}{2} \left(\frac{U_{12}^0(\rho)}{\rho} \right)'' + \frac{2}{\rho} \left(\frac{U_{12}^0(\rho)}{\rho} \right)'.
\end{aligned}$$

Решение уравнений (16), (17) ищется в виде $U_{12}^{\rho}(\rho) = A\rho^{\alpha}$, $U_{12}^0(\rho) = B\rho^{\alpha}$, где A , B константы, подлежащие определению, и в работе [3] показано, что выражения для компонент вектора $N_{12}(\bar{\xi})$, обеспечивающих ограниченность его модуля в областях $\tilde{\Omega}_{\xi,i}$, ($i = 1, 2, 3$) имеют вид:

$$\begin{aligned}
N_{12}^j(\bar{\xi}) &= N_1(\rho) \xi_1 \xi_2 \xi_j + N_2(\rho) (\delta_{1j} \xi_2 + \delta_{2j} \xi_1), \quad j = \overline{1, 3}, \\
N_1^m(\rho) &= (\delta_{3m} + \delta_{2m}) \sum_{s=1}^2 (A_m^{(s+2)} (1 - k_m^{(s+2)}) \rho^{-2s-3}) + \\
&+ (1 - \delta_{3m}) A_m^{(2)} (1 - k_m^{(2)}), \quad \bar{\xi} \in \tilde{\Omega}_{\xi,m},
\end{aligned} \tag{18}$$

$$N_2^m(\rho) = \frac{1}{2} \left(\sum_{s=1}^2 ((\delta_{1m} + \delta_{2m}) A_m^{(s)} k_m^{(s)} \rho^{(2s-2)} + (1 - \delta_{1m}) A_m^{(s+2)} k_m^{(s+2)} \rho^{-2s-1}) \right), \tag{19}$$

$$\bar{\xi} \in \tilde{\Omega}_{\xi,m}, \quad m = 1, 2, M(3),$$

с коэффициентами

$$k^{(1)} = 1, \quad k^{(2)} = \frac{7 - 4\nu(\bar{\xi})}{6\nu(\bar{\xi})}, \quad k^{(3)} = \frac{2(1 - 2\nu(\bar{\xi}))}{5 - 4\nu(\bar{\xi})}, \quad k^{(4)} = -\frac{2}{3}. \tag{20}$$

Для определения в (18), (19) констант $A^{(i)}$ в областях $\tilde{\Omega}_{\xi,i}$, ($i = 1, 2, 3$) удовлетворим условия сопряжения (3), (4) для вектора $N_{12}(\bar{\xi})$, которые сводятся к условиям [3]:

$$\left([\Sigma_1(\rho)]|_{\tilde{S}_{I,1(2)}} + [\Sigma_2(\rho)]|_{\tilde{S}_{I,1(2)}} \right) = 0, \tag{21}$$

$$[\Sigma_3(\rho)]|_{\tilde{S}_{I,1(2)}} = -[\tilde{\mu}(\bar{\xi})]|_{\tilde{S}_{I,1(2)}}, \quad \bar{\xi} \in \tilde{S}_{I,1(2)}. \tag{22}$$

$$\left[N_1(\rho) \rho^3 \right]|_{\tilde{S}_{I,1(2)}} = 0, \quad \left[N_2(\rho) \rho \right]|_{\tilde{S}_{I,1(2)}} = 0, \quad \left[[N_{12}^i] \right]_j = 0, \quad j = \overline{1, 3}, \tag{23}$$

где

$$\begin{aligned}
\Sigma_1(\rho) &= \tilde{\lambda}(\bar{\xi}) \rho^2 \left((N_1(\rho))' \rho + 5N_1(\rho) + \frac{2}{\rho} (N_2(\rho))' \right), \\
\Sigma_2(\rho) &= \tilde{\mu}(\bar{\xi}) \left(\left(2(N_1(\rho))' \rho + 2N_1(\rho) \right) \rho^2 + 2 \left((N_2(\rho))' \rho + N_1(\rho) \rho^2 \right) \right), \\
\Sigma_3(\rho) &= \tilde{\mu}(\bar{\xi}) \left((N_2(\rho))' \rho + N_1(\rho) \rho^2 + 2N_2(\rho) \right).
\end{aligned} \tag{24}$$

С учетом представлений (18) – (20) на основании (21) – (24) получим систему уравнений для определения констант $A_1^{(1)}$, $A_1^{(2)}$, $A_2^{(i)}$ ($i = \overline{1, 4}$), $A_{M(3)}^{(3)}$, $A_{M(3)}^{(4)}$ соответственно в областях $\tilde{\Omega}_{\xi,1}$, $\tilde{\Omega}_{\xi,2}$, $\tilde{\Omega}_{\xi,3}$:

$$\mathbf{D} \cdot \mathbf{A} = \boldsymbol{\mu},$$

$$\mathbf{D} = [d_{ij}] \quad i, j = \overline{1, 8}, \quad \mathbf{A} = [A_1^{(1)} \quad A_1^{(2)} \quad A_2^{(1)} \quad A_2^{(2)} \quad A_2^{(3)} \quad A_2^{(4)} \quad A_{M(3)}^{(3)} \quad A_{M(3)}^{(4)}],$$

$$\boldsymbol{\mu} = [0 \quad 0 \quad -(\tilde{\mu}_1 - \tilde{\mu}_2) \quad -(\tilde{\mu}_2 - \tilde{\mu}_M) \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T,$$

где элементы матрицы d_{ij} определяются геометрией и механическими параметрами субмикронной сферической частицы, матрицы. Здесь следует отметить, что представление (18) – (20) обеспечивает условие периодичности (23) асимптотически $\left[[N_{12}^i] \right]_j \Big|_{|\xi| \rightarrow \infty} = 0, \quad j = \overline{1, 3}$. После решения системы (25) вычисляется эффективный модуль сдвига по формуле:

$$\hat{\mu} = \hat{C}^{1212} = \left\langle \left\langle \tilde{\Sigma}_{12(\infty)}^{12}(\xi) \right\rangle_{\xi} + \left\langle \tilde{\Sigma}_{12}^{12}(\xi) \right\rangle_{\xi} \right\rangle_{\xi} = \left\langle \tilde{\mu}(\xi) \right\rangle_{\xi} + \left\langle \tilde{\mu}(\xi) \left(\frac{\partial N_{12}^1(\xi)}{\partial \xi_2} + \frac{\partial N_{12}^2(\xi)}{\partial \xi_1} \right) \right\rangle_{\xi} =$$

$$= \left\langle \tilde{\mu}(\xi) \right\rangle_{\xi} + \left\langle \tilde{\mu}(\xi) \left(\left(2(N_1(\rho))' \frac{\xi_1^2 \xi_2^2}{\rho} \right) + \left((N_2(\rho))' \frac{1}{\rho} + N_1(\rho) \right) (\xi_2^2 + \xi_1^2) + 2N_2(\rho) \right) \right\rangle_{\xi}.$$

При вычислении составляющей

$$I_{\mu} = \left\langle \tilde{\mu}(\xi) \left(\left(2(N_1(\rho))' \frac{\xi_1^2 \xi_2^2}{\rho} \right) + \left((N_2(\rho))' \frac{1}{\rho} + N_1(\rho) \right) (\xi_2^2 + \xi_1^2) + 2N_2(\rho) \right) \right\rangle_{\xi} \quad (27)$$

воспользуемся сферической системой координат (рис.2б) и формулами (18) – (20). Тогда согласно (26), (27) для эффективного модуля сдвига гомогенного ДАПКМ имеем (μ_{mixmod} - модуль сдвига смесевой модели) [3]:

$$\hat{\mu} = \mu_{mixmod} + \psi_1 \tilde{\mu}_1 k_{\mu}^1 + \psi_2 \tilde{\mu}_2 k_{\mu}^2 = \tilde{\mu}_M \left(\frac{\mu_{mixmod}}{\tilde{\mu}_M} + \psi_1 \frac{\tilde{\mu}_1 k_{\mu}^1}{\tilde{\mu}_M} + \psi_2 \frac{\tilde{\mu}_2 k_{\mu}^2}{\tilde{\mu}_M} \right), \quad (28)$$

$$\mu_{mixmod} = \psi_1 \tilde{\mu}_1 + \psi_2 \tilde{\mu}_2 + \psi_M \tilde{\mu}_M, \quad k_{\mu}^1 = A_1^{(1)} k_1^{(1)} + A_1^{(2)} k_1^{(2)},$$

$$k_{\mu}^2 = A_2^{(1)} k_2^{(1)} + \frac{4}{15} \left(\frac{8}{3} + 4k_2^{(2)} \right) A_2^{(2)} \left(\left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}} \right)^5 - 1 \right) / \left(\left(1 + \frac{\tilde{b}}{\tilde{a}} \right)^3 - 1 \right).$$

Расчеты приведенного эффективного модуля сдвига $\mu_{eff} / \tilde{\mu}_M = \hat{\mu} / \tilde{\mu}_M$ и приведенного модуля сдвига смесевой модели $\mu_{mixmod} / \tilde{\mu}_M$ с помощью формул (28) проводились для параметров материалов, приведенных в таблице 1. Результаты расчета представлены на рис.2б.

Эффективные модуль Юнга и коэффициент Пуассона гомогенного ДАПКМ и смесевой модели вычисляются по формулам:

$$\hat{E} = \frac{9\hat{K}\hat{\mu}}{3\hat{K} + \hat{\mu}}, \quad \hat{\nu} = \frac{3\hat{K} - 2\hat{\mu}}{2\hat{\mu} + 6\hat{K}}, \quad \nu_{mixmod} = \frac{3K_{mixmod} - 2\mu_{mixmod}}{2\mu_{mixmod} + 6K_{mixmod}}. \quad (29)$$

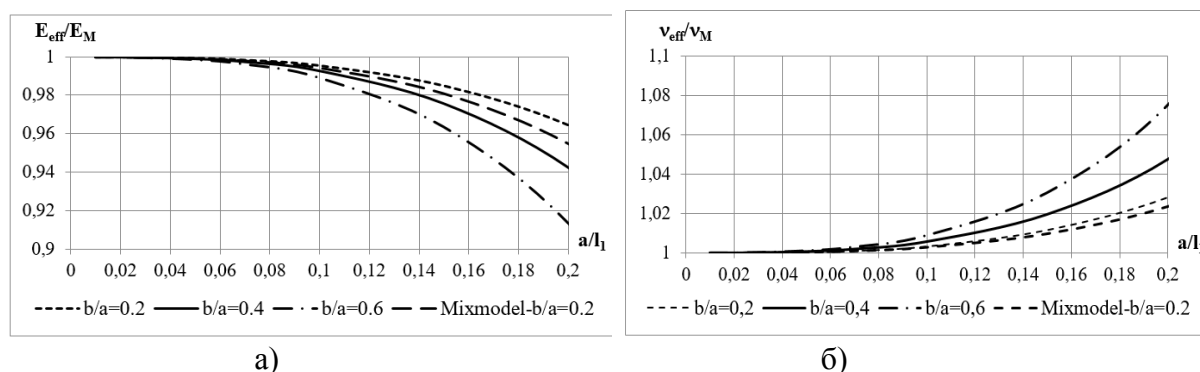


Рис. 3. – Графики зависимостей механических параметров от приведенного радиуса включений: а – зависимость приведенного эффективного модуля Юнга; б – зависимость приведенного эффективного коэффициента Пуассона. Максимальная объемная доля частиц наполнителя $\psi_{lmax} = 0.03$.

На рис.3а и рис.3б представлены зависимости приведенных эффективного модуля Юнга и коэффициентов Пуассона, вычисленные по формулам (29).

Таким образом, предложена математическая модель и алгоритмы аналитического вычисления эффективных модуля объемной деформации, модуля сдвига и на их основе модуля Юнга, коэффициента Пуассона ДАПКМ в виде периодической структуры расположения капсулированных частиц наполнителя в матрице при их малом относительном объеме.

Научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках исполнения обязательств по Соглашению номер 1022041100774-3 / 1022041100496-8 от 03.06.2022.

Список литературы

1. Сидоров И.Н., Энская А.И. Алгоритм гомогенизации упругих свойств дисперсно армированных полимерных композиционных материалов // Научно-технический вестник Поволжья – 2020. – № 9. – С. 60–66.
2. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Осреднение процессов в периодических средах. М.: Наука. 1984. 352 с.
3. Сидоров И.Н., Данилаев М.П., Ку克林 В.А. Энская А.И. Механические свойства дисперсно-армированных полимерных композиционных материалов: коллективная монография. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2022. 160 с.
4. Christensen R.M. Mechanics of composite materials. Courier Corporation. 2012. 273 p.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебник для вузов. МГУ им.М.В. Ломоносова. 6-е изд. СПб.: Лань. 2004. Т. 1. 528 с.
6. Mittal V. (ed.). Surface modification of nanoparticle and natural fiber fillers. John Wiley & Sons. 2015. 225 p. DOI:10.1002/9783527670260.
7. Martin John R., Johnson Julian F., Cooper Anthony R. Mechanical properties of polymers: the influence of molecular weight and molecular weight distribution // Journal of Macromolecular Science, Part C. – 1972. – V. 8. – № 1. – P. 57–199. DOI: doi.org/10.1080/15321797208068169.
8. Rajib Ghosh Chaudhuri, Santanu Paria Core/Shell Nanoparticles: Classes, Properties, Synthesis Mechanisms, Characterization, and Applications // Chem. Rev. – 2012. – Vol. 112. – № 4. – P.2373–2433. DOI: https://doi.org/10.1021/cr100449n.

1.2.2.

¹Ю.Н. Смирнов, ²А.В. Каляшина¹Казанский государственный энергетический университет,²Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧЕ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ SUPER RESOLUTION

В работе представлен обзор современного состояния проблемы повышения разрешения Super Resolution. Для решения задачи выбраны модели нейронных сетей SRGAN и ESRGAN, в исследовании представлен сравнительный анализ этих моделей, изучена архитектура, выбор датасета и настройка параметров обучения. Нейронные сети были реализованы при помощи языка Python, библиотеки PyTorch. Модели обучались на датасете CelebA, результаты модели ESRGAN визуально имели более хорошее качество, что также было доказано объективными метриками

Ключевые слова: *нейронная сеть, качество изображения, алгоритм обучения, архитектура нейронной сети.*

В последние годы получило развитие программное решение проблемы улучшения качества (разрешающей способности) изображений, известное как Super-Resolution (SR). Эта проблема особенно актуальна в области компьютерного зрения. Super-Resolution – это метод восстановления изображения с высоким разрешением (HP) из одного или нескольких изображений с низким разрешением (HP) одной и той же сцены с восстановлением деталей. [1].

Задача Super-Resolution предполагает восстановление изображения HP I_{HR} из входного изображения HP I_{LR} , изображение HP может быть представлено как результат функции деградации [2]:

$$I_{LR} = d(I_{HR}, \delta)$$

где d – функция деградации, которая преобразует изображение HP в изображение HP; I_{HR} – входное изображение HP (эталонное); δ – описывает параметры функции деградации.

Параметрами деградации обычно являются коэффициент масштабирования, размытие сцены изображения и шум. На практике природа процесса деградации и его параметры неизвестны, и даны только изображения HP для получения изображений HP методом SR.

Цель задачи SR заключается в минимизации функции потерь (лосс функции) [3, 4]:

$$\psi = \arg \min L(I_{REC}, I_{HR}) + h\phi(\psi)$$

где $L(I_{REC}, I_{HR})$ – это лосс функция между полученными после SR реконструкциями; $\phi(\psi)$ – регуляризацию с контролируемым параметром h .

Обычно для лучших результатов используется комбинация разных лосс функций, регуляризация помогает предотвратить переобучение модели.

Методы оценки качества изображений играют определяющую роль в анализе результатов работ по SR, в контроле качества обучения глубоких сетей. Эти методы можно разделить на: субъективные – метрики, основанные на восприятии изображения человеком; объективные – численные способы определения качества изображения)

Многие исследования подтверждают преимущество субъективных методов и отсутствия корреляции с объективными методами [3, 5, 6, 7]. По этой причине проводится множество исследований направленных на создание метрик, более близких к человеческому восприятию [8, 9]

В задачах компьютерного зрения получили распространение генеративно-состязательные сети (ГСС). ГСС состоит минимум из двух сетей: генератора, задача которого генерировать изображение и дискриминатора, который принимает сгенерированные изображения и изображения из целевого распределения на входе, и его задача – классифицировать,

относится ли входное изображение к целевому распределению. ГСС должна прийти к такому состоянию, когда сгенерированные изображения почти неотличимы от целевых, а дискриминатор не может правильно отличить целевые изображения от сгенерированных. Таким образом, после обучения в условиях ГСС можно отдельно использовать сеть генератора для генерации необходимых для наших целей изображений. В задаче SR такой подход был реализован в модели SRGAN [6] с использованием состязательного лосса, основанного на кросс-энтропии. В модели ESRGAN [9] используется относительная ГСС, которая предсказывает вероятности того, что изображение более реально относительно поддельных сгенерированных изображений вместо дискретных строгих предсказаний о реальности изображений, и это помогает восстановить текстуры более детально. В целом, обучение ГСС является сложным процессом, требующим кропотливой настройки параметров и контроля за балансом обучения между генератором и дискриминатором.

В качестве метода решения задачи SR были выбраны модели SRGAN (Super-Resolution Generative Adversarial Network) и ESRGAN (Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Network). Приведем результаты реализации обеих моделей, сравнение их архитектур, сравнение получаемых изображений

На рис. 1 и 2 приведены архитектуры генераторов сетей:

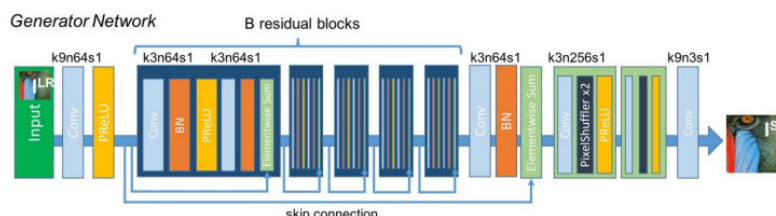


Рис. 1 – Архитектура генератора SRGAN

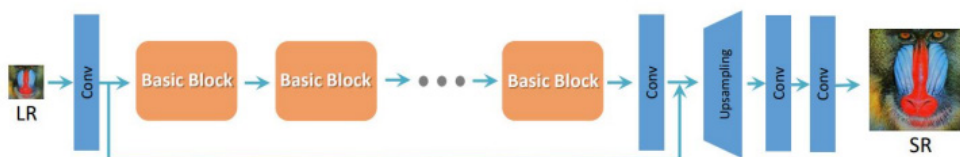


Рис. 2 – Архитектура генератора ESRGAN

Архитектура ESRGAN, как и SRGAN, в целом повторяет общую структуру обычной ГСС, основная разница их архитектур в базовых блоках: SRGAN использует остаточные блоки в порядке: свертка – батч-нормализация – PReLU – свертка – БН – сумма с входным значением. Модель ESRGAN вместо остаточных блоков (ResBlocks) используют более сложные блоки RRDB, основываясь на том наблюдении, что большее количество слоев и связей в них может улучшить производительность сети, что в итоге дает более глубокую и сложную сеть, чем SRGAN.

В модели ESRGAN вместо обычного дискриминатора используется относительный. Однако, сама архитектура дискриминатора такая же, как в модели SRGAN, разница заключается в методе классификации.

Нейронные сети были обучены на видеокарте NVIDIA GeForce GTX 1660 с использованием библиотеки для машинного обучения PyTorch и других вспомогательных библиотек. Согласно архитектуре SRGAN в ходе обучения производилось увеличение масштаба изображения из HP в BP с коэффициентом масштабирования $\times 4$. Изображения HP получены с помощью модуля Dataset для загрузчика данных и transforms для непосредственно уменьшения изображений методом бикубической интерполяции. Датасет содержит 202599 изображений размером 178×218 пикселей, и целевым значением BP было выбрано разрешение 128×128 , следовательно изображения для обучения были уменьшены до размера 32×32 пикселя. Обе модели обучались в одинаковых условиях: батч состоит из 12 изображений HP (32пикселя) и 12 изображений BP (128пикселей), в SRGAN используется 16 остаточных блоков, в ESRGAN вместо изначальных 23 RRDB-блоков использовано 16 блоков, для лосса восприятия используется VGG19 с 18 слоям на обеих сетях.

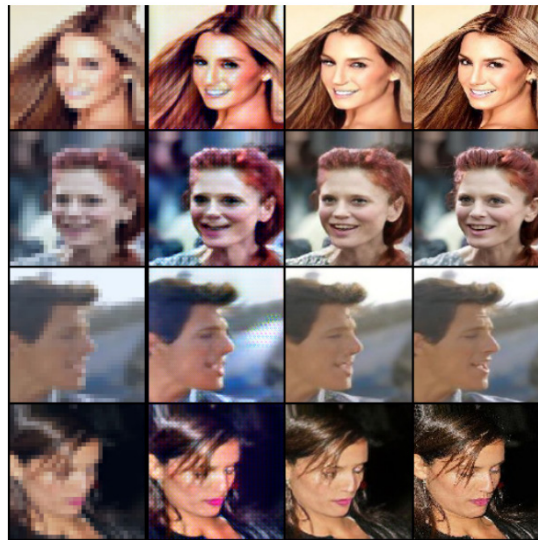


Рис. 3 – Сравнение методов апсэмплинга слева-направо:

1) Бикубическая интерполяция; 2) SRGAN; 3) ESRGAN; 4) Эталонное изображение.

По полученным изображениям можно сделать вывод, что модель ESRGAN обучилась лучше и она более натурально увеличивает разрешение изображений, при том, что SRGAN обучалась на большем числе батчей. На рис. 3 представлено сравнение методов увеличения разрешения (апсэмплинга), которые применялись в данном исследовании.

По полученным изображениям на рис. 3 можно сказать, что бикубическая интерполяция сильно уступает обеим моделям. Метод SRGAN имеет явные артефакты. Изображение, восстановленное с помощью ESRGAN имеет очень хорошее качество по сравнению с настоящим изображением.

Заключение

Рассмотрев результаты работы нейронных сетей SRGAN и ESRGAN, можно сказать, что более сложная модель ESRGAN благодаря своим модификациям показывает значительно более лучшие результаты чем модель SRGAN. Это демонстрируют как объективные метрики, так и визуально ESRGAN выигрывает с большим перевесом. Также надо отметить, что в проведенном эксперименте ESRGAN с 16 блоками и 18 слоями VGG показал лучшие результаты, чем полная версия модели, но в полной версии она имеет огромное количество параметров, что может вызвать проблемы с памятью видеокарты и обучением.

Список литературы

1. *Nguyen K., Fookes C., Sridharan S. Tistarelli, M. и M. Nixon*, «Superresolution for biometrics: A comprehensive survey» *Pattern Recognition*, т. 78, с. 23—42, июнь 2018. [Электронный ресурс] // URL: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2018.01.002>.
2. *Смирнов Ю.Н., Абдуллин А.И., Каляшина А.В.* Нейронные сети для анализа биометрических изображений // *Научно-технический вестник Поволжья. Серия Технические науки*. – 2023. № 6. с. 106–109.
3. Сравнение фреймворков для глубокого обучения [Электронный ресурс] // Хабр, 2019. URL: <https://habr.com/ru/company/otus/blog/443874/> (дата обращения: 16.03.2023).
4. VGG16 – сверточная сеть для выделения признаков изображений [Электронный ресурс] // Neurohive, 2018. URL: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/vgg16-model/>
5. *Бруттан Ю.В., Новиков А.* Исследование нейронных сетей для анализа медицинских изображений [Электронный ресурс]: Вестник Псковского государственного университета. Серия Технические науки. – 2020. № 11. с. 49–54. Доступ из ЭБС «Лань».
6. *Kim J. и S. Lee* Deep Learning of Human Visual Sensitivity in Image Quality Assessment Framework IEEE, июль 2017. [Электронный ресурс] // URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.213>
7. *Wang X., Yu K., Wu S. и др.*, ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks, 2018. [Электронный ресурс] // URL: <https://arxiv.org/abs/1809.00219>.

1.2.2.

А.А. Шакиров, Е.А. Салтанаева

Казанский государственный энергетический университет,
институт цифровых технологий и экономики,
кафедра информационных технологий и интеллектуальных систем,
Казань, shakirov.aa@bk.ru

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИЮ О СТРУКТУРЕ ГРУНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Статья описывает методы преобразования данных с использованием скоростных моделей, учитывающих распространение импульсов. Особое внимание уделяется анализу толщины слоев и определению глубины границ между ними на основе времени прохождения импульсов. Рассматриваются различные методы расчета скорости распространения, включая метод гиперболической скорости и метод отражения от поверхности.

Исследования, представленные в данной статье, имеют важное практическое применение в областях, связанных с инженерными изысканиями и неразрушающим контролем состояния грунтовых покрытий.

Ключевые слова: георадар, системный анализ, управление и обработка информации, модель времени прохождения, скоростные модели, анализ георадарных данных, неразрушающий контроль.

Для преобразования данных георадара в форматы, пригодные для использования инженерами, необходимо преобразовать модель времени прохождения, являющуюся исходным результатом измерения георадара, в модель глубины прохождения, чтобы можно было определить глубину отражателей и, следовательно, толщину слоев, а также локальные структуры, исходя из данных георадара. Преобразование выполняется с использованием скоростной модели, которая учитывает распространение импульсов [1].

При исследовании асфальтовых покрытий часто используется либо среднее значение для каждого существующего слоя в грунтовом покрытии, либо среднее значение для каждого слоя в грунтовом покрытии. используется в несвязанном надземном строительстве или отдельных объектах с выделенными участками маршрута [1]. Оба метода основаны на разрушающем отборе керн на участке исследования, при этом количество и расположение мест отбора керн в принципе могут быть выбраны произвольно. Действует принцип, что с увеличением числа точек отбора проб точность георадарных данных повышается в отношении указания глубины границ слоев и структур, так как соответствующие участки сокращаются или среднее значение основывается на большей выборке [2]. Соответствующий участок маршрута одного пункта сбора обычно проходит на половине расстояния до следующего пункта сбора, при этом возможна последующая ручная корректировка на радиолокационной диаграмме (рис. 1).

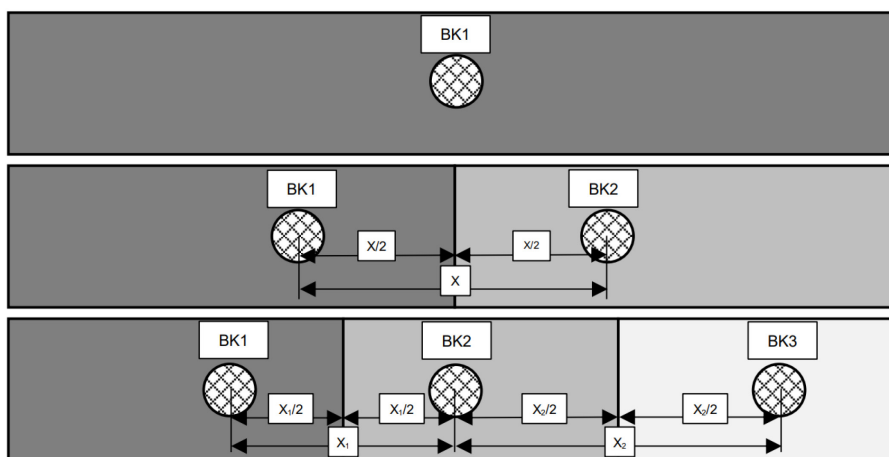


Рис. 1 – Схема участков маршрута в зависимости от количества и расположения мест отбора бурового керна (БК)

Используя известную толщину слоя d (в [см]) или глубину границ слоя на керне и время прохождения импульса t , известное из анализа георадарных данных, можно определить скорость распространения v согласно формуле 1 в соответствующем слое. Это упрощенный подход к расчетам, который предполагает либо моностатическую антенную систему, либо бистатическую антенную систему с малым смещением, так что можно предположить квазиперпендикулярное направление распространения импульсов [3].

$$d = \frac{v \times t}{2} \quad (1)$$

В этом контексте расстояние между двумя отражателями или интерфейсами является производной величиной от рассчитанных глубин. Поэтому при интерпретации толщины слоя необходимо определить толщину промежуточного слоя по разнице между соседними отражениями интерфейсов. Для этого определяются времена прохождения отражений в верхней t_i и нижней t_{i+1} частях слоя, и t преобразуется в Δt в соответствии с выражением 2.

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i \quad (2)$$

Для неразрушающего контроля скорости распространения могут быть использованы различные методы расчета, основанные на известных геометриях антенной решетки или распространения импульса. Таким образом, можно использовать конфигурацию георадарной системы с общей средней точкой (ОСТ), анализ скорости гиперболы или метод поверхностного отражения [3].

В конфигурации ОСТ скорость распространения определяется на основе известных смещений и нескольких измерений, связанных с фиксированной центральной точкой на поверхности. Смещения увеличиваются в определенных размерах сетки, а центральная точка располагается над известным отражателем в дорожном веществе. Известные смещения могут быть использованы для определения скорости распространения по времени прохождения импульса отдельных измерений [4]. И наоборот, начиная с источника постоянного импульса, для определения скорости распространения можно использовать время прохождения импульса до нескольких приемных антенн, расположенных с разными смещениями [4].

Анализ гиперболической скорости основан на анализе дифракций существующих дифракционных гипербол, которые вызваны локальными структурами, повреждениями вещества или сравнимыми курсами отдельных слоев. Наклон или градиент ветвей гиперболы используется для оценки скорости распространения с помощью идеализированных гипербол, при этом несколько точек на функциональном курсе используются для оценки как времени движения, так и пройденного расстояния. Значительные дифракции гипербол являются необходимым условием для достаточно точного анализа, что означает, что этот метод обычно не подходит, особенно для однородных и свободных от повреждений участков исследования [3].

Метод отражения от поверхности требует использования антенной системы с воздушной связью [5] и основан на соотношении амплитуд между калибровочным сканированием над металлической пластиной и фактическим сканированием над асфальтовым покрытием. В методике расчета можно выделить два варианта. С одной стороны, относительная проницаемость отдельных слоев может быть рассчитана по соотношению амплитуд, начиная с дорожного покрытия. Для асфальтобетонного покрытия, как самого верхнего слоя асфальтового покрытия, применяется расчетное соотношение согласно выражению 3, для асфальтобетонного вяжущего, которое обычно находится под ним, применяется соотношение согласно формуле 4, а для всех остальных слоев ($n \geq 3$) применяется соотношение согласно уравнению 5.

$$\varepsilon_{r,1} = \left[\frac{1 + \frac{A_0}{A_m}}{1 - \frac{A_0}{A_m}} \right] \quad (3)$$

$$\varepsilon_{r,1} = \varepsilon_{r,2} \times \left[\frac{1 - \left(\frac{A_0}{A_m} \right)^2 + \frac{A_1}{A_m}}{1 - \left(\frac{A_0}{A_m} \right)^2 - \frac{A_1}{A_m}} \right]^2 \quad (4)$$

$$\varepsilon_{r,n} = \varepsilon_{r,n-1} \times \left[\frac{1 - \left(\frac{A_0}{A_m} \right)^2 + \sum_{i=1}^{n-2} RI_i \times \frac{A_i}{A_m} + \frac{A_{n-1}}{A_m}}{1 - \left(\frac{A_0}{A_m} \right)^2 - \sum_{i=1}^{n-2} RI_i \times \frac{A_i}{A_m} + \frac{A_{n-1}}{A_m}} \right]^2 \quad (5)$$

С другой стороны, коэффициенты отражения RI могут быть рассчитаны иначе, где пики положительной и отрицательной амплитуды прямой воздушной волны связаны с пиками положительной и отрицательной амплитуды отражения поверхности асфальтового покрытия, а также с пиками положительной и отрицательной амплитуды отражения калибровочного сканирования над металлической пластиной. Затем оба соотношения снова соотносятся для определения части импульса, проникающего в асфальтовое покрытие. Этот метод расчета является частью трех оценок георадарных измерений, чтобы оценить точность процедуры по сравнению с реальным состоянием дорожного покрытия [4].

Список литературы

1. *Chen W. et al.* Research on the Quality of Asphalt Pavement Construction Based on Nondestructive Testing Technology // *Coatings*. – 2022. – Т. 12. – №. 3. – С. 379.
2. *Хамитов Р.М., Надеждина М.Е.* Практика применения анализаторов спектра и лазерных триангуляционных датчиков в вузе // *Компетентность*. – 2021. – №. 4. – С. 14-19.
3. *Поляков Ю.О.* Неразрушающий контроль и диагностика – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2023. – 110 с. – ISBN 978-5-7782-4951-6.
4. *Дьяков А.Ю., Калашник А.И.* Методические основы георадарных исследований горнотехнических объектов. – Апатиты: Кольский научный центр Российской академии наук, 2021. – 110 с. – ISBN 978-5-91137-443-3. – DOI 10.37614/978.5.91137.443.3.
5. *Zhao S., Al-Qadi I.L.* Algorithm development for real-time thin asphalt concrete overlay compaction monitoring using ground-penetrating radar // *NDT & E International*. – 2019. – Т. 104. – С. 114-123.

1.2.2.

А.А. Шакиров, Р.И. Эшлиоглу

Казанский государственный энергетический университет,
институт цифровых технологий и экономики,
кафедра информационных технологий и интеллектуальных систем,
Казань, shakirov.aa@bk.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ТОЧНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

В данной статье рассмотрены важные аспекты первичной обработки данных георадара для оценки асфальтобетонных дорожных покрытий. Обсуждаются методы сортировки данных, коррекции измерений и фильтрации шума, что способствует получению более точных результатов измерений и оценки состояния дорог. Представленные методы могут быть полезными при улучшении дорожной инфраструктуры и обеспечении безопасности на дорогах.

Ключевые слова: *обработка данных, коррекция измерений, фильтрация шума, точность измерений, структурная обработка данных, калибровка измерений.*

Первый этап обработки данных георадара для оценки параметров асфальтобетонных дорожных покрытий, корректировка данных, включает в себя базовую обработку структуры данных путем сортировки, перестановки и определения местоположения данных георадарных измерений. Это имеет фундаментальное значение для дальнейших этапов обработки, а также для оценки и интерпретации данных, чтобы гарантировать правильность и точность результатов измерений. Неизбежность неопределенности измерений, обусловленная общими условиями среды измерений, такими как перерегулирование в начале измерений или нарушения в скорости измерений из-за потока дорожного движения, делает неизбежной первоначальную коррекцию структурных данных [1].

В большинстве случаев обнаруживаются более длинные участки дороги, чем предполагалось на фактическом участке съемки. Особенно на федеральных магистральных дорогах, где измерение на лету неизбежно выполняется из-за невозможности стационарного измерения начальной точки в местности, длина измерения георадаром не соответствует фактической длине маршрута исследуемого участка. В результате радарная программа как результат измерения в принципе является слишком длинной и должна быть сокращена до фактического расстояния измерения. Это может быть сделано путем нанесения линий на радиолокационную диаграмму или с помощью стационарной начальной точки измерения с известной длиной пути до фактического измеряемого участка.

Аналогичным образом, измерительные участки, обнаруженные в обоих направлениях движения, должны быть повернуты на одну сторону, чтобы можно было провести оценку поперечного сечения и истинности станции в обоих направлениях движения [2]. Это особенно важно в отношении возможных поперечных профилей и профилей отверстий. Однако в случае структурно разделенных полос движения этот этап подготовительных работ можно пропустить, так как обе полосы движения обычно оцениваются отдельно. Аналогичным образом, параллельные измерения с несколькими измерительными антеннами и измерительными частотами должны быть разделены на стороне данных, чтобы обеспечить конкретную оценку данных для каждой измерительной частоты.

Для временной и пространственной равномерности плотности данных на всем участке измерения, несмотря на ожидаемую неравномерную скорость измерения, целесообразно регистрировать точки маркировки в определенной сетке, при которой радиолокационная диаграмма передискретизируется при обработке, а записанные данные интерполируются в соответствии с участком измерения и выводятся эквидистантно [3].

Наконец, необходимо разграничить области на радиолокационной диаграмме, на которые явно повлияли факторы окружающей среды во время измерения, например, источники электромагнитных помех вблизи поверхности. При необходимости эти области должны быть специально обработаны с помощью дополнительных рабочих этапов обработки, чтобы можно было оценить и интерпретировать данные измерений, на которые было оказано влияние.

При излучении электромагнитных импульсов на приемной антенне возникают конструктивные и низкочастотные отражения из ближней зоны антенны, а также сильные прямые волны от передающей антенны к приемной антенне («прямая воздушная волна»). Эти нежелательные эффекты перекрывают более слабые отражения от асфальтового покрытия [4]. Путем использования фильтра Dewow в низкочастотной области эти антенные низкочастотные отражения («эффект дрожания») фильтруются [4]. Это в равной степени относится к смещению от среднего значения амплитуды импульса постоянным током в цепи переменного тока антенны, что обусловлено чрезвычайно низким диапазоном частот полосно-ограниченного частотного спектра с соответственно большой длиной волны. Поэтому исходный импульс находится вне фазы и имеет слишком низкую амплитуду, которая корректируется фильтром Dewow [5].

Из-за отклонений в антенном оборудовании, таких как разная длина кабеля или электронная нестабильность, и, возможно, неровностей на поверхности дороги, высота георадарных систем с воздушной связью и, следовательно, время прохождения прямого отражения от поверхности дороги вдоль маршрута измерения варьируется [4]. Это может привести к смещению временного положения дорожного покрытия и всех других отражений, а также между соседними импульсами или сканами в георадарных данных [4]. Этот эффект устраняется путем введения постоянного опорного уровня в качестве нулевой точки для данных измерений. Все отражения, возникающие выше этой нулевой точки, исключаются. В качестве нулевой точки обычно выбирается максимальный пик волновой картины на поверхности дороги [3].

Используя антенные системы с воздушной связью, контрольный уровень вводится в процессинг путем калибровки данных измерений. При этом стационарное калибровочное сканирование выполняется с помощью металлической пластины под каждой антенной. При этом так называемые «удары» измерительного транспортного средства имитируют возникающие неровности дорожного покрытия.

Кроме того, сканирование, поступающее на приемник, включает в себя все статические отражения от других металлических поверхностей, например, от измерительного транспортного средства. На металлической пластине происходит полное отражение поступающего импульса. Амплитуда отражения больше по сравнению с поверхностью дороги из-за отсутствия пропускания. Калибровка теперь выполняется таким образом, чтобы каждое сканирование совпадало с соотношением между амплитудой отражения от дорожного покрытия и амплитудой калибровочного сканирования. При этом учитывается максимальный пик амплитуды каждого сканирования. Затем с помощью кадрирования вводится как опорный уровень, так и фильтруются статические отражения. Таким образом, если фаза волновой картины близка к нулю, относительная диэлектрическая проницаемость также может быть рассчитана с помощью моделирования на основе амплитуды, такого как метод поверхностного отражения [5].

В среде измерения возникают нежелательные отражения, которые приводят к появлению шума в измеряемых данных. В результате прием и обработка искомым отражений от асфальтового покрытия, особенно более слабых отражений с более длительным временем прохождения импульса, могут быть затруднены. Эти отражения обычно находятся за пределами основного диапазона рабочих частот георадара. В идеализированном виде его можно охарактеризовать как центральный лепесток в более широком частотном спектре. Для подавления шума за пределами рабочего диапазона частот могут применяться полосовые фильтры, которые работают как во времени, так и в пространстве. Временные фильтры

подходят для удаления частотных диапазонов на отдельных снимках, которые находятся выше или ниже основного рабочего диапазона частот георадара. Таким образом, в первую очередь это фильтры для очистки данных и улучшения представления данных измерений [4]. Типичными фильтрами в этом контексте являются фильтры верхних и нижних частот или полосовые фильтры.

В качестве функции усиления может быть применена автоматическая функция, при которой каждая область сканирования будет одинаково усилена. Обычно это достигается за счет разницы между средней амплитудой в данном временном диапазоне импульса и максимальной амплитудой всего участка [3]. В качестве альтернативы можно использовать пользовательские функции, при этом для выделения или уменьшения амплитуд в определенных областях могут применяться различные коэффициенты усиления в зависимости от количества точек усиления.

Список литературы

1. Шакиров А.А., Козелков О.В. Стандарты и методы контроля качества асфальтобетонного покрытия // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. 2022. – С. 130-132.
2. Shakirov A.A., Yapparov R.R., Shakirov M.A. Instruments and methods for controlling the parameters of asphalt concrete surfaces // Modern Science. – 2022. – No. 5-4. – P. 216-219.
3. Батракова А.Г., Урдзик С.Н., Батраков Д.О. Динамические и эконометрические модели прогнозирования состояния автомобильных дорог // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2019. – № 85. – С. 59-65.
4. Клемешова М.В., Подгорный И.Р., Порываев М.А. [и др.] Особенности вывода на рынок строительного робота-анализатора монолитных конструкций // ВУЗ и реальный бизнес. – 2023. – Т. 1. – С. 53-60.
5. Chen W. et al. Research on the Quality of Asphalt Pavement Construction Based on Nondestructive Testing Technology // Coatings. – 2022. – Т. 12. – №. 3. – С. 379.

1.2.2.

С.В. Яровой канд.техн. наук

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
ach_bask@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА БУМАГООБРАЗУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

В работе представлена информационная система для расчета основных бумагообразующих показателей волокнистой массы при заданных технологических и конструктивных параметрах размольной установки. Работа системы основывается на математических регрессионных моделях процессов, которые были получены в ходе экспериментальных исследований ножевых гарнитур различных типов.

Ключевые слова: *программная система, сетевое web-приложение регрессионная модель, волокнистые полуфабрикаты, размол волокнистой массы, дисковая мельница, гарнитура с криволинейной формой ножей, гарнитура ударного типа.*

Введение

Внедрение цифровых технологий для решения проблем по совершенствованию процесса размола волокнистых полуфабрикатов является актуальной задачей. В настоящее время проведено много исследований по интенсификации процесса размола волокнистой суспензии в дисковых мельницах с модификацией рабочих органов размалывающих машин – ножевой гарнитуры [1-6].

Одной из основных задач обработки экспериментальных исследований являлось определение численных значений параметров, необходимых для расчета коэффициентов математических моделей. Использование таких моделей позволяет определить оптимальный режим размола, а также оценить эффективность проведения размола при использовании различных гарнитур.

Для построения математической модели процесса размола используется регрессионный анализ – метод, который позволяет устанавливать значения факторов и диапазоны их варьирования по своему усмотрению, не нарушая хода технологического процесса, согласно техническим характеристикам применяемого оборудования, требованиям стандартов к готовой продукции и т.д.

Описание используемых регрессионных математических моделей

Основные технологические и конструктивные параметры размольной установки, оказывающие наибольшее влияние на процесс размола волокна. Входные и выходные параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные параметры процесса размола волокна.

Параметр	Обозначение
<i>Входные параметры (управляемые факторы)</i>	
Частота вращения ротора, об/мин	X ₁
Межножевой зазор, мм	X ₂
Концентрация массы, %	X ₃
Степень помола, °ШР	X ₄
<i>Выходные параметры (контролируемые факторы)</i>	
Продолжительность размола, мин	Y ₁
<i>Бумагообразующие показатели при размоле волокнистой массы</i>	
Водоудерживающая способность (по Джайме), %	Y ₂
Средняя длина волокна, мм	Y ₃

Для гарнитуры с криволинейной формой ножей уравнения регрессии принимают вид [1]:

Продолжительность размола

$$Y_1 = -34,13 - 5,6x_1 + 200,1x_2 + 0,038x_3 - 0,16x_4 + 24,72x_1x_2 + 0,105x_1x_4 - 566,67x_2^2 - 0,062x_2x_3 + 3,2x_2x_4 - 0,0000066x_3^2 - 0,0003x_3x_4 + 0,005x_4^2 \quad (1)$$

Водоудерживающая способность

$$Y_2 = 226,56 - 9,0012x_1 - 429,456x_2 + 0,01x_3 + 6,81x_4 + 95,9x_1x_2 - 0,0133x_1x_3 + 1686,08x_2^2 - 0,27x_2x_3 + 4,26x_2x_4 - 0,053x_4^2 \quad (2)$$

Среднеарифметическая длина волокна

$$Y_3 = 0,64 + 0,32x_1 + 5,74x_2 + 0,00065x_3 - 0,0165x_4 - 0,72x_1x_2 - 0,000091x_1x_3 - 7,08x_2^2 - 0,00154x_2x_3 + 0,0276x_2x_4 \quad (3)$$

Для гарнитуры ударного типа уравнения регрессии принимают вид [2]:

Продолжительность размола

$$Y_1 = 38,52 - 6,57x_1 + 8,61x_2 + 2,78x_3 + 25,74x_4 - 6,02x_1^2 - 3,75x_1x_2 - 3,06x_1x_4 + 4,17x_2x_4 + 3,47x_3x_4 + 7,59x_4^2 \quad (4)$$

Водоудерживающая способность

$$Y_2 = 3,17 - 0,16x_1 - 0,39x_3 + 0,58x_4 + 0,5x_1^2 + 0,5x_2^2 + 0,56x_3^2 \quad (5)$$

Среднеарифметическая длина волокна:

$$Y_3 = 1,55 + 0,06x_1 - 0,17x_4 - 0,04x_1^2 - 0,08x_2x_3 - 0,02x_2x_4 \quad (6)$$

Представленные регрессионные модели используются для решения задач оптимизации, которые требуют проведения большого количества вычислений. Данные расчеты, как правило, проводятся с использованием специализированного программного обеспечения, которое требует приобретения дорогостоящей лицензии. Таким образом, авторами было принято решение о разработке информационной системы для расчета основных параметров процесса размола и решения оптимизационных задач.

Система расчета характеристик процесса размола волокнистых полуфабрикатов

В рамках данного исследования авторами была разработана информационная система, позволяющая рассчитывать бумагообразующие показатели при размоле волокнистой массы.

Система представляет собой сетевое web-приложение, имеющее модульную структуру. При разработке использовался следующий стек технологий: html+css (bootstrap 4.6), php+mysql, javascript. Все разрабатываемые модули объединяются основным интерфейсом для пользователя. Каждый модуль реализует регрессионную модель, полученную в ходе экспериментального исследования эффективности размольной установки с конкретным типом гарнитуры.

На текущий момент в системе реализовано два модуля для расчета параметров гарнитуры ударного типа и гарнитуры с криволинейной формой ножей. На рисунке 1 представлен основной интерфейс системы. Здесь пользователю предлагается выбрать модуль для расчета, после чего открывается страница соответствующего модуля. В верхней части страницы необходимо ввести входные параметры в соответствующие поля.

The left section, titled "Calculation of the characteristics of the milling process of fibrous semi-finished products", features two options for the grinding headset:

- SHOCK-TYPE HEADSET**: Described as a process where the edges of the rotor knives come into contact with the edges of the stator knives (the stupa principle).
- SET WITH CURVED KNIVES**: Described as a process where, when grinding fibrous semi-finished products, there is a greater fibrillation of the fibers and a smaller shortening of them.

The right section, titled "Calculation of the characteristics of the milling process of fibrous semi-finished products", is for the "Set with curved knives". It includes input parameters (controlled factors) and output parameters (controlled factors).

Input parameters (controlled factors):

- X_1 - Rotor speed, rpm: 1000 (range: $1000 \leq X_1 \leq 2000$)
- X_2 - Leg gap, mm: 0,1 (range: $0,1 \leq X_2 \leq 0,3$)
- X_3 - Mass concentration, %: 1 (range: $1\% \leq X_3 \leq 3\%$)
- X_4 - Grinding degree, °WR: 32 °C (range: $X_4 = 32, 50, 68$ °WR)

Output parameters (controlled factors):

- Duration of grinding = 12,48 min
- Change in paper-forming parameters during milling of fibrous mass
- Water retention capacity (according to Jaime) = 348,04 %
- Average fiber length = 1,36 mm

Рис. 1 – Интерфейс главной страницы web-приложения (слева), модуль расчета гарнитуры с криволинейной формой ножей (справа)

После нажатия на кнопку «Calculate» происходит расчет выходных параметров по регрессионной модели, которые отображаются внизу страницы. В примере, представленном на рисунке 1, была выбрана гарнитура с криволинейной формой ножей. В качестве входных параметров были использованы следующие значения: частота вращения ротора = 1000 об/мин; межножевой зазор = 0,1 мм; концентрация массы = 1%; степень помола = 32 °ШР. В результате расчета получили: продолжительность размола = 12,48 мин; водоудерживающая способность = 348%; средняя длина волокна = 1,36 мм.

Заключение

Разработанная в рамках данного исследования информационная система позволяет рассчитывать основные бумагообразующие показатели волокнистой массы при заданных основных технологических и конструктивных параметрах размольной установки. Расчет осуществляется с помощью регрессионных математических моделей, полученных в ходе большого количества экспериментальных исследований различных конструкций ножевых гарнитур.

На текущий момент в системе реализованы два типа гарнитур (ударного типа и с криволинейной формой ножей). В будущем планируется добавить возможность расчета показателей для гарнитур других конструкций. Также будет добавлена возможность решать задачи оптимизации, путем поиска минимального или максимального значения выходных параметров.

Список литературы

1. Шуркина В.И. Совершенствование ножевого размол волокнистых растительных полимеров в целлюлозно-бумажном производстве: дис.канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 30.06.16 / В.И. Шуркина – Красноярск, 2016. – 145 с.
2. Кожухов В.А. Размол волокнистых полуфабрикатов в размольных ножевых машинах при ударном воздействии на волокно: дис...канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 10.04.15 / В. А. Кожухов – Красноярск, 2015. – 161 с.
3. Набиева А.А. Оценка влияния и совершенствование основных технологических параметров ножевых размалывающих машин: дис...канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 24.09.2004 / А.А. Набиева – Красноярск, 2004. – 181 с.
4. Ковалев В.И. Размол волокнистых полуфабрикатов при различном характере построения рисунка ножевой гарнитуры: дис...канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 26.10.2007 / В.И. Ковалев – Красноярск, 2007. – 209 с.
5. Shurkina V.I., Marchenko R.A., Alashkevich Yu.D. 2019 Research of the paper-forming properties of a fibrous material with the use of a tacking with curvilinear knives IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 467 doi:10.1088/1757-899X/467/1/012002.
6. Ушаков А.В., Алашкевич Ю.Д., Кожухов В.А., Марченко Р.А. 2019 Размол волокнистых материалов высокой концентрации в дисковой мельнице Хвойные бореальной зоны 37(6) С 471–474

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ — 2.3.1.**

2.3.1.

¹Г.Н. Аглямзянова, ²Л.З. Гумерова

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
высшая инженерная школа, кафедра математики, Казань,
Набережночелнинский государственный педагогический университет,
кафедра математики, физики и методик их обучения,
dina.airat@mail.ru,

²Казанский (Приволжский) федеральный университет,
высшая инженерная школа, кафедра автоматизации и управления,
Казань, gum9370@mail.ru

**РАЗРАБОТКА ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА
ДЛЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ЗНАНИЙ**

Данная статья является продолжением работы авторов по теме интеграции онтологий при проектировании систем управления техническими объектами [1]. В работе разработан веб-интерфейс для разработанного ранее модуля.

Ключевые слова: *Python, онтологии, веб-интерфейс, JavaScript, HTML и CSS.*

Для того эффективного использования разработанного модуля объединения онтологий [1] возникла необходимость создания веб-интерфейса, который позволял бы загружать две OWL базы знаний, объединять их и скачивать получившуюся общую базу знаний.

Для решения поставленной задачи была дополнена функциональность модуля объединения баз знаний: добавлена функция **merge(file1, file2)**, которая осуществляет объединение двух файлов баз знаний формата OWL в один. Для этого использован собственный модуль **OWLMerger**. Данная функция принимает на вход два файла баз знаний, которые необходимо объединить. После объединения функция возвращает объединенный файл в виде байтовой строки.

Таким образом, успешно доработанный модуль объединения баз знаний дал возможность использовать его вместе с разработанным веб-интерфейсом для загрузки и объединения баз знаний.

При выборе средства разработки веб-интерфейса для модуля объединения онтологий были рассмотрены различные варианты, включая нативный JavaScript, HTML и CSS, а также фреймворки и библиотеки, такие как React, Angular и Vue. Однако, было решено отказаться от использования перечисленных фреймворков и библиотек в связи с необходимостью уменьшения зависимостей проекта и обеспечения более простой и быстрой разработки.

Веб-интерфейс был разработан с использованием фреймворка Flask [2], который позволяет быстро и просто создавать веб-приложения на языке Python [3]. В качестве основы для веб-интерфейса были выбраны нативные технологии HTML, CSS и JavaScript. Для упрощения и ускорения процесса разработки, было решено использовать препроцессоры для CSS и JavaScript, такие как Sass и Babel, которые обеспечивают большую гибкость и удобство в написании кода.

Также для обеспечения более простой и быстрой разработки были использованы различные инструменты, такие как локальный сервер для разработки и тестирования, система контроля версий Git для управления исходным кодом и тестирование веб-интерфейса на различных браузерах и устройствах.

Выбор нативных технологий HTML, CSS и JavaScript позволил создать более легкий и быстрый веб-интерфейс с минимальными зависимостями и уменьшением затрат на разработку.

Рассмотрим пример использования веб-интерфейса (См.рис.1). С нажатия кнопки «Загрузить» происходит отправка формы и передача файлов на сервер, объединение двух баз знаний с помощью модуля на сервере и возможность сохранения результирующей базы знаний на компьютер пользователя в формате OWL.

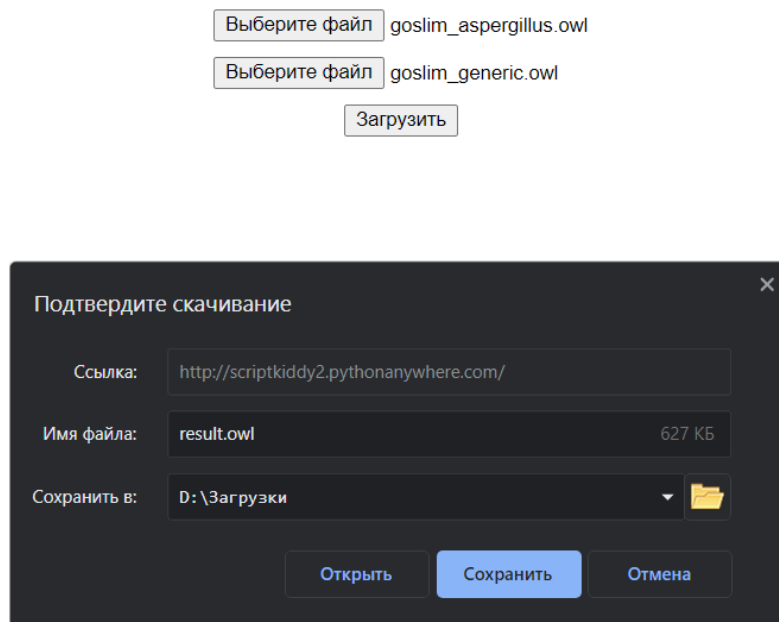


Рис. 1 – Окно загрузки после нажатия кнопки «Загрузить»

Таким образом, веб-интерфейс предоставляет простой и интуитивно понятный способ загрузки, объединения и сохранения баз знаний в формате OWL.

Для разработки веб-интерфейса была создана отдельная директория, содержащая файлы со статическими ресурсами (CSS, изображения) и шаблоны страниц (HTML). Вся логика работы веб-приложения была реализована в файле `main.py`, который отвечает за обработку HTTP-запросов и взаимодействие с модулем объединения онтологий.

Для тестирования веб-интерфейса использован модуль **unittest** [4] вместе с библиотекой Flask. В качестве примера тестируется загрузка двух файлов в форму на веб-странице.

Для проверки работоспособности веб-интерфейса был использован следующий код:

```
import unittest
```

```
from app import app
```

```
class TestApp(unittest.TestCase):
```

```
    def setUp(self):
```

```
        self.app = app.test_client()
```

```
        self.app.testing = True
```

```
    def test_upload_files(self):
```

```
        file1 = 'path/to/file1.owl'
```

```
        file2 = 'path/to/file2.owl'
```

```
        data = {
```

```
            'file1': (open(file1, 'rb'), 'file1.owl'),
```

```
            'file2': (open(file2, 'rb'), 'file2.owl')
```

```
        }
```

```
response = self.app.post('/', data=data, follow_redirects=True)
self.assertEqual(response.status_code, 200)
# add more assertions here
```

```
if __name__ == '__main__':
    unittest.main()
```

Данный код позволил протестировать загрузку файлов и получение ответа от сервера.

Было проведено несколько тестов с использованием различных OWL файлов разного размера и содержимого. Все тесты прошли успешно, сервер успешно обработал запросы и вернул ожидаемый ответ.

Также были проведены тесты на проверку корректности обработки ошибок. В результате тестирования было выявлено, что в случае ошибки загрузки файлов, сервер возвращает код ошибки 400.

Тестирование веб-интерфейса позволило убедиться в его работоспособности и корректности работы. Однако, следует учитывать, что были использованы только базовые тесты, и для полноценного тестирования необходимо провести более широкий спектр тестов.

Было проведено тестирование веб-интерфейса для объединения онтологий, используя 10 тестовых случаев. Результаты тестирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Веб-интерфейс успешно обрабатывает случаи, где в онтологиях присутствуют иерархические отношения классов. Он сохраняет иерархию классов и объединяет их в объединенной онтологии.

2. При наличии одинаковых имен классов в разных онтологиях, веб-интерфейс должен корректно обрабатывать конфликт имён и разрешать его в соответствии с выбранными правилами. Результаты тестов показывают, что веб-интерфейс успешно разрешает конфликты и сохраняет объединенную онтологию с учетом правил разрешения конфликтов.

3. В случае, когда онтологии не содержат никаких классов, веб-интерфейс должен создавать пустую объединенную онтологию. Результаты тестирования показывают, что веб-интерфейс корректно обрабатывает такие ситуации и создает пустую онтологию.

4. Тестирование выявило важность правильной интерпретации структуры иерархии классов и разрешения конфликтов имён при объединении онтологий. Веб-интерфейс должен быть способен обрабатывать различные сценарии и производить корректное объединение онтологий, сохраняя их структуру и связи между классами.

Исходя из проведенного тестирования, можно сделать вывод, что веб-интерфейс успешно выполняет задачу объединения онтологий, обрабатывает иерархические отношения классов и конфликты имён, а также корректно сохраняет объединенную онтологию. Однако, рекомендуется продолжить тестирование на более широком наборе данных и в различных сценариях, чтобы более полно оценить функциональность и надежность веб-интерфейса перед его внедрением в рабочую среду.

В дальнейшем веб-интерфейс может быть усовершенствован и дополнен новыми функциональными возможностями, например, добавлением возможности просмотра полученной базы знаний в виде графа или таблицы

Список литературы

1. Аглямзянова Г.Н., Гумерова Л.З. Опыт реализации модуля для объединения онтологических баз знаний на основе библиотек Python // Научно-технический вестник Поволжья. №9 2023г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2023. – С.58-60.
2. Welcome to Flask — Flask Documentation (2.3.x) : [сайт]. – URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/2.3.x/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
3. Welcome to Python.org : [сайт]. – URL: <https://www.python.org/> (дата обращения: 15.05.2023). – Электронная программа : электронная.
4. unittest — Unit testing framework — Python 3.11.3 documentation : [сайт]. – URL: <https://docs.python.org/3/library/unittest.html> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

2.3.1.

**В.В. Андреев д-р техн. наук, О.В. Андреева канд. техн. наук, А.М. Самойлов,
Н.П. Тарасова, Д.И. Ракова, А.М. Никулина, Н.Г. Катков, К.Г. Галстян, И.А. Симонов**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»,
Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики
им. академика Ф.М. Митенкова,
кафедра «Ядерные реакторы и энергетические установки»,
Нижний Новгород, react@nntu.ru

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОБОБЩЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРИВЕДЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Рассмотрены результаты оценки параметров обобщенной зависимости приведенных показателей гидравлического сопротивления, которые получены при обработке экспериментальных данных по определению гидравлического сопротивления контуров циркуляции, опубликованных разными авторами. Широкий спектр условий, при которых производились эксперименты, позволяет рассчитывать на универсальный характер такой зависимости и возможность ее использования для прогнозирования показателей гидравлического сопротивления любой другой гидравлической системы.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, гидравлические испытания, обобщение экспериментальных данных, верификация, прогнозирование.

Работа большинства технических систем связана с перемещением жидких или газообразных сред по каналам различной формы и конструкции [1-6]. Проектирование таких систем требует достоверного расчета гидравлического сопротивления, так как именно этот фактор обуславливает требуемый напор насосов, компрессоров, газодувок и т.д. для обеспечения эксплуатационных параметров системы.

Для сложных систем или отдельных единиц оборудования в открытых источниках часто невозможно найти обобщенные зависимости для оценки их гидравлического сопротивления. В связи с этим, в подобных ситуациях проводят долгие и дорогостоящие гидравлические испытания, по результатам которых строят фактические гидравлические характеристики (зависимость потерь давления от расхода среды).

Обобщение подобных экспериментальных данных с целью получения универсальных зависимостей для использования их в различных методах прогнозирования, представляется актуальной, теоретически и практически значимой задачей.

При исследовании гидравлических сопротивлений могут применяться несколько методов обобщения данных: построение графиков и диаграмм, составление таблиц, регрессионный анализ и т.д. [7]. В большинстве методов используются положения теории подобия, анализ размерностей и метод характеристических масштабов, которые представляют собой различные направления обобщенного анализа [8].

Подобные преобразования позволяют получить простые аналитические зависимости между модифицируемыми, изменяемыми параметрами, однако чаще всего они применимы к определенным условиям испытаний, параметрам теплоносителя, конструктивным особенностям контуров циркуляции. Большей степени универсальности можно ожидать в случае рассмотрения процедуры приведения (нормирования) применительно и к показателям гидравлического сопротивления, и к числам Рейнольдса, при последующем сопоставлении этих приведенных показателей гидравлического сопротивления с углами наклона кривой гидравлического сопротивления в ламинарной или турбулентной области [9]. Сопоставление приведенных показателей позволяет получить обобщенную (унифицированную) зависимость, которая может быть использована для прогнозирования новой кривой гидравлического сопротивления [7, 9].

В качестве примера обобщения можно привести результаты обработки ряда экспериментальных результатов [1-6]. В соответствии с [9] экспериментальные данные предварительно обрабатывались с целью получения приведенных показателей гидравлического сопротивления. Каждая гидравлическая характеристика после предобработки в пространстве приведенных показателей будет представлять собой точку с тремя координатами – приведенным значение гидравлического сопротивления ($\xi_{\text{пр}}$), приведенным значением критерия Рейнольдса ($Re_{\text{пр}}$) и тангенсом угла наклона аппроксимирующей в турбулентной области ($Tg_{\text{пр}}$). На рисунках 1, 2 приведены результаты предобработки используемых экспериментальных результатов в форме проекции их на плоскости, образованные осями координат, образующими пространство приведенных показателей гидравлического сопротивления.

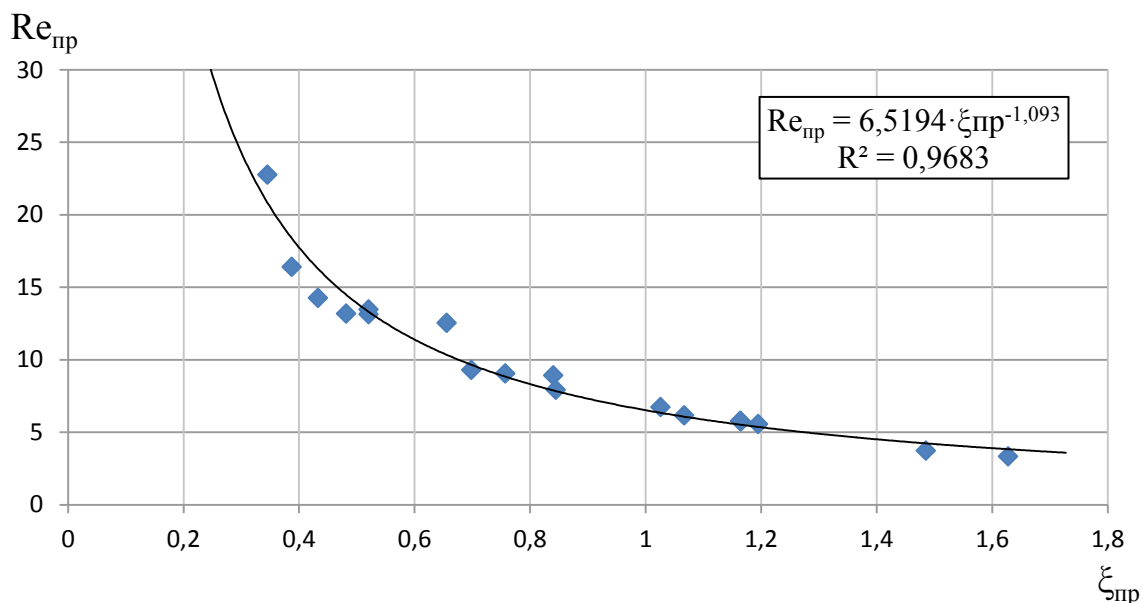


Рис. 1 – Зависимость приведенного числа Рейнольдса ($Re_{\text{пр}}$) от приведенного значения гидравлического сопротивления ($\xi_{\text{пр}}$)

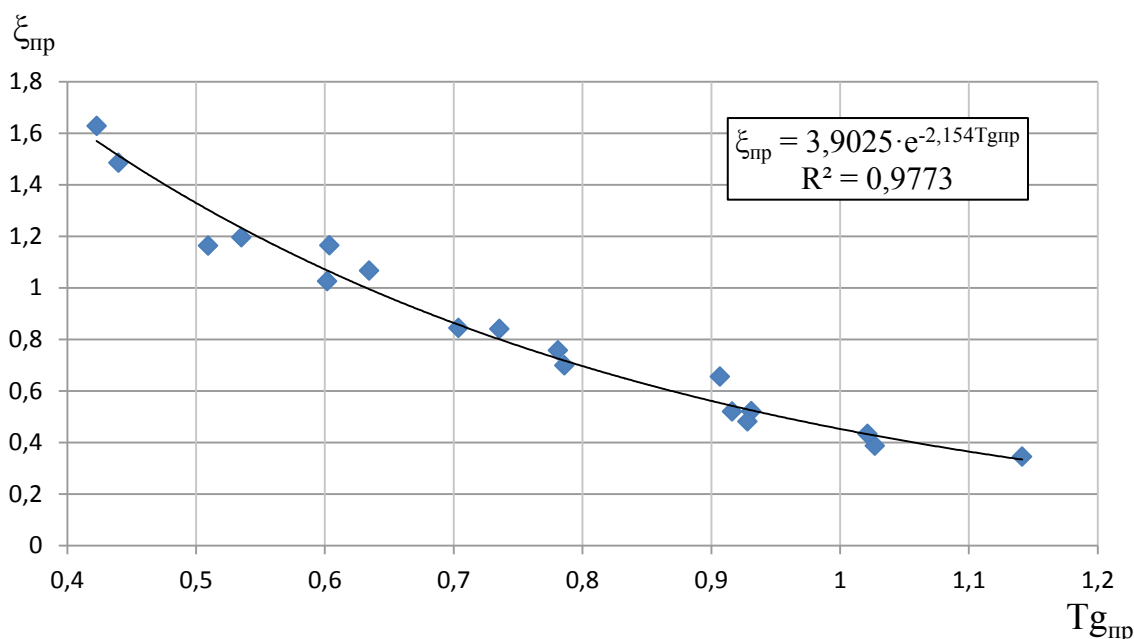


Рис. 2 – Зависимость приведенного значения гидравлического сопротивления ($\xi_{\text{пр}}$) от приведенного значения тангенса угла наклона аппроксимирующей в турбулентной области ($Tg_{\text{пр}}$)

Аппроксимация экспериментальных результатов позволяет получить параметры проекций обобщенной зависимости на соответствующие плоскости и восстановить общий вид обобщенной зависимости приведенных показателей гидравлического сопротивления. Представляется возможным использование подобной зависимости для сокращения экспериментальных работ по испытаниям вновь проектируемых контуров циркуляции.

Представленные результаты получены в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема № FSWE-2023-0005 «Особенности и специфика применения тяжелых жидкометаллических теплоносителей в реакторных установках на быстрых нейтронах»)

Список литературы

1. Авдеев Е.Ф. Экспериментальное исследование гидравлического сопротивления модели корпусного реактора / Е.Ф. Авдеев, И.А. Чусов, В.А. Левченко // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2005. – № 4. – С. 77-84.
2. Денисенко И.П. Экспериментальная установка для исследования гидравлического сопротивления поворотов в коллекторных змеевиках / И.П. Денисенко, Ю.Я. Печенегов // Современные инновации в науке и технике: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции: В 4-х томах. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга». – 2014.
3. Болтенко Э.А., Исследование теплоотдачи и гидравлического сопротивления в кольцевом канале с интенсификаторами теплообмена / Э.А. Болтенко, А.Н. Варава, А.В. Дедов, А.В. Захаренков, А.Т. Комов, С.А. Малаховский // Теплоэнергетика. – 2015. – № 3. – С. 22.
4. Наумов В.А. Инженерный метод расчета коэффициента гидравлических потерь при транспортировании водорыбной смеси по трубам / В.А. Наумов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2020. – №1. – С. 1-9.
5. Ибрагимов У.Х., Экспериментальное исследование и обобщение результатов исследований процессов гидродинамики в трубах с локальными турбулизаторами / У.Х. Ибрагимов, С.Б. Абдиназаров, З.Э. Пардаев, Т.Р. Аванесов // Национальная Ассоциация Ученых. – 2021. – № 65-2(65). – С. 16-20.
6. Авдеев Е.Ф. Экспериментальное исследование гидравлических характеристик модифицированной ТВС реактора РБМК-1000 / Е.Ф. Авдеев, И.А. Чусов, В.А. Левченко // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2005. – №3. – С. 69-85.
7. Андреев В.В. Прогнозирование показателей гидравлического сопротивления на основе методологии обобщенного анализа / В.В. Андреев, В.О. Фурман, И.В. Демарев, Н.С. Любавин, Н.С. Пугачев, С.А. Антонов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – №2. – С. 28-31.
8. Гухман А.А. Обобщенный анализ / А.А. Гухман, А.А. Зайцев. – Москва: Факториал. – 1998. – 303 с.
9. Андреев В.В. Преобразование характеристик гидравлического сопротивления с целью обобщения экспериментальной информации о течении жидкости в трубах / В.В. Андреев, М.В. Турченко, А.А. Абрамов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – №4. – С. 35-37.

2.3.1.

В.В. Афанасьев, Р.Р. Раупов

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева,
Институт радиоэлектроники, фотоники и цифровых технологий,
Кафедра электронных и квантовых средств передачи информации,
Казань, nsdx@yandex.ru, naus19_20@mail.ru

СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ МАСКИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ MULTI-SCROLL СИСТЕМЫ SPROTTA

Проведены сравнительные исследования двух вариантов избирательного подавления псевдослучайных маскирующих сигналов multi-scroll дискретно-нелинейной системы SprottA на основе дифференцирования и интегрирования сигнальных компонент. Проанализировано влияние параметров временной дискретизации сигналов дискретно-нелинейной системы SprottA на эффективность избирательного подавления маскирующих сигналов.

Ключевые слова: динамический хаос, multi-scroll система SprottA, селективное режектирование.

Современные системы конфиденциальной передачи информации с хаотической маскировкой применяют маскирующие сигналы, формируемые на основе систем с динамическим хаосом Лоренца, Чуа, Jerk, SprottA, Дмитриева-Кислова [1,2]. Для выделения передаваемой информации требуется селективное подавление маскирующих сигналов, формируемых multi-scroll системами с динамическим хаосом.

Цель работы – исследование селективного режектирования маскирующих сигналов multi-scroll дискретно-нелинейной системы SprottA с хаотической динамикой.

Селективное режектирование сигнальных компонент $U_{inx}(t)$, $U_{iny}(t)$, $U_{inz}(t)$ системы SprottA [3], предлагается, следуя принципу двухканальности, выполнять на основе дифференцирования по алгоритму:

$$\begin{cases} U_{outx_d}(t) = \frac{dU_{inx}(t)}{dt} - U_{iny}(t) \\ U_{outy_d}(t) = \frac{dU_{iny}(t)}{dt} - (-U_{inx}(t) + U_{iny}(t) \cdot U_{inz}(t) - a \cdot f(U_{inx}(t))) \\ U_{outz_d}(t) = \frac{dU_{inz}(t)}{dt} - (1 - U_{iny}^2(t)), \end{cases} \quad (1)$$

либо на основе операторов интегрирования по алгоритму:

$$\begin{cases} U_{outx_i}(t) = \int_0^t U_{iny}(t) dt - U_{inx}(t) \\ U_{outy_i}(t) = \int_0^t (-U_{inx}(t) + U_{iny}(t) \cdot U_{inz}(t) - a \cdot f(U_{inx}(t))) dt - U_{iny}(t) \\ U_{outz_i}(t) = \int_0^t (1 - U_{iny}^2(t)) dt - U_{inz}(t). \end{cases} \quad (2)$$

Структурная схема предлагаемого устройства селективного режектирования компонент 3-D маскирующего сигнала дискретно-нелинейной многопетлевой системы SprottA на основе дифференцирования представлена на рис.1 (содержит дифференциаторы 1, 8, 10; вычитающие устройства 2, 4, 7, 9, 12, 13; перемножители 3, 6, 11).

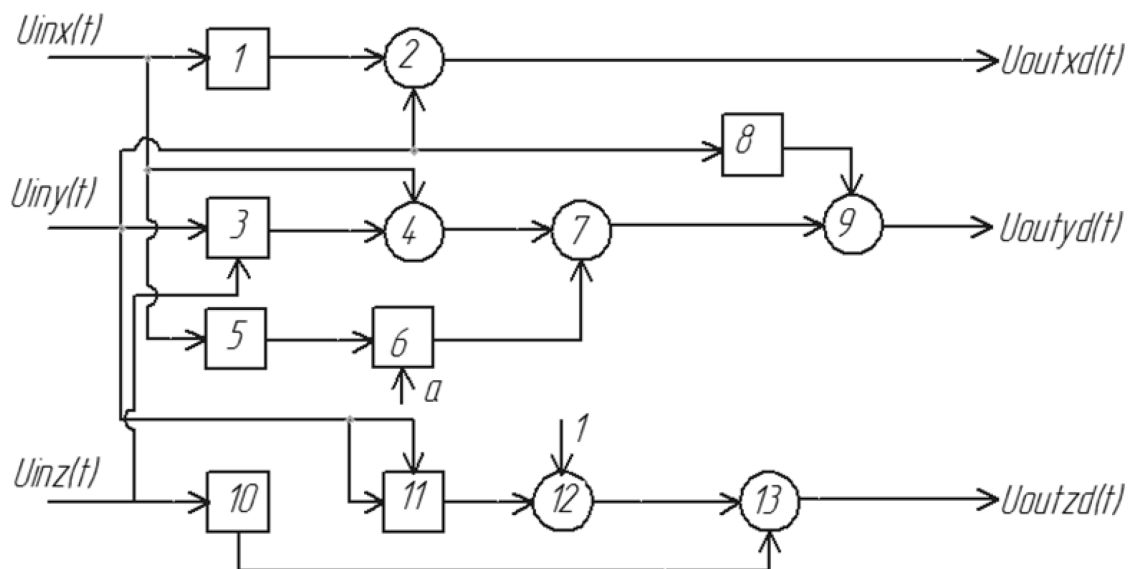


Рис. 1 – Устройства селективного режектирования на основе дифференцирования

Структурная схема предлагаемого устройства селективного режектирования на основе интегрирования приведена на рис.2 (содержит интеграторы 1, 8, 12; вычитающие устройства 2, 4, 7, 9, 11, 13; перемножители 3, 6, 10). На схемах рис.1, 2 устройство 5 реализует нелинейную зависимость $f(U_{inx}(t))$, определяющую количество лепестков multi-scroll дискретно-нелинейной системы SprottA в фазовом пространстве.

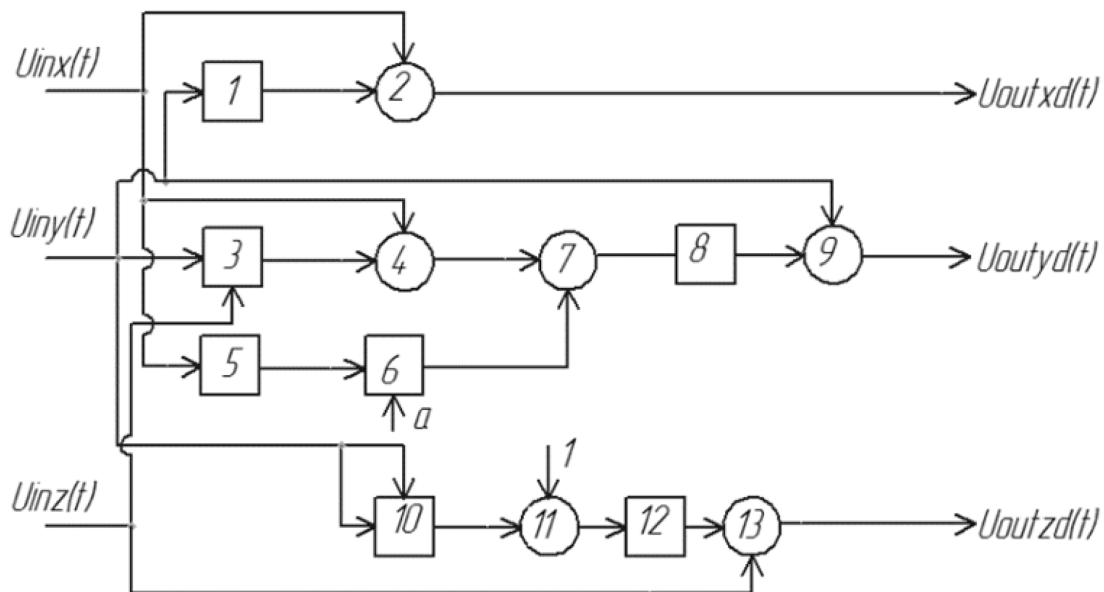


Рис. 2 – Устройства селективного режектирования на основе интегрирования

Формирование маскирующих псевдослучайных сигналов на базе систем с динамическим хаосом в инженерной практике обычно производится путем численного интегрирования системы нелинейных дифференциальных уравнений порождающей системы с использованием процедуры Эйлера [3]. Такой подход понижает схемотехническую сложность и повышает быстродействие формирователей маскирующих сигналов, однако приводит к сильной зависимости статистических и вероятностных характеристик маскирующих псевдослучайных сигналов от параметров временной дискретизации сигналов. Важным параметром временной дискретизации является нормированное число отсчетов N , приходящееся на период квазирезонансной частоты порождающей системы с динамическим хаосом. Обеспечение максимального снижения N при обеспечении требуемой эффективности селективного режектирования маскирующих сигналов является важной задачей инженерной практики.

Сравнительная эффективность селективного режектирования маскирующих сигналов предложенными устройствами функционально-режекторной фильтрации (ФРФ) по схемам рис. 1 и рис. 2, оценивалась по коэффициентам подавления K_p , определяемых отношением среднеквадратического отклонения (СКО) выходного сигнала к СКО входного сигнала устройств. В работе исследовано влияние нормированного числа отсчетов N на коэффициенты подавления K_p компонент X, Y, Z системы SprottA, показано, что применение устройств на основе интегрирования обеспечивает большую эффективность селективного подавления и меньшую чувствительность к действию помех. Полученные характерные зависимости коэффициентов K_p компонент X, Y, Z от числа отсчетов N для устройств режектирования на основе интегрирования приведены на рис.3.

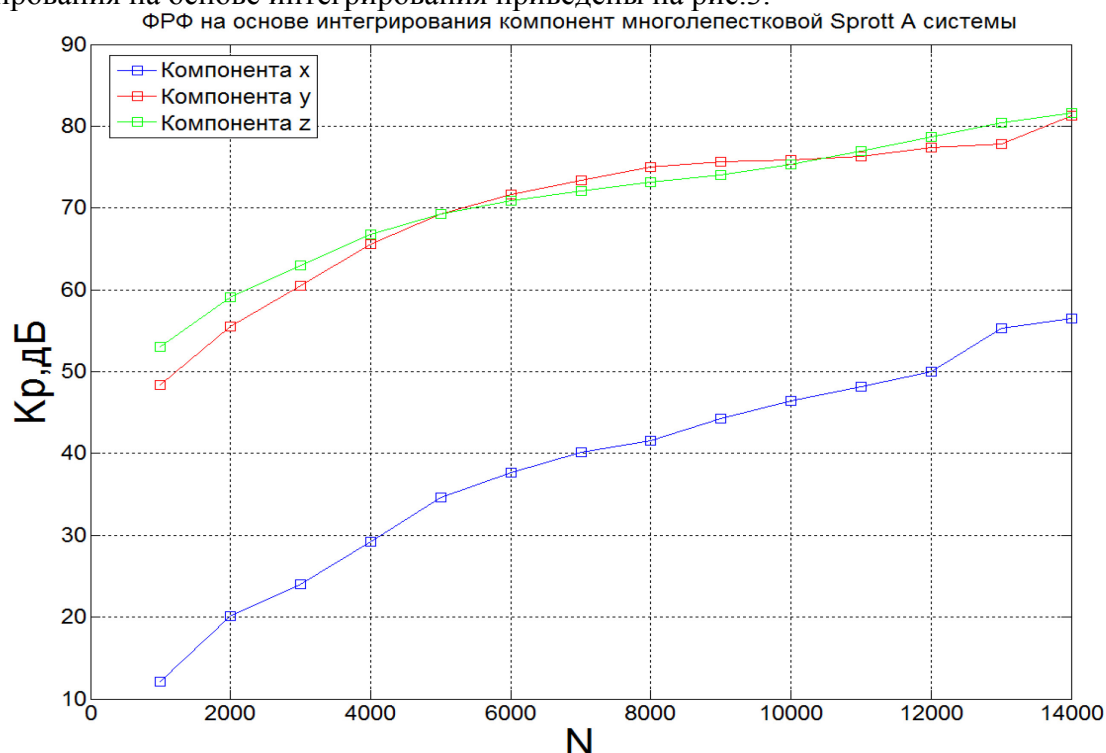


Рис. 3 –Зависимости коэффициентов K_p компонент X, Y, Z от числа отсчетов N

Установлено, что значение K_p выше 60 дБ обеспечивается при снижении N до $3 \cdot 10^3$, рекомендуемый диапазон значений N составляет $(3 \dots 3.5) \cdot 10^3$.

В качестве информационных сигналов в современных цифровых системах передачи информации широко применяют сигналы с фазовой манипуляцией (BPSK). При прохождении BPSK сигналов через устройства селективного режектирования, на выходе сохраняется информация о коммутации фазы, что дает возможность восстановить передаваемый информационный сигнал. В работе исследована зависимость отношения с/ш на выходе (SNRout) устройства режектирования на основе интегрирования компонент X, Y, Z системы SprottA от числа отсчетов N , при коммутации на π фазы информационного BPSK сигнала и отношении с/ш на входе равным 18 дБ. Полученные результаты представлены на рис.4.

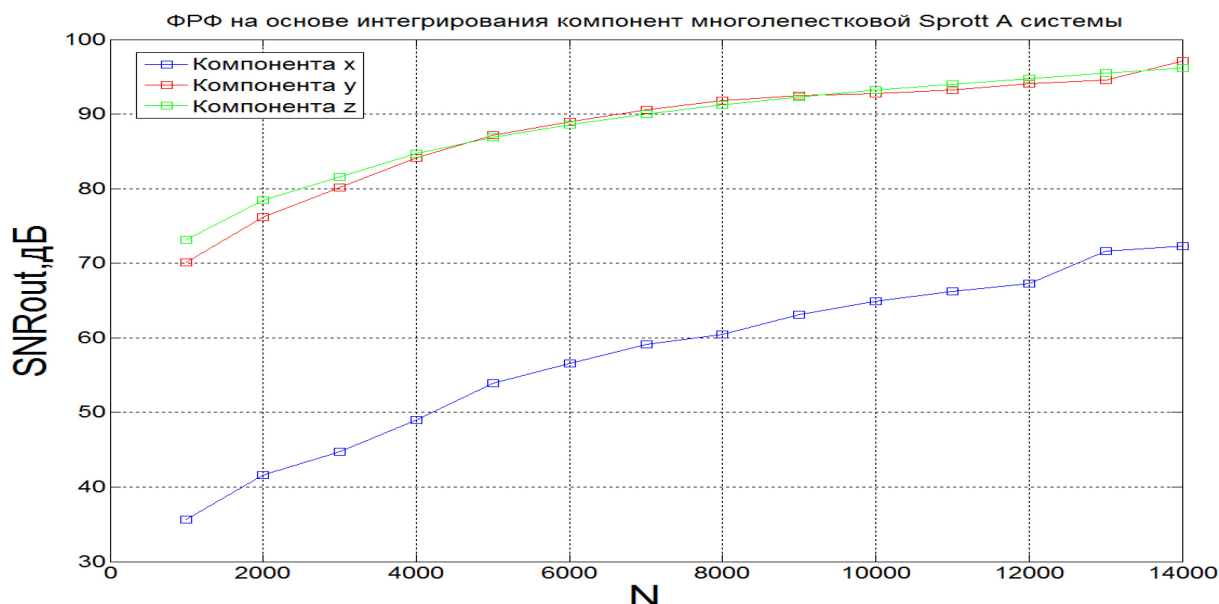


Рис. 4 – Зависимость отношения с/ш на выходе от числа отсчетов N

Установлено, что применение предлагаемых устройств селективного режектирования повышает отношение сигнал/шум на выходе по сравнению с отношением сигнал/шум на входе. Показано, что в рекомендуемом диапазоне N отношение с/ш на выходе составляет не менее 80 дБ для компонент Y и Z дискретно-нелинейной multi-scroll системы SprottA. Установлено, что применение маскирующих сигналов системы SprottA по сравнению с системой Jerk обеспечивает более высокий коэффициент подавления и более высокое отношение с/ш на выходе.

Таким образом, разработаны и сопоставлены варианты селективного режектирования маскирующих сигналов дискретно-нелинейной multi-scroll системы SprottA при построении режекторных устройств на основе интегрирования и дифференцирования. Установлено, что устройство селективного режектирования на основе интегрирования компоненты Y системы SprottA при значениях N более $3 \cdot 10^3$ обеспечивает коэффициент подавления K_p не менее 60 дБ и отношение с/ш на выходе не менее 80 дБ.

Список литературы

1. Дмитриев А.С. Генерация хаоса / Дмитриев А.С., Ефремова Е.В., Максимов Н.А., Панас А.И. – М.: Техносфера, 2012. – 424с.
2. X. Hu, C. Liu, L. Liu, J. Ni, S. Li. Multi-scroll hidden attractors in improved SprottA system / Nonlinear Dynamics, Vol. 86, No. 3, 2006, pp. 1725-1734.
3. Раунов Р.Р., Афанасьев В.В. Избирательное режектирование маскирующих псевдослучайных сигналов multi-scroll SprottA системы // Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций». – Самара: ООО "Артель", 2022. – с. 52-54.

2.3.1.

Р.Р. Ахтямов, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, zarim@rambler.ru

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СФЕРЫ ТОРГОВЛИ

В современном мире информационных технологий процесс цифровизации и автоматизации различных процессов стал неотъемлемой частью для всего бизнеса. В статье рассмотрен вопрос разработки базы данных для организации розничной сети. Разработка базы данных позволит магазину хранить большой объем информации для дальнейшего анализа и составления отчетных документов, повысить эффективность своей деятельности, улучшить управление запасами и снизить затраты на операционные процессы. Это позволит магазину адаптироваться к изменениям на рынке и быстро реагировать на потребности клиентов.

Ключевые слова: *автоматизация, база данных, СУБД, PostgreSQL, цифровизация, хранение информации, программное обеспечение.*

В розничной сети налажено множество бизнес-процессов, в которых участвуют люди разных должностей: от продавцов до менеджеров, принимающих ключевые решения для всей компании. Для контроля и автоматизации бизнеса на всех этапах в компании необходимо реализовать базу данных (БД) для CRM системы розничной сети. Данная разработка позволит структурированно хранить данные о пользователях, заказах, сотрудниках, товарах и информации о доставке. Разработка БД является актуальной, так как будет повышено качество сервиса хранения различных данных для составления отчетности и анализа деятельности [1]. В организации на текущий момент не реализована задача автоматизации процесса работы и хранения документов в существующей информационной системе. Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующих задач: функциональный анализ предметной области; детальное проектирование структуры БД для понимания принципов работы и внедрения БД; разработка SQL запросов программного обеспечения для корректного взаимодействия с базой данных и дальнейшей работы с ней на всех уровнях. В конечном результате после выполнения поставленных задач будут проанализированы решения, используемые в компании, позволяющие ей увеличивать свою прибыль за счет слаженных процессов [2]. Принятое решение о разработке модели базы данных позволит оптимизировать быстродействие систем так, чтобы разработчики могли напрямую взаимодействовать с разрабатываемым программным обеспечением (ПО). Разработанная база данных будет обеспечивать сокращение времени исполнения конкретных бизнес-задач, а использование ПО может быть осуществлено пользователем с минимальным уровнем подготовки.

Структура базы данных реализована как ER-диаграмма (рис. 1).

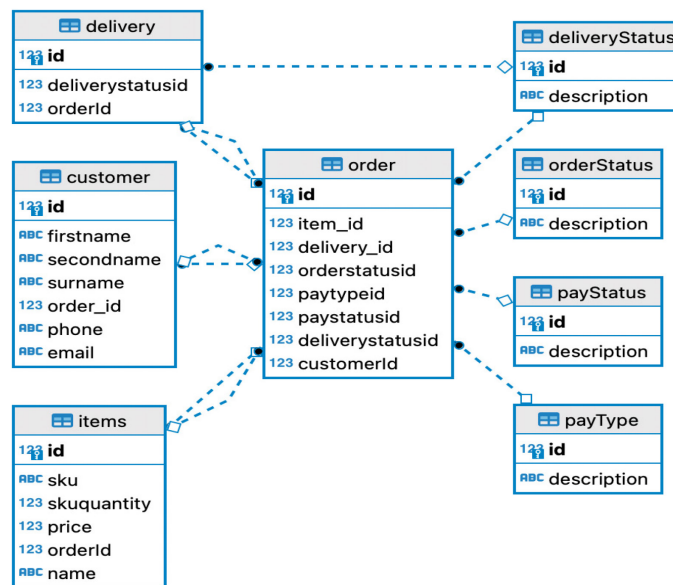


Рис. 1 – Структура базы данных на ER-диаграмме

Для проектирования информационной системы розничной сети были разработаны диаграммы организации процесса в формате UML-диаграмм. На рис. 2 показан бизнес-процесс регистрации на сайте fix-price.com.

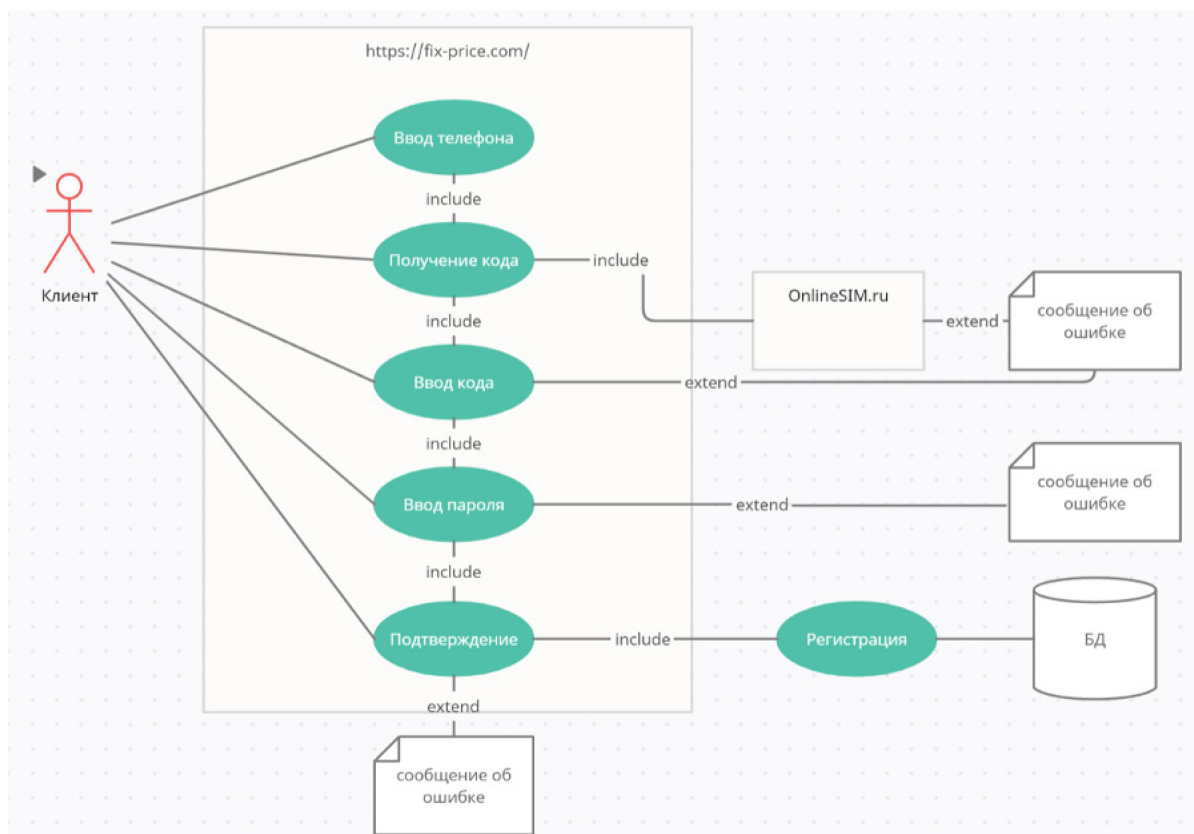


Рис. 2 – UML-диаграмма бизнес-процесса «Регистрация»

Построенная структура программных компонентов и интеграций с внешними сервисами показана на рис. 3.

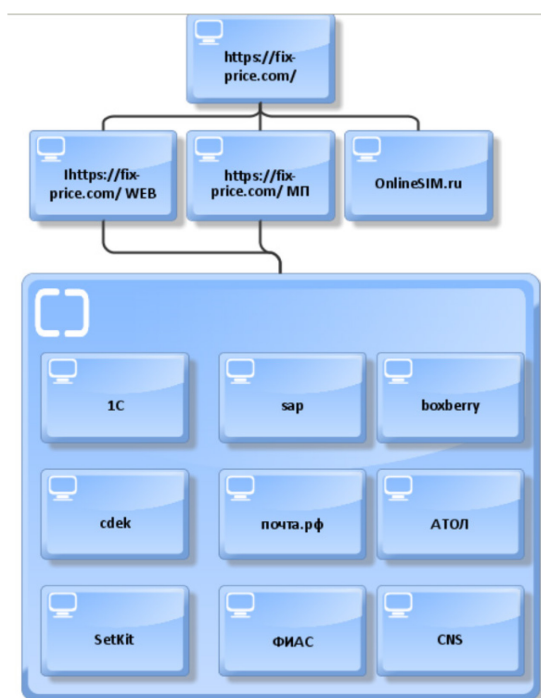


Рис. 3 – Схема интеграций с внешними сервисами

Уровни физического представления ПО показаны на рис. 4. Здесь видим уровень пользователя (консольное окно), где происходит ввод и вывод информации пользователю напрямую; уровень приложения (работа программы) отвечает за вычисления и обработку информации; уровень БД (файловая система) отвечает за сохранение и считывание сохраненной информации в файлах (текстовые файлы в корневом каталоге программы).

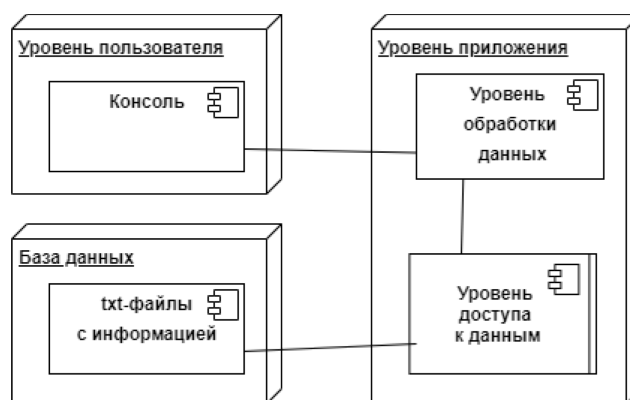


Рис. 4 – Физическое представление ПО

Так как БД в организации реализована через txt файлы, то необходимо оптимизировать и автоматизировать процессы так, чтобы можно было быстро и эффективно получать доступ к файлам из любой точки мира и можно было воспользоваться БД непосредственно из программного кода приложения. Для этого нужно реализовать реляционную БД в формате SQL.

Для разработки базы данных был выбран следующий стек:

1. PostgreSQL – популярная свободная объектно-реляционная СУБД, которая поддерживает многочисленные возможности.

2. Dbeaver – это бесплатная программа для работы с СУБД. С её помощью можно создавать новые БД, изменять и удалять данные в уже существующих, выполнять SQL-запросы. Dbeaver работает со множеством современных СУБД, например MySQL и PostgreSQL, поэтому инструмент популярен у разработчиков и аналитиков по всему миру [3]. Это ПО используется в разных областях, включая мобильную и веб-разработку, администрирование БД и бизнес-аналитику.

С использованием PostgreSQL была спроектирована база данных, программный код которой показан ниже:

```
create table customer (  
  id serial primary key,  
  firstName varchar(50) not null,  
  secondName varchar(50) not null,  
  surname varchar(50),  
  order_id integer references "order"(id),  
  phone varchar(20) not null,  
  email varchar(30) not null  
);  
create table delivery(  
  id serial primary key,  
  order_id integer references order(id),  
  deliveryStatusId integer references "deliveryStatus"(id)  
);  
create table items(  
  id serial primary key,  
  orderId integer references order(id),  
  sku varchar,  
  skuQuantity integer,  
  price float  
);  
create table "order" (  
  id serial primary key,  
  customer_id integer references customer(id),  
  item_id integer references items(id),  
  delivery_id integer references delivery(id),  
  orderStatusId integer references "orderStatus"(id),  
  payTypeId integer references "payType"(id),  
  payStatusId integer references "payStatus"(id),  
  deliveryStatusId integer references "deliveryStatus"(id)  
);
```

Таким образом разработанная БД позволяет обеспечить сокращение времени исполнения конкретных бизнес-задач. В ходе реализации БД удалось достигнуть оптимизации в быстродействии различных систем.

Список литературы

1. Емдиханов Р.А., Николаева С.Г. Основы правильного проектирования баз данных в веб-разработке / Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно-техническая конференция. Казань, 2023. С. 249-251.
2. Мустахитдинова Ю.А., Заринова Р.С. Особенности администрирования информационно-вычислительных систем / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 1 (23). С. 143-145.
3. Кадыров А.Ф., Николаева С.Г. Сравнительный анализ технологий проектирования баз данных / Формирование профессиональной направленности личности специалистов - путь к инновационному развитию России: сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 87-92.

2.3.1.

А.В. Волков канд. техн. наук, С.Л. Крылова, А.В. Марченко

Национальный исследовательский
Мордовский государственный Университет им. Н. П. Огарёва,
кафедра информационной безопасности и сервиса,
elsoldador@rambler.ru

**ОЦЕНКА РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ АДМИНИСТРАЦИИ СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ
НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

В статье разработана модель оценки рисков информационной безопасности в информационной системе администрации сельского поселения с использованием методов нечеткой логики. Исследование показало, что минимальные риски информационной безопасности наблюдаются, в ИС при стабильном функционировании механизмов обеспечения защиты на программно-техническом, административно-организационном и законодательно-правовом уровнях (значения лингвистических переменных ПТ, АО, ЗП не ниже 50). Это подчеркивает важность комплексного подхода к обеспечению защиты информации и ресурсов в исследуемой ГИС.

Ключевые слова: нечеткая логика, уровень защиты, информационная безопасность, информационные системы, анализ.

Введение. Управление рисками информационной безопасности (ИБ) включает в себя выявление потенциальных угроз, оценку вероятности их возникновения и воздействия на компоненты информационной системы (ИС) в целом. Основным этапом процесса управления рисками является их оценка (переоценка), т.е. определение их значений. Все известные методики оценки рисков можно разделить на 3 категории: качественные, использующие вербальные показатели оценки (низкий, средний, высокий); количественные, позволяющие оценить риск конкретным числовым значением (размер ущерба в денежных единицах); методики, использующие смешанные оценки [1].

Качественная оценка позволяет быстро и с минимальными затратами ресурсов определить максимально возможное количество факторов и областей, в которых возможно проявление рисков [2].

Статья описывает модель экспертной системы, использующей нечеткую логику, для оценки рисков ИБ в информационной системе администрации сельского поселения. Результаты исследования могут помочь выявить уязвимости в системе защиты информации и повысить ее надежность и устойчивость. ГИС администрации сельского поселения — это распределенная информационная система с выделенным сервером, подключенная к Интернету. Она построена на сервис-ориентированной архитектуре, а пользователи взаимодействуют с системой через веб-браузеры по открытым каналам связи.

Разработка нечеткой модели. Для качественного анализа информационных рисков (ИР) и последствий требуются специализированные знания и опыт разработчиков и экспертов. Многие аспекты безопасности, часто невозможные для количественной оценки, выражаются качественными показателями. Эксперты выражают свою оценку словесно, что может добавить субъективности. Автоматизация оценки рисков снижает субъективность, и поэтому использование экспертных систем, основанных на нечеткой логике, является разумным и обоснованным подходом для решения этой задачи информационной безопасности.

Для рассматриваемой ИС была разработана модель экспертной системы оценки ИР на основе технологии нечетких правил вывода с использованием лингвистических переменных (ЛП). В качестве входных ЛП модели были взяты показатели эффективности защиты информации в исследуемой ИС на трех уровнях обеспечения ИБ: ЗП – законодательно-правовой уровень защиты; АО – административно-организационный уровень защиты; ПТ – программно-технический уровень защиты.

Относительные (уровневые) значения данных показателей (в %) были получены в результате проведения аудита ИБ, рассматриваемой ГИС.

Выходной ЛП является уровень риска информационной безопасности ИС – ИБ. Было определено множество возможных значений ЛП по вербальной шкале:

- для входных ЛП АО и ЗП вводится терм-множество: НИЗКИЙ, СРЕДНИЙ, ВЫСОКИЙ;
- для ПТ — КРИТИЧЕСКИ НИЗКИЙ, НИЗКИЙ, СРЕДНИЙ, ДОСТАТОЧНЫЙ, ВЫСОКИЙ;
- терм-множество выходной ЛП ИБ описывает уровень ИР: ОТСУТСТВУЕТ, МАЛОВЕРОЯТНЫЙ, НИЗКИЙ, ВЫСОКИЙ, КРИТИЧЕСКИ ВЫСОКИЙ.

Для моделирования экспертной системы, автоматизирующей оценку рисков на основе показателей ИБ, использовалось программное средство Fuzzy Logic Toolbox, дополнение к пакету программ MATLAB для решения технических вычислений, предоставляющее инструменты для проектирования нечетких логических систем. При определении формы кривых функций принадлежности учитывался аспект некоторой субъективности мнений экспертов, поэтому они являются, в какой-то степени, приближенными. Для модели экспертной системы была определена нечеткая база знаний, представленная на рис. 1

```

1. If (ПТ is кр.низкий) and (ЗП is низкий) and (АО is низкий) then (ИБ is кр.высокий) (1)
2. If (ПТ is низкий) and (ЗП is низкий) and (АО is низкий) then (ИБ is кр.высокий) (1)
3. If (ПТ is средний) and (ЗП is средний) and (АО is средний) then (ИБ is маловероятный) (1)
4. If (ПТ is высокий) and (ЗП is средний) and (АО is низкий) then (ИБ is низкий) (1)
5. If (ПТ is высокий) and (ЗП is низкий) and (АО is низкий) then (ИБ is высокий) (1)
6. If (ПТ is средний) and (ЗП is высокий) and (АО is высокий) then (ИБ is высокий) (1)
7. If (ПТ is низкий) and (ЗП is средний) and (АО is средний) then (ИБ is высокий) (1)
8. If (ПТ is высокий) and (ЗП is низкий) and (АО is высокий) then (ИБ is высокий) (1)
9. If (ПТ is высокий) and (ЗП is высокий) and (АО is низкий) then (ИБ is высокий) (1)
10. If (ПТ is высокий) and (ЗП is низкий) and (АО is низкий) then (ИБ is маловероятный) (1)
11. If (ПТ is низкий) and (ЗП is высокий) and (АО is средний) then (ИБ is кр.высокий) (1)
12. If (ПТ is низкий) and (ЗП is высокий) and (АО is высокий) then (ИБ is высокий) (1)
13. If (ПТ is высокий) and (ЗП is низкий) and (АО is низкий) then (ИБ is маловероятный) (1)
14. If (ПТ is высокий) and (ЗП is средний) and (АО is низкий) then (ИБ is низкий) (1)
15. If (ПТ is средний) and (ЗП is низкий) and (АО is высокий) then (ИБ is отсутствует) (1)
16. If (ПТ is достаточный) and (ЗП is средний) and (АО is низкий) then (ИБ is маловероятный) (1)

```

Рис. 1 – Условия для лингвистических переменных в MATLAB

На практике выбор формы функций принадлежности зависит от вычислительной сложности. Треугольные и трапециевидные функции принадлежности широко распространены из-за их универсальности и низких требований к ресурсам при реализации.

Параметры входных функций принадлежности указаны на рис. 2

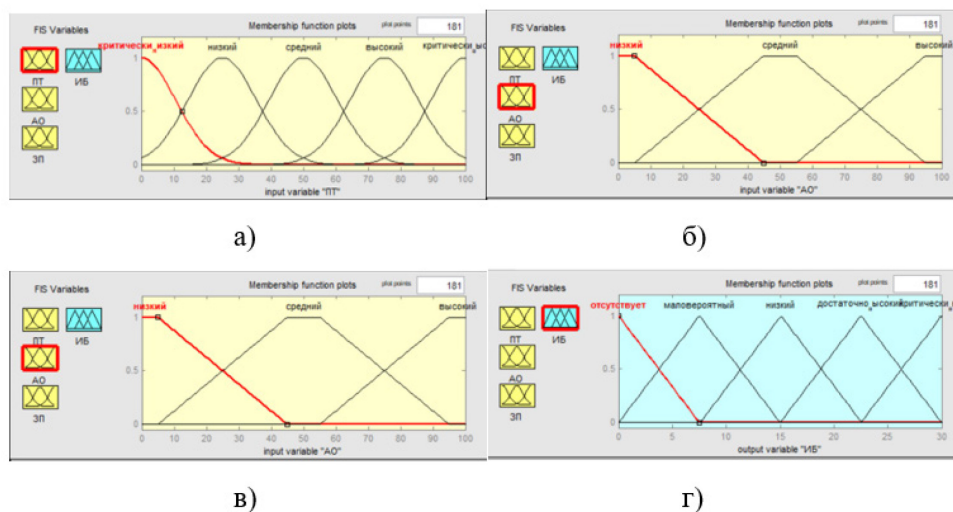


Рис. 2 – Параметры входных ЛП:

а) ПТ уровень защиты; б) АО уровень защиты; в) ЗП уровень защиты. Параметры выходной ЛП: г) оценка рисков ИБ при обслуживании ИС

На основании экспертных измерений были получены численные значения, рассчитанные по 100 балльной шкале (в %). Согласно выполненному расчету, уровень информационного риска (ИБ) в зависимости от параметров ПТ, АО, ЗП (при среднем уровне обеспечения безопасности) является НИЗКИМ – 10,2.

Для отслеживания динамики изменения уровня ИР на основании результатов экспертных исследований был проведен анализ зависимости уровня риска ИБ от двух показателей защищенности ИС на ПТ и ЗП уровнях защиты. Полученные данные сведены в таблицу 1:

Таблица 1 – Зависимости ПТ уровня защиты и ЗП уровня защиты

№	ПТ	ЗП	Уровень риска ИБ при обслуживании ИС
1	11,4	17,7	23,9
2	39,2	28,7	13,6
3	53,6	21,3	11,4
4	18,7	73,8	15,5
5	70,5	73,8	9,29
6	87,3	12,8	14,8
7	45,2	44,5	12,4

Результаты показывают, что при низких уровнях ПТ и ЗП защиты, уровень риска ИБ максимальный – 23,9%. Минимальный уровень риска выявляется при высоких значениях показателей защищенности на ЗП и ПТ уровнях защиты одновременно. Анализируя данные табл.1, можно сделать вывод, что уровень риска ИБ в исследуемой ИС практически в равной степени (с небольшим преобладанием ПТ) зависит от уровня защиты, обеспечиваемой законодательными и программно-техническими мерами в совокупности.

Аналогично был проведен сравнительный анализ зависимости уровня риска ИБ от двух показателей защищенности ИС на АО и ПТ. Полученные данные сведены в таблицу 2:

Таблица 2 – Зависимости ПТ уровня защиты и АО уровня защиты

№	ПТ	АО	Уровень риска ИБ при обслуживании ИС
1	50	50	9,12
2	17,2	20,1	22,5
3	41,2	23,8	13,7
4	28,3	38,4	19,6
5	65,7	72,6	14,7
6	88,6	23,8	22,4
7	12,7	86	22,4

На основе полученных данных выявлено, что минимальные значения риска ИБ соответствуют средним значениям уровней ПТ и АО защиты. При низких значениях показателей уровня защиты (ПТ и АО) уровень риска ИБ при обслуживании ИС имеет максимальное значение – 22,5% (табл. 2, строка 2). Повышенное значение уровня риска сохраняется в случаях, когда значение уровня одного показателя защищенности повышается, а другого понижается (табл. 2, строки 6,7). При высоких и средних значениях АО и ПТ показатель риска ИБ находится на низком уровне (табл. 2, строки 3,5). При снижении уровня защиты одновременно по двум направлениям наблюдается тенденция возрастания риска (табл. 2, строка 4).

Вывод. Анализ результатов применения модели экспертной системы показывает, что минимальные риски ИБ наблюдаются в ИС при стабильном функционировании механизмов обеспечения защиты на ПТ, АО и ЗП уровнях (значения ЛП ПТ, АО, ЗП не ниже 50) в совокупности, что подтверждает необходимость реализации комплексного подхода к обеспечению защиты информации и ресурсов в исследуемой ГИС.

Список литературы

1. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010:2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска.
2. Максименко В.Н., Ясюк Е.В. Основные подходы к анализу и оценке рисков информационной безопасности // Экономика и качество систем связи, 2017, - №2. - С. 42-48.
3. Белозерова Г.И. Нечеткая логика и нейронные сети : учебное пособие : в 2 частях / Г. И. Белозерова, Д. М. Скуднев, З. А. Кононова. — Липецк : Липецкий ГПУ, [б. г.]. — Часть 1 — 2017. — 64 с. — ISBN 978-5-88526-875-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111969> (дата обращения: 17.09.2023).

2.3.1.

¹И.Н. Галеня, ¹А.Н. Коркишко, ¹М.С. Кожухова,
¹В.С. Вишнеvский, ²Е.А. Басуматорова

¹Тюменский индустриальный университет,
кафедра базовая «Газпромнефть»,

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
инженерно-технологический институт,

кафедра энергообеспечения сельского хозяйства,

Тюмень, galenyaigor@mail.ru, alexandr.korkishko@mail.ru, kozhukhova_2000@inbox.ru,
vishnievskii01@mail.ru, basumatorovaea.21@mti.gausz.ru

ЕРС КОНТРАКТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день теме строительным проектам, реализуемые с использованием интегрированного контракта ЕРС. Целью нашего исследования является определить контрактную стратегию, то есть выбрать контрактную структуру (типы подрядчиков, разновидности, последовательность заключения и взаимосвязь контрактов), которая позволит реализовать проект в кратчайшие сроки, с соблюдением с наименьшими затратами и наиболее эффективным управлением рисками, которые могут быть использованы в нефтегазовых проектах ЕРС. В статье уточняются важность своевременного и комплексного анализа всех факторов при заключении ЕРС контрактов в строительстве. Также авторами рассматриваются основные типы договорной структуры проекта, его цели и задачи использования контрактов ЕРС при реализации крупных строительных проектов. Был проведен всесторонний обзор литературы для выявления рисков в проектах ЕРС. Для анализа и классификации этих рисков было использовано мнение экспертов.

Ключевые слова: *строительство, ЕРС, контракт, стратегия, подрядчики, затраты, объект, эксплуатация, договор, сроки, риск.*

Введение. Целью данной статьи является анализ факторов, влияющих на задержку исполнения ЕРС-контрактов в строительстве. Данные собраны из 65 старших специалистов по проектам. Исследование было сосредоточено на предварительном факторном анализе ключевых элементов. Учитывая мнения экспертов и исследования, существуют четыре ключевых элемента, препятствующих заключению контрактов ЕРС, а именно: неправильное планирование, отсутствие обязательств, влияние работодателя и внешняя неопределенность.

Разберем, что же такое ЕРС. ЕРС представляет собой английскую аббревиатуру слов engineering, procurement, construction (инжиниринг, поставки, строительство) и представляет собой так называемый договор «полного цикла» — подрядчик отвечает за проектирование, поставки, строительство, пуско-наладку и ввод объекта в эксплуатацию.

Важной частью контрактов является команда. Неотъемлемая ответственность интегрированной команды ЕРС естественным образом обеспечивает ценность, и заказчик получает продукт, который одновременно соответствует поставленной цели и обеспечивает максимальную отдачу от своих инвестиций [1].

Материалы и методы. При реализации инвестиционно-строительного проекта на ранней стадии важно помнить, что при оценке эффективности контракта стратегии, сроки, затраты и риски необходимо оценивать совместно, поскольку, например, более высокая стоимость строительства может быть с лихвой компенсирована более ранним вводом объекта в эксплуатацию и, как следствие, прибылью.

Можно выделить следующие основные типы договорной структуры проекта:

1. Заключение договоров с множеством отдельных подрядчиков и управление ими силами собственного внутреннего подразделения — то, что в России часто называется «строительство хозспособом», а на Западе — «multi lot» или «multi prime»;
2. Сооружение объекта на основе договора EPC;
3. Сооружение объекта на основе договора EPC(M) и прямых договоров с отдельными подрядчиками.

EPC-Подрядчик — это подрядчик, выступающий стороной интегрированного контракта EPC и обеспечивающий реализацию крупного строительного проекта в соответствии с его обязательствами, предусмотренными интегрированным контрактом EPC и законодательством РФ.

При определении контрактной стратегии проектов учитывается множество факторов: место расположения строительной площадки; особенности отрасли; вид строящегося объекта; источник финансирования (собственные средства инвестора, строительный займ, проектное финансирование и т.д.); тип строительства («гринфилд», «браунфилд», реконструкция, расширение, модернизация); конъюнктура на рынке подрядных услуг; соотношений компетенций заказчика и подрядчика в области управления строительством; характеристики потенциальных контрагентов.

Важность своевременного и комплексного анализа всех этих факторов сложно переоценить: например, в одном из случаев заказчик может осуществить реконструкцию и расширение электростанции с помощью крупного иностранного подрядчика на основе контракта и объявить соответствующий тендер, не произведя предварительного изучения рынка. Однако никто из желательных для заказчика подрядчиков на тендер не заявился — иностранные инжиниринговые компании рассматривают Россию как страну с повышенными рисками и неохотно контрактуются по модели EPC и, кроме того, крайне редко выбирают данную модель для проектов реконструкции или расширения (т.н. «браунфилд»)[2].

Формы контрактов EPC выбраны таким образом, чтобы реализовать неотъемлемые преимущества, предоставляемые интегрированной командой на протяжении всего жизненного цикла проекта - от разработки концепции до ввода в эксплуатацию. Устраняются традиционные барьеры между инженерными, закупочными и строительными подрядчиками (или их вариациями) и устраняется неэффективное разделение управленческих команд собственников, что позволяет быстро и эффективно принимать решения и получать одобрение. Такой подход направлен на достижение максимально эффективной организации доставки.

Риски, связанные с бюджетом, графиком и производительностью, передаются от владельца к EPC-подрядчику, что позволяет владельцу сосредоточиться на важнейшей задаче разработки своих бизнес-систем и процессов в рамках подготовки к эксплуатации своего актива.

Поскольку задачи проектов становятся все более сложными, владельцы могут передать риски компании, способной предоставить полный пакет ресурсов, продуктов, инноваций и управления. В дополнение к вышесказанному, владельцы обычно ожидают, что подрядчики обеспечат современную отраслевую эффективность, новейшие инструменты и практики, экспертизу в области трудовых отношений и управления рисками. Подход EPC позволяет управлять этими результатами в рамках одной согласованной команды[3].

Результаты исследования.

Первым шагом данного исследования был рассмотрен обширный обзор литературы с целью составления исчерпывающего перечня рисков и стратегий реагирования на них в EPC контрактах. Во-вторых, была рассмотрена всевозможная литература с опытными экспертами, участвующими в проектах EPC. В результате несколько выявленных рисков были определены как разовые, и лишь немногие из них были объединены в один. Кроме того, для определения надлежащих стратегий реагирования на повторяющиеся риски в ходе исследования с экспертами была обсуждена и оценена схема типичной контрактной реализации проекта, приведенная в литературе.

Как показывают результаты исследования контрактная стратегия реализации строительного проекта представляет собой подход к оформлению контрактных отношений, определяющий последовательность их возникновения, условия распределения функций, рисков и ответственности участников проекта, а также принципы их взаимодействия между собой[4].

Формирование контрактной стратегии реализации крупного строительного проекта с использованием интегрированного контракта ЕРС находится в зоне полномочий и ответственности Заказчика, структурирование соответствующего варианта зависит от степени вовлеченности ЕРС-Подрядчика в выполнение проекта рамках направлений Инжиниринг/Проектирование (Е – Engineering) Закупок/поставок МТО (Р – Procurement) и Строительства (С – Construction), включая пусконаладочные работы, ввод в эксплуатацию, гарантийные обязательства и пр.

Типичная структура взаимоотношений в рамках контрактной стратегии реализации крупного строительного проекта с использованием интегрированного контракта ЕРС предусматривает выстраивание Заказчиком отдельных взаимоотношений с консультантами, предоставляющими консультационные услуги по разным направлениям; владельцами соответствующих технологий – если применимо в конкретном проекте; проектировщиками Базового проекта и проектной документации – если это не входит в границы интегрированного контракта с ЕРС-Подрядчиком; производителями/поставщиками оборудования длительного цикла изготовления при контрактации ОДЦИ заказчиком; ЕРС-Подрядчиком, с которым заключается интегрированный контракт.

Схема типичной контрактной стратегии реализации крупного строительного проекта с использованием интегрированного контракта ЕРС представлена на рисунке 1.

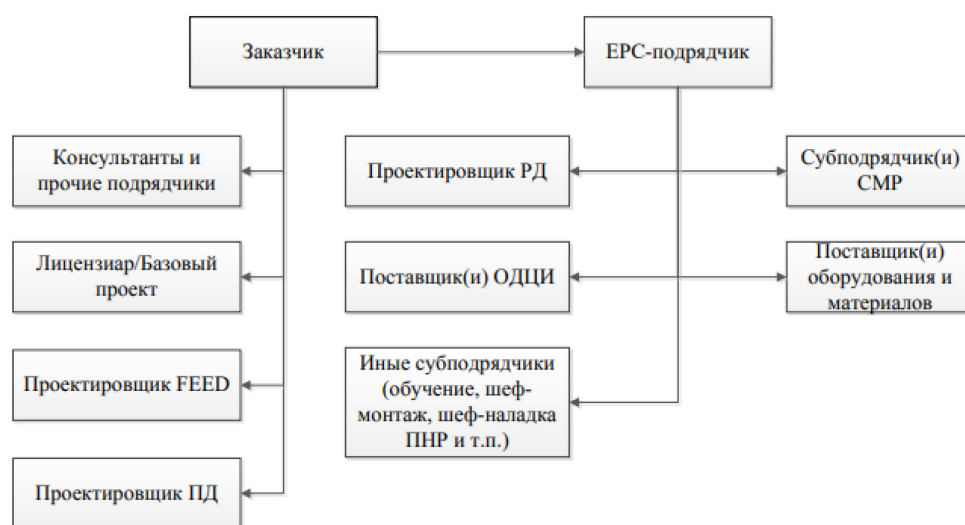


Рис. 1 - Типичная контрактная стратегия реализации крупного строительного проекта с использованием интегрированного контракта ЕРС

Также существует выбор исполнителя интегрированного контракта ЕРС. Процесс выбора Подрядчика интегрированного контракта ЕРС осуществляется в соответствии с положениями Гражданского кодекса РФ (Глава 28 «Заключение договоров», в т.ч. статьи 447. «Заключение договора на торгах» и 448. «Организация и порядок проведения торгов»).

Если Заказчик проекта является государственным или муниципальным Заказчиком, государственной корпорацией/компанией, субъектом естественных монополий и/или проект реализуется с использованием федеральных/ региональных/ муниципальных бюджетных средств, то процедуры выбора исполнителя интегрированного контракта ЕРС осуществляются в соответствии с требованиями Федерального закона от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и Федерального закона от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

Ключевые условия проекта интегрированного контракта ЕРС или проект контракта целесообразно включать в состав закупочной документации при проведении открытой или закрытой закупочной процедуры. Часть этих условий не будет меняться при обсуждении и заключении интегрированного контракта ЕРС, так как они считаются согласованными при проведении закупочных процедур[5].

Структура и содержание интегрированного контракта ЕРС применяется к строительству практически всех видов объектов промышленности/инфраструктуры и иных коммерческих объектов и существенно зависят от специфики проекта, при этом они не должны противоречить требованиям российского законодательства.

Существует *примерная* структура проекта ЕРС:

*Структура Плана реализации проекта
(рекомендательно, не ограничиваясь)*

- цели и задачи проекта;
- границы, содержание и ключевые показатели проекта;
- состав и основные принципы взаимодействия участников проекта;
- функционально-ролевая структура команды проекта;
- показатели эффективности проекта;
- утвержденные/базовые планы по срокам (календарный план с указанием ключевых вех), бюджету (бюджетный план с CBS проекта) и содержанию (WBS) проекта;
- требования к планированию/перепланированию проекта в ходе его реализации, включая формы/шаблоны отчетности по планированию проекта;
- требования к контролю реализации проекта и отчетности (регулярность, отчетные формы и методы и т.п.);
- требования к процедурам управления изменениями по проекту, в т.ч. документированию и контролю, а также распределение ответственности и полномочий между Заказчиком и ЕРС-Подрядчиком в отношении изменений;
- план управления рисками проекта, включая реестр рисков, планы мероприятий по снижению риска, формы отчетности и многое др.

В данной статье хотелось бы затронуть немного о закрытии интегрированных контрактов. Закрытие интегрированного контракта предполагает два этапа: закрытие после выполнения всех работ и иные мероприятия по строительному контракту.

Вывод. Процесс всего теоретического исследования привел к определению подходящих методов управления повторяющимися рисками в контрактах ЕРС. Данное исследование вносит свой вклад в накопление знаний, определяя практические меры реагирования на риски для каждой из группы рисков, которые могут быть полезны для проектов ЕРС в нефтегазовой отрасли. Как отмечалось в начале статьи, ЕРС означает инжиниринг, закупки и строительство, и для многих предприятий нефтегазовой отрасли и других отраслей это высокоэффективное готовое решение для вывода продукта на рынок. Из этой статьи можно увидеть, что в контракте, подобном контракту ЕРС, который предполагает более длительный срок исполнения, более высокий уровень сложности, множество переменных факторов и постоянно меняющиеся обстоятельства всегда найдут способ создать новые проблемы.

Список литературы

1. Федеральный закон от 18.07.2011 N 223-ФЗ О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц
2. Постановление Правительства РФ от 12 мая 2017 г. N 563 О порядке и об основаниях заключения контрактов, предметом которых является одновременно выполнение работ по проектированию, строительству и вводу в эксплуатацию объектов капитального строительства, и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации
3. СП 68.13330.2017 Свод правил. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения.
4. *Коркишко А.Н., Батырева О.Е.* Ценообразование при строительстве объектов по схеме ЕРС. В сборнике: Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности. Сборник научных статей III международной научной конференции. Волгоград, 2021. - С. 158-160.
5. *Дауметов Н.М., Коркишко А.Н.* Выбор генерального проектировщика и организация процесса работы над проектом. В сборнике: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов, посвященной 65-летию Тюменского индустриального университета. Отв. редактор А.Н. Халин. Тюмень, 2021. - С. 66-68.

2.3.1.

¹Г.А. Гареева канд. педагог. наук, ²Д.Р. Григорьева канд. педагог. наук,
¹Г.Н. Савинов, ¹В.Е. Потемкина

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра информационных систем,
Набережные Челны,
²Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Набережночелнинский институт,
кафедра экономики предприятий и организаций,
Набережные Челны,
gagareeva1977@mail.ru, d.r.grigoreva@mail.ru, warhammer1337@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В данной статье описывается процесс разработки компонента программного модуля, оптимизирующего обработку товарно-транспортных накладных и для повышения эффективности работы отдела логистики. Процесс разработки реализован в среде Microsoft Visual Studio.

Ключевые слова: *разработка, Visual Studio, автоматизация, логистика.*

Любая деятельность сотрудников, связанная с обработкой информации, представленной на бумажных носителях, сопровождается рядом трудностей, например, проблема хранения, проблема физического износа, проблема извлечения информации и т.д. [1].

Внедрение программных систем в деятельность подразделения позволяет повысить оперативность и достоверность получаемой информации, сократить время на текущий сбор и обработку информации, что приводит к освобождению рабочего времени рядовых сотрудников для более качественного и продуктивного выполнения своих функций [2].

Для снижения трудоемкости обработки транспортной документации, обеспечения возможности расчета отдельных показателей не вручную, а на основе ПК представлена разработка компонента программного продукта, оптимизирующего обработку товарно-транспортных накладных, повышающая эффективность работы отдела логистики. Выбранной средой разработки является Microsoft Visual Studio.

Рассмотрим разработку элементов программного продукта. Добавление и редактирование текстовых полей: 1) Выбирается инструмент TextBox, перемещается в нужное место на форме. 2) Заполнение TextBox. 3) Цвет окна формы. 4) Границы текстового поля TextBox. 5) Добавление и редактирование остальных текстовых полей по аналогии. 6) Добавление поля, в которые пользователь будет вводить информацию [3]. В итоге получается форма, которая изображена на рисунке 1.

Рис. 1 – Форма после добавления полей, заполняемых пользователем

Добавление таблиц в форму: 1) Добавление в форму элемента DataGridView. 2) Добавление остальных таблиц и столбцов в них по аналогии. 3) Добавление пустых строк в таблицы. Для добавления пустых строк используется строчка кода: `dataGridView1.Rows.Add(7);` В итоге получается форма, которая изображена на рисунке 2.

Рис. 2 – Форма после добавления пустых строк в таблицы

4) Столбцы таблицы с выбором из выпадающего списка. Нажимая ПКМ по DataGridView1, из контекстного меню выбирается пункт «правка столбцов», находится столбец «единица измерения», в параметре `ColumnType` выбирается тип `DataGridViewComboBoxColumn`, в параметре `Items` прописываются нужные для выпадающего списка.

Добавление кнопок для управления программой: 1) Создание кнопки для печати заполненной формы. Затем создаётся обработчик событий, прописывается для него код (рис. 3) [4].

```

ссылка: 1 | 0 изменений | 0 авторов, 0 изменений
private void PrintButton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    printButton.Visible = false;          /*делаем так, чтобы кнопки не отображались при печати, при нажатии соответствующей кнопки*/
    button1.Visible = false;
    button2.Visible = false;
    button3.Visible = false;
    Graphics g = this.CreateGraphics();    /*добавляет возможность создавать изображение для формы*/
    bmp = new Bitmap(this.Size.Width, this.Size.Height, g);          /*переменная для создания растрового изображения*/
    Graphics mg = Graphics.FromImage(bmp); /*создает растровое изображение элемента mg*/
    mg.CopyFromScreen(this.Location.X, this.Location.Y, 0, 0, this.Size); /*в элемент mg копируется изображение формы*/
    pageSetupDialog1.Document.DefaultPageSettings.Landscape = true; /*задается альбомная ориентация по умолчанию*/
    pageSetupDialog1.ShowDialog();      /*выводит меню настройки печати*/
    printPreviewDialog1.ShowDialog();    /*выводит превью печатаемой формы*/
}

```

Рис. 3 – Код для события при нажатии кнопки «Печать»

2) Создание кнопки для подсчёта общей суммы из таблицы. Добавляется новая кнопка button в форму, с названием «Подсчёт полной суммы». Создаётся обработчик событий для неё.

Для того чтобы записать формулу сложения нужно сначала создать переменные для каждой из величин. Создается переменная, которая будет отображать значение ячейки из столбца «Сумма, руб. коп» для этого прописывается: `object a = dataGridView1.Rows[0].Cells[10].Value;`

Далее добавляется переменная, которая будет отображать величину текстового поля «Наценка»: `object h = textBox103.Text;`

Те же действия для поля «Складские или транспортные расходы», указав его правильное имя из свойств. Далее необходимо сконвертировать эти переменные в числа: `int a_1 = Convert.ToInt32(a);`

Далее прописывается формула для подсчёта суммы переменных:

`int abc = a_1 + b_1 + c_1 + d_1 + e1_1 + f_1 + g_1 + h_1 + i_1;`

Необходимо прописать фрагмент для вывода результата в ячейку «Всего к оплате»: `textBox104.Text = abc.ToString();`

Код для обработчика кнопки подсчёта на рисунке 4.

```

ссылка: 1
private void Button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    object a = dataGridView1.Rows[0].Cells[10].Value; /*создание переменной, отображающей величину ячейки таблицы*/
    object b = dataGridView1.Rows[1].Cells[10].Value;
    object c = dataGridView1.Rows[2].Cells[10].Value;
    object d = dataGridView1.Rows[3].Cells[10].Value;
    object e1 = dataGridView1.Rows[4].Cells[10].Value;
    object f = dataGridView1.Rows[5].Cells[10].Value;
    object g = dataGridView1.Rows[6].Cells[10].Value;
    object h = textBox103.Text; /*создание переменной, отображающей величину текстового поля*/
    object i = textBox102.Text;
    int a_1 = Convert.ToInt32(a); /*конвертация переменных в целочисленные значения*/
    int b_1 = Convert.ToInt32(b);
    int c_1 = Convert.ToInt32(c);
    int d_1 = Convert.ToInt32(c);
    int e1_1 = Convert.ToInt32(c);
    int f_1 = Convert.ToInt32(c);
    int g_1 = Convert.ToInt32(c);
    int h_1 = Convert.ToInt32(c);
    int i_1 = Convert.ToInt32(c);
    int abc = a_1 + b_1 + c_1 + d_1 + e1_1 + f_1 + g_1 + h_1 + i_1; /*формула для подсчёта суммы переменных*/
    textBox104.Text = abc.ToString(); /*для вывода результата в определённую ячейку*/
}

```

Рис. 4 – Код обработчика кнопки подсчёта общей суммы

Далее совершенствуется код, чтобы в случае ввода неправильной переменной в ячейки, выводилось соответствующее окно с ошибкой и ячейки с введёнными неправильно переменными очищались. Для того чтобы это сделать используется оператор try-catch. В результате при запуске программы и вводе в одну из складываемых ячеек буквы вместо числа получается ошибка [5].

3) Создание кнопки «Сохранить», для сохранения введенных данных в текстовый файл. Добавляется элемент Button, присваивается имя «сохранить», создается обработчик событий при нажатии на эту кнопку.

4) Создание кнопки «Загрузить», для загрузки введенных данных из текстового файла. Создается метод Ext(), прописывается в него код, добавляется Button, редактируется название, создается обработчик и вызывается в нём метод Ext(). В итоге из текстового документа загружается информация в поля программы (рис. 5).

Form1

Печать Сохранить Загрузить

ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНАЯ НАКЛАДНАЯ 2782 (серия)

Грузоотправитель 3057 (Полное наименование организации, адрес, номер телефона)

Грузополучатель 6280 (Полное наименование организации, адрес, номер телефона)

Плательщик 1757 (Полное наименование организации, адрес, банковские реквизиты)

1. ТОВАРНЫЙ РАЗДЕЛ (заполняется грузоотправителем)

Код продукции (инвентарный номер)	Номер прекода и дополнения к нему	Артикул и номер по прекоду	Количество	Цена, руб. коп.	Наименование продукции, товара (груза), ТУ, марка, размер, сорт	Единица измерения	Вид упаковки	Количество мест	Масса, т.	Сумма, руб. коп.	Порядковый номер записи по складской картотеке (грузоотправителю, грузополучателю)
2388	334	8254	6889	4054	4436	шт.	коробка	3659	11953	19266	18956
6745	6148	6623	5591	5001	8447	упак.	мешок	2988	10736	17163	12396
5195	7252	8291	4003	1948	3955	кг.	паллет-борт	5654	19036	13261	16086
5128	2889	1814	986	4029	2491	тн.	мешок	6162	16332	11349	12098
3296	4474	9169	5467	1579	327	шт.	мешок	5543	12044	18699	16394
8726	8111	2242	4225	6368	2756	упак.	коробка	14930	16548	12217	16352
9499	4501	9888	9084	8862	3659	кг.	паллет-борт	17654	12107	12096	15123

Товарная накладная имеет продолжение на 19000 листах на бланках за № 18888 и содержит 19895 порядковых номеров записей

Всего наименований 10339 Масса груза (нетто) 16145 16272 т

Всего мест 15380 Масса груза (брутто) 11718 18338 т

Приложение (паспорта, сертификаты и т.п.) на 11191 листах 13913

Всего отпущено на сумму 18357 руб. 18072 коп.

Отпуск разрешил 17396 Главный (старший) бухгалтер (подпись) (расшифровка подписи)

Отпуск груза произвел 19314 (подпись) (расшифровка подписи)

М.П. « 30 » 10318 года

По доверенности № 402 от « 2 » 13413 14043 г. выданной 12183

Груз к перевозке принял 10059 (подпись) (расшифровка подписи)

(При личном приеме товара по количеству и ассортименту) 16256

Груз получил грузополучатель 16748 (подпись) (расшифровка подписи)

Наценка 17956

Складские или транспортные расходы 18706

Всего к оплате 140713

Подсчет полной суммы

Рис. 5 – Программа после загрузки данных из текстового файла

При использовании созданного программного продукта на предприятии оптимизируется работа отдела логистики из-за более быстрой и эффективной обработки товарно-транспортных накладных. Изменение обработки в направлении использования специально разработанной конфигурации, позволит облегчить практически все задачи, решаемые в обработке транспортной документации.

Список литературы

1. Голицына О.Л. Основы алгоритмизации и программирования [Электронный ресурс]: Учебное пособие / О.Л. Голицына, И.И. Попов. - М.: Форум, 2013. - 205 с.
2. Круз Р.Л. Структуры данных и проектирование программ [Электронный ресурс] / Р. Л. Круз. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 765 с.
3. Медведкова И.Е. Базы данных. [Электронный ресурс] / И.Е. Медведкова, Ю.В. Бугаев, С.В. Чикунов. — Электрон. дан. — Воронеж: ВГУИТ, 2014. — 108 с.
4. Стащук П.В. Краткое введение в операционные системы. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: ФЛИНТА, 2014. — 124 с.
5. Тарасов С.В. СУБД для программиста. Базы данных изнутри [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: СОЛОН-Пресс, 2015. — 320 с.

2.3.1.

Д.С. Горбатенко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, mai_kaf604@mail.ru

**ПРОФИЛАКТИКА НАЕЗДОВ НА ПРЕПЯТСТВИЯ
НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ**

В статье рассматривается проблематика профилактики наездов на препятствия на улицах и автомобильных дорогах. Проведен анализ основных причин наездов на препятствия. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике наездов на препятствия.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, наезд на препятствие, улично-дорожная сеть, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) заключается в создании условий, препятствующих возникновению таких событий, как дорожно-транспортные происшествия (ДТП), а также снижения тяжести их последствий [1].

Наезд на препятствие является самостоятельным видом ДТП, при котором механическое транспортное средство наехало или ударились о неподвижный предмет (опора моста, столб, дерево, ограждение и т.п.).

Характеристика любого ДТП, в том числе наезда на препятствие, включает в себя совокупность общих, частных и индивидуальных взаимообусловленных черт, проявляющихся преимущественно в механизме преступления [1].

Рассмотрим структуру наездов на препятствия, произошедших на улично-дорожной сети (УДС) Московской области за 2018-22 гг. [2].

Доля наездов на препятствия в общей дорожно-транспортной аварийности в среднем составляет 8-10 %, и проблема нуждается в профилактике.

На федеральных автомобильных дорогах происходило в среднем 65 % наездов, в среднем 10 % - на улицах городов.

В среднем в 75 % случаев фиксировалось отсутствие недостатков транспортно-эксплуатационного состояния дорог, в тех же случаях, когда недостатки фиксировались, самыми распространенными являлась фиксация отсутствия или плохой различимости дорожной разметки (в среднем 35%), недостатков зимнего содержания (в среднем 30 %), отсутствия или неправильного применения дорожных знаков (в среднем 25 %), и отсутствия или недостатков искусственного освещения проезжей части (в среднем 20 % случаев). В среднем 70 % наездов происходило на перегонах, в среднем 12 % наездов происходило на перекрестках, в среднем 10 % происходило во внутриворотовых территориях, на автостоянках, на автозаправочных станциях (АЗС), на территориях гаражных построек и прочих подобных местах, и в среднем 4 % наездов происходило на пешеходных переходах.

Отсутствие в непосредственной близости от места ДТП каких-либо объектов притяжения фиксировалось в среднем в 50 % наездов, в среднем в 15 % наездов вблизи места ДТП были оборудованы пешеходные переходы, в среднем в 10 % случаев вблизи располагались объекты торговли, в среднем в 8 % случаев – АЗС, в среднем в 7 % случаев – перекрестки, в среднем в 5 % случаев рядом располагались производственные предприятия, и в среднем в 4 % случаев вблизи места ДТП находились кладбища и объекты религиозного культа.

Отсутствие факторов, влияющих на режим движения, фиксировалось в среднем в 70 % наездов, в среднем в 20 % наездов место ДТП контролировалось стационарными камерами автоматической фотовидеофиксации нарушений ПДД, а в среднем в 10 % наездов в месте ДТП проводились дорожные работы.

В среднем в 60 % случаев наезды происходили при сухом состоянии проезжей части. В среднем в половине случаев наезды происходили при ясной погоде, в среднем 35 % наездов происходили при пасмурной погоде, в среднем 20 % наездов происходили в условиях дождя и снегопада. В светлое время суток происходило в среднем 60 % наездов, в темное время суток при включенном освещении происходило в среднем 30 % наездов. Подавляющее большинство наездов (в среднем 95 %) происходили на прямолинейных и горизонтальных участках УДС.

В среднем 85 % наездов происходили в местах УДС, в которых имелась разделительная полоса с барьером в виде железобетонной или металлической конструкций, грунтового покрытия, тросового ограждения, наливных блоков и т.п. Все наезды происходили на местах УДС с асфальтобетонным покрытием.

Среди водителей транспортных средств (ТС), совершивших наезды на препятствия, в среднем 85 % нарушали требования правил дорожного движения (ПДД), среди них самым распространенным нарушением ПДД явилось несоответствие выбранной скорости конкретным условиям движения и превышение установленной скорости движения (в среднем 90 %). Сопутствующими нарушениями ПДД в среднем у 25 % нарушивших ПДД водителей явились управление ТС в алкогольном или наркотическом опьянении, в среднем у 10 % водителей нарушение режима труда и отдыха, и в среднем у 5 % водителей пользование мобильной связью. Среди нарушивших ПДД водителей в среднем 80 % мужчины, в возрастных группах 18-29 лет и 30-39 лет находилось в среднем по 30 % водителей, в возрасте 40-49 лет в среднем 20% водителей, в возрасте 60 лет и старше в среднем 10 % водителей, в возрастных группах до 18 лет и 50-59 лет в среднем по 4 % и по 6 % водителей соответственно. Среди нарушивших ПДД водителей в среднем 60 % имели водительский стаж свыше 10 лет, в среднем 20 % водителей имели стаж от 3 до 10 лет, и в среднем 10 % имели водительский стаж до 3 лет. В среднем 10 % водителей, помимо нарушения ПДД, не имели либо права на управление ТС, либо соответствующей категории на управление ТС данного вида. Среди нарушивших ПДД водителей в среднем 85 % являлись гражданами России. Среди граждан России в среднем половина являлась жителями Московского региона (г. Москва и Московская область). Среди ТС, водители которых нарушили ПДД и совершили наезды на препятствия, чаще всего (в среднем в 70 % случаев) фигурировали легковые ТС, в среднем в 15 % случаев – мототранспорт, в среднем в 10 % случаев фигурировал грузовой автотранспорт. В среднем в 80 % случаев ТС принадлежали физическим лицам.

Анализ структуры наездов на препятствия на УДС Московской области за последние 5 лет [2] позволил сделать следующие выводы.

1. Наезды, в основном, совершались на разделительные или дорожные ограждения.
2. Водители, совершавшие наезд, как правило, выбирали скоростной режим не соответствующий либо требованиям ПДД, либо конкретным условиям движения, либо собственному физическому состоянию.
3. В структуре наездов на препятствие велика доля участия иногороднего автотранспорта (т.н. «дальнобойщики»).

Основными субъективными и объективными причинами совершения водителями наездов на препятствия могут являться следующие:

- нарушения водителями требований ПДД, в первую очередь выбора скоростного режима;
- недостаточная квалификация водителей, выражающаяся в выборе скоростного режима, явно не соответствующего их водительскому опыту и восприятию условий движения

- нетрезвое состояние водителя, несоблюдение требований режим труда и отдыха, переутомление или сон за рулем, использование мобильной связи, громкое аудиовоспроизведение в салоне, курение за рулем или прием пищи, простая невнимательность;

- отсутствие (или несоответствующее требованиям) обозначения и освещения временных технических средств организации движения (ТСОД);

- сложные погодные условия;

- техническая неисправность ТС.

Следовательно, основными направлениями профилактики наездов на препятствия должны быть следующие:

- контроль за соблюдением водителями требований ПДД;

- контроль за работой ТСОД в местах производства дорожных работ;

- информирование о приближении к аварийно опасным местам, внедрение средств принудительного снижения скорости в аварийно опасных местах;

- пропаганда БДД.

Весомую роль в предупреждении ДТП играет неукоснительное соблюдение ПДД. Обеспечение соблюдения участниками движения требований ПДД осуществляется средствами надзора и контроля за движением. Инструментами (средствами) надзора и контроля за движением являются дорожно-патрульная служба (ДПС), автоматическая фотовидеофиксация нарушений ПДД, административная ответственность за нарушение ПДД.

Функции надзора и контроля за движением, естественно, не могут эффективно осуществляться без соответствующего уровня административной ответственности за нарушение ПДД, который должен состоять не только из высоких денежных сумм, но и обеспечиваться надежной системой неотвратимости наказания (например, задержание водительского удостоверения до исполнения, ограничение или запрет выполнения каких-либо действий до исполнения, ограничение пользования имуществом до исполнения и т.п.).

Контроль за работой ТСОД в местах производства дорожных работ может осуществляться посредством внедрения системы видеонаблюдения за проведением и организацией дорожных работ, доступной не только руководству (заказчику) работ, но и контролирующим организациям [3].

Необходимо расширение сети медицинских пунктов, имеющих возможность осуществлять освидетельствование водителей на алкогольное или наркотическое опьянение (в том числе передвижных). Это даст возможность минимизировать время доставки водителя, имеющего признаки опьянения, к месту проведения освидетельствования.

Предлагаемый набор профилактических мероприятий способен минимизировать вероятность совершения наездов на препятствия на улицах и автомобильных дорогах.

Обеспечение безопасности движения является важной общественной задачей, в ее решение должны быть активно включены (и нести свою солидарную ответственность) администрации субъектов РФ, муниципальных образований, владельцы автомобильных дорог.

Список литературы

1. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. М. Транспорт, 2008, 106 с.
2. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2018-22.
3. Горбатенко Д.С. Обеспечение безопасности движения в местах производства дорожных работ. Казань, журнал «Научно-технический вестник Поволжья», выпуск № 6, 2020 г., с. 13-15.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²И.В. Журавлева, ³Ю.В. Скибин, ⁴И.А. Поскряков¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,²Филиал ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, кафедра «Социально-гуманитарные, естественно-научные и общепрофессиональные дисциплины», Воронеж,³ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», кафедра «Цифровые технологии», Самара,⁴ФГАОУ ВО "Российский университет транспорта", кафедра «Экономика и управление на транспорте», Москва,
alzolkina@list.ru, IWZhyravleva@mail.ru, skibin_y@mail.ru, i.poskryakov@miit-ief.ru**ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ
С ПОМОЩЬЮ ВНЕДРЕНИЯ СЛОЖНЫХ АЛГОРИТМОВ**

В данной работе авторами рассмотрен вопрос проблематики оптимизации движения электропоездов в условиях мультиколлинеарности, когда несколько поездов движутся между собой и взаимодействуют, что приводит к сложным взаимосвязям и ограничениям в управлении. Для решения этой проблемы предложен векторно-ориентированный подход с использованием генетических алгоритмов. Векторно-ориентированный подход позволяет учитывать несколько целей и ограничений одновременно, формируя множество компромиссных решений, которые образуют фронт Парето. Оптимизация движения электропоездов – это многокритериальная задача, где находится множество оптимальных решений, а не одно единственное решение. При выборе оптимального решения следует учитывать компромисс между различными целями и ограничениями, чтобы найти баланс между экономической эффективностью, безопасностью и пунктуальностью движения. Это позволяет искать оптимальные маршруты и параметры движения для каждого поезда, учитывая различные цели, такие как минимизация времени задержек, энергопотребления, предотвращение столкновений и соблюдение расписания. Для реализации данного подхода, предложен генетический алгоритм, который основан на идеях естественного отбора и мутации. Генетический алгоритм позволяет исследовать пространство параметров и находить оптимальные решения для задачи оптимизации движения электропоездов. В работе использован метод минимакса для интеграции различных оптимизационных составляющих и достижения компромиссного решения. Задача оптимизации движения электропоездов имеет большую практическую значимость, так как улучшение управления движением может привести к снижению энергопотребления, сокращению времени задержек, повышению безопасности и эффективности использования железнодорожной инфраструктуры. Однако следует отметить, что при реализации и настройке алгоритма требуется учитывать особенности конкретной системы управления электропоездами, а также возможные ограничения и требования. В целом, векторно-ориентированный подход с использованием генетических алгоритмов представляет собой мощный инструмент для оптимизации движения электропоездов и может быть применен для решения различных задач предиктивной аналитики в железнодорожной индустрии.

Ключевые слова: оптимизация, движение, электропоезд, мультиколлинеарность, векторно-ориентированный, генетический алгоритм, предиктивная аналитика, математическая модель, управление, многокритериальная оптимизация, минимакс, фронт Парето.

В современном мире стремительного развития технологий общественный транспорт играет важнейшую роль в обеспечении комфортной и эффективной мобильности миллионов людей. Электропоезда, как одно из наиболее экологически чистых и эффективных средств общественного транспорта, приобретают все большую популярность во многих странах мира. Однако с увеличением объемов перевозок и ростом пассажиропотоков возникает необходимость в постоянном совершенствовании систем управления движением электропоездов для обеспечения оптимальной производительности и повышения эффективности использования ресурсов [1,2].

Проблематика решения задачи оптимизации движения электропоездов, находящихся между собой во взаимосвязи, представляет собой достаточно сложную задачу, с которой сталкиваются операторы железнодорожного транспорта и исследователи, стремящиеся улучшить эффективность и производительность систем управления этим видом общественного транспорта. Мультиколлинеарность возникает, когда движение двух или более электропоездов сильно зависит друг от друга, что может привести к пересечениям маршрутов, задержкам и неправильному распределению ресурсов. Важно отметить, что эта проблема становится особенно актуальной в условиях высокой интенсивности движения и больших объемов пассажиропотоков. При высокой плотности движения электропоездов возникает необходимость эффективного распределения ресурсов, таких как время, пропускная способность и энергия, чтобы минимизировать задержки и снизить вероятность столкновений. Если маршруты электропоездов пересекаются или идентичны, это может привести к конфликтам и ограничениям в движении, что снижает общую производительность системы [3]. Некорректное управление может привести к повышенному расходу энергии из-за повторных проходов одного и того же участка маршрута или неоптимального использования режимов работы поездов.

Методы исследования. Система управления движением электропоездов должна быть способна быстро адаптироваться к изменениям пассажиропотоков, погодным условиям и другим факторам, которые могут повлиять на оптимальность маршрутов и расписаний. Векторно-ориентированный аспект предполагает учет направления движения и скорости каждого поезда, что создает дополнительные сложности в планировании оптимальных маршрутов и управлении движением. Однако, учет векторного направления и скорости движения каждого поезда требует выполнения сложных вычислений и обработки большого объема данных. Это может привести к увеличению времени выполнения алгоритмов и затратам на вычислительные ресурсы. Данный алгоритм более чувствителен к небольшим изменениям в параметрах движения поездов, так как они могут существенно повлиять на планирование маршрутов и координацию движения [4].

Данный подход требует постоянного обновления информации о движении поездов и адаптации к изменяющимся условиям, таким как пассажиропотоки, погодные условия и технические неисправности, и в случае возникновения чрезвычайных ситуаций или аварий, векторно-ориентированный аспект может потребовать экстремального управления для предотвращения возможных столкновений и минимизации ущерба [5].

Результаты исследования. Рассмотрим городскую железнодорожную систему в мегаполисе с населением более 10 миллионов человек. В системе обслуживается значительное количество поездов, которые обеспечивают транспортные потребности огромного числа пассажиров.

На станции, являющейся главным транспортным узлом, одновременно находится N электропоездов.

Исходные данные:

N – количество электропоездов на станции.

Маршрутные карты – уникальные маршрутные карты для каждого поезда с последовательностью станций и параметрами движения (скорость, время остановки и т.д.).

Целью исследования является разработка и оптимизация математической модели управления мультиколлинеарным движением электропоездов на городской

железнодорожной системе с использованием генетического алгоритма и векторно-ориентированного аспекта.

Начальные условия: текущее положение, скорость и направление движения каждого поезда (рис. 1).

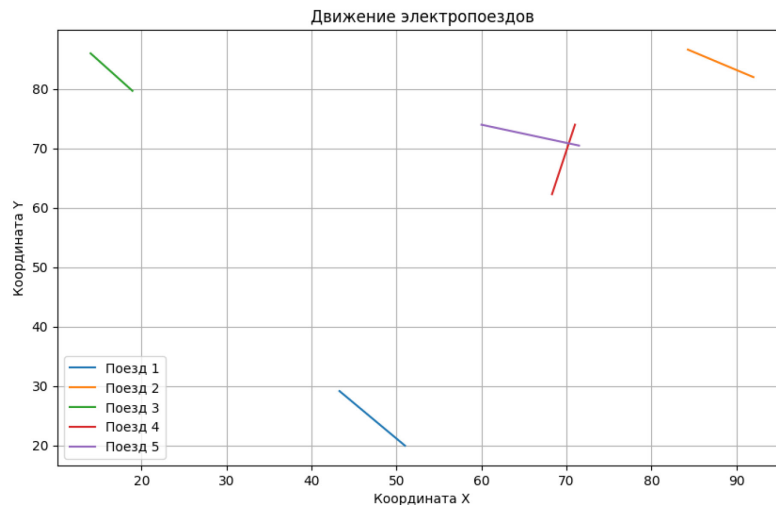


Рис.1 – Схема произвольного движения мультиколлинеарных электропоездов на городской железнодорожной системе

Каждый электропоезд имеет свою уникальную маршрутную карту с несколькими десятками остановок. Все поезда имеют разное расписание и различные скорости движения в разных участках маршрута. Система предполагает, что каждый поезд может менять свой маршрут и скорость в реальном времени, основываясь на текущей загруженности, пассажиропотоке и условиях движения.

Комплексность системы также состоит в том, что у каждого электропоезда есть несколько режимов работы, включая стандартный режим, экономичный режим и аварийные режимы [6].

Каждый режим обладает своими уникальными параметрами движения, включая максимальную скорость, энергопотребление и возможность выполнения особых маневров.

Опишем параметры и законы их изменения в единой системе формул для каждого электропоезда i . Охарактеризуем максимальную скорость для поезда i как V_{\max_i} . Обозначим энергопотребление для поезда i при скорости V_i и маневре M_i как $E_i(V_i, M_i)$. Это функция, зависящая от скорости движения и возможности выполнения маневров.

Детерминируем возможность выполнения особых маневров для поезда i как M_i , где $M_i = 1$, если поезд может выполнять особые маневры, и $M_i = 0$, если не может.

Теперь опишем законы изменения параметров для каждого поезда. Закон изменения скорости:

пусть $f_speed_i(t)$ – функция, определяющая изменение скорости для поезда i в момент времени t . Тогда скорость поезда i на временном шаге t может быть выражена как (1):

$$V_i(t) = V_i(t-1) + f_speed_i(t), \quad (1)$$

где $V_i(t-1)$ – скорость поезда i на предыдущем временном шаге.

Закон изменения энергопотребления (Energy Consumption Law):

пусть $f_energy_i(V_i, M_i)$ – функция, определяющая энергопотребление для поезда i при скорости V_i и маневре M_i . Тогда энергопотребление для поезда i на временном шаге t может быть выражено как (2):

$$E_i(t) = f_energy_i(V_i(t), M_i), \quad (2)$$

Возможность выполнения особых маневров для поезда i остается неизменной на всех временных шагах, поэтому:

$M_i(t) = M_i$, где M_i – константа для каждого поезда i (1, если поезд может выполнять особые маневры, и 0, если не может).

Используя эти законы изменения параметров, можем включить их в математическую

модель управления мультиколлинеарным движением электропоездов с использованием генетического алгоритма и векторно-ориентированного аспекта. Эти формулы позволят нам управлять каждым электропоездом индивидуально и оптимизировать их движение в различных режимах и условиях.

Асинхронность системы состоит в том, что каждый электропоезд может в любой момент времени входить или выходить из системы, а также изменять свою скорость и маршрут. Это создает динамические условия движения, которые требуют гибкого и адаптивного управления. Управление системой в таких ситуациях должно быть чрезвычайно эффективным, чтобы предотвратить столкновения и обеспечить безопасное движение поездов [9,10].

Для решения всех этих сложных проблем и оптимизации движения электропоездов в мультиколлинеарных условиях, система применяет векторно-ориентированный аспект, где каждый поезд представляется вектором состояния с учетом текущего положения, скорости и направления движения [7].

Методы решения. Для решения задачи оптимизации движения мультиколлинеарных электропоездов в городской железнодорожной системе с использованием генетического алгоритма и векторно-ориентированного аспекта можно применить следующие методы. Генетический алгоритм является эволюционным методом оптимизации, вдохновленным процессами естественного отбора в природе.

Для формализации и оптимизации задачи движения электропоездов, будем применять методы математической оптимизации, такие как линейное программирование. Для математического описания задачи оптимизации движения мультиколлинеарных электропоездов в городской железнодорожной системе, используя метод линейного программирования (ЛП), определим переменные, целевую функцию и ограничения.

Пусть имеется N электропоездов, обозначим переменные следующим образом:

T_i – время задержек для электропоезда i (время нахождения поезда в режиме ожидания или задержки на станции);

E_i – Энергопотребление для электропоезда i ;

$V_i(t)$ – Скорость электропоезда i на временном шаге t .

Целевая функция F состоит из двух частей: суммы времени задержек для всех поездов и суммы энергопотребления для каждого поезда (3):

$$F = \sum(T_i) + \sum(E_i), \quad (3)$$

Может быть несколько ограничений, например:

ограничения на скорость движения:

$V_i(t) \leq V_{\max_i}$, где V_{\max_i} – максимальная скорость для электропоезда i .

Ограничения на безопасное расстояние – расстояние между двумя поездами должно быть больше определенного безопасного минимального расстояния, чтобы предотвратить столкновения.

$E_i = f_{\text{energy}_i}(V_i(t), M_i)$, где f_{energy_i} – функция энергопотребления для поезда i в зависимости от скорости и маневров.

Ограничения на вместимость станций и перегонов – общее количество поездов на станции или перегоне не должно превышать их вместимость.

В функциональных ограничениях можно определить законы изменения скорости и маневров для каждого электропоезда, учитывая его текущее состояние, цели движения и ограничения системы. Например, это могут быть уравнения, определяющие изменение скорости и возможность маневрирования в зависимости от текущего времени и местоположения.

Целью линейного программирования будет минимизация значения целевой функции F , с учетом всех ограничений на скорость, энергопотребления, безопасности и вместимости станций и перегонов.

Для внедрения генетического алгоритма в систему предиктивной аналитики и определения оптимальных маршрутов и параметров движения для каждого поезда в

динамических условиях, можем использовать следующий подход.

Введем генетический код (генотип) для каждого электропоезда, который будет представлять параметры движения, такие как скорость, время ожидания, маневры и другие свойства, которые могут быть оптимизированы.

Пусть каждый электропоезд имеет свой генотип G_i , который представляет набор параметров движения.

Скорость движения на участках маршрута: $V_i(t)$, где i – номер поезда, t – временной шаг.

Время ожидания на станциях: W_i , где i – номер поезда.

Маневры и действия: A_i , где i – номер поезда (например, 1 – торможение, 2 – разгон, 3 – поворот и т.д.).

Функция приспособленности будет определять, насколько хорошо каждый генотип соответствует целевым критериям оптимизации. Предположим, что целью является минимизация времени задержек и энергопотребления, а также оптимальное использование инфраструктуры. Тогда функция приспособленности $F(G_i)$ может быть задана как:

$$F(G_i) = \alpha * Delay_i + \beta * Energy_i + \gamma * Infrastructure_i, \quad (4)$$

Где:

$Delay_i$ – общее время задержек для поезда i .

$Energy_i$ – общее энергопотребление для поезда i .

$Infrastructure_i$ – показатель эффективности использования инфраструктуры для поезда i .

Параметры α , β и γ являются коэффициентами веса, которые позволяют балансировать важность каждого критерия оптимизации в функции приспособленности.

Генетический алгоритм будет эволюционировать популяцию генотипов G_i , применяя генетические операторы, и выбирать лучшие генотипы на основе функции приспособленности $F(G_i)$.

Например, генотип может состоять из последовательности скоростей и временных интервалов для каждого участка маршрута.

Функция приспособленности определяет, насколько хорошо каждый генотип соответствует целевым критериям оптимизации. В данном случае, это может быть комбинация времени задержек, энергопотребления и других факторов, которые нужно минимизировать или максимизировать. Чем лучше генотип соответствует целевой функции, тем выше его приспособленность.

Далее представим характеристики генетических операторов для заданной системы оптимизации движения электропоездов с использованием генетического алгоритма. Для интеграции минимизации и максимизации различных оптимизационных составляющих, которые были определены ранее, можно использовать подход, основанный на многокритериальной оптимизации [8,11,12,13]. Один из популярных подходов – метод минимакса, который позволяет находить компромиссное решение между минимизацией и максимизацией целевых функций.

Для применения метода минимакса, необходимо определить новую функцию приспособленности, которая учитывает несколько целевых функций и соответствующие им весовые коэффициенты. Будем искать оптимальное решение, которое минимизирует максимальное значение всех целевых функций.

Пусть имеется k оптимизационных составляющих (например, времени задержек, энергопотребления и другие), и функция приспособленности $F(G_i)$ определена как:

$$F(G_i) = w_1 * f_1(G_i) + w_2 * f_2(G_i) + \dots + w_k * f_k(G_i), \quad (5)$$

где: w_1, w_2, \dots, w_k – весовые коэффициенты для каждой оптимизационной составляющей (задаются экспертно или с помощью других методов);

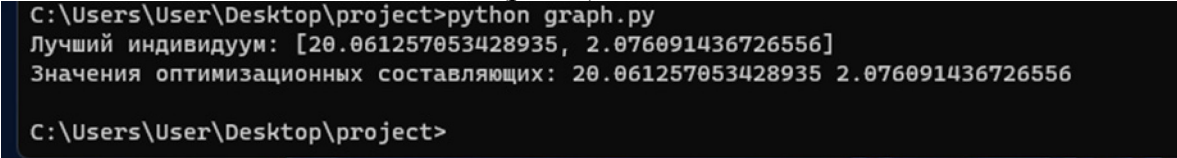
$f_1(G_i), f_2(G_i), \dots, f_k(G_i)$ – значения оптимизационных составляющих для генотипа G_i .

Фактические данные. Теперь, вместо простого минимума функции приспособленности, будем искать генотип G_i , который минимизирует максимальное значение суммы взвешенных оптимизационных составляющих. Генетический алгоритм внедряется в систему

предиктивной аналитики, чтобы найти оптимальные параметры движения для каждого поезда в динамических условиях.

Для реализации поиска генотипа, который минимизирует максимальное значение суммы взвешенных оптимизационных составляющих, можно использовать метод минимакса с помощью библиотеки DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python).

Для упрощения, допустим, что имеется две оптимизационных составляющих (f_1 и f_2) и соответствующие им весовые коэффициенты (w_1 и w_2). Далее необходимо минимизировать максимальное значение $f_1 * w_1 + f_2 * w_2$ (рис. 2).



```
C:\Users\User\Desktop\project>python graph.py
Лучший индивидум: [20.061257053428935, 2.076091436726556]
Значения оптимизационных составляющих: 20.061257053428935 2.076091436726556

C:\Users\User\Desktop\project>
```

Рис. 2 – Результат работы алгоритма

Алгоритм успешно нашел лучший индивидум (рис. 2) с оптимальными значениями оптимизационных составляющих. Значение первой оптимизационной составляющей составляет примерно 20.06, а значение второй оптимизационной составляющей равно примерно 2.08.

Эти оптимальные значения представляют компромиссное решение между различными целями, заданными в функции приспособленности, и могут использоваться для управления движением электропоездов в динамических условиях, учитывая требования к минимизации времени задержек и энергопотребления.

Закключение. Таким образом, рассмотренный в данном исследовании алгоритм учитывает различные целевые функции, такие как минимизация временных задержек, оптимизация энергопотребления и обеспечение безопасного и комфортного движения для всех пассажиров. Сложная и динамическая железнодорожная система с множеством поездов и асинхронным движением может быть оптимизирована с помощью генетических алгоритмов в рамках векторно-ориентированного аспекта, обеспечивая эффективное и безопасное функционирование общественного железнодорожного транспорта в городском регионе.

Список литературы

1. Brenna M., Foiadelli F., Longo M. Application of genetic algorithms for driverless subway train energy optimization //International Journal of Vehicular Technology. – 2016. – V. 2016.
2. Chen J. F., Lin R. L., Liu Y. C. Optimization of an MRT train schedule: reducing maximum traction power by using genetic algorithms //IEEE Transactions on power systems. – 2005. – V. 20. – №. 3. – P. 1366-1372.
3. Nallaperuma S., Fletcher D., Harrison R. Optimal control and energy storage for DC electric train systems using evolutionary algorithms //Railway Engineering Science. – 2021. – V. 29. – P. 327-335.
4. Amrani A. et al. Train speed profiles optimization using a genetic algorithm based on a random-forest model to estimate energy consumption //Transport Research Arena (TRA) 2018. – 2018.
5. Bocharnikov Y.V., Tobias A.M., Roberts C. Reduction of train and net energy consumption using genetic algorithms for trajectory optimisation //IET Conference on Railway Traction Systems (RTS 2010). – IET, 2010. – P. 1-5.
6. Fernández P.M. et al. A review of modelling and optimisation methods applied to railways energy consumption //Journal of Cleaner Production. – 2019. – V. 222. – P. 153-162.
7. Jiang Y. et al. Multi-parameter and multi-objective optimisation of articulated monorail vehicle system dynamics using genetic algorithm //Vehicle System Dynamics. – 2020. – V. 58. – №. 1. – P. 74-91.
8. Domínguez M. et al. Multi objective particle swarm optimization algorithm for the design of efficient ATO speed profiles in metro lines //Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2014. – V. 29. – P. 43-53.
9. Мирончук В.А., Золкин А.Л., Куныгина Л.В., Попова Е.А. Государственное управление железнодорожным транспортом и его совершенствование/ Монография. – Краснодар: Новация, 2022. – 162 с.
10. Золкин А.Л., Чистяков М.С., Буштрук Т.Н., Ли Б. Разработка алгоритма, обеспечивающего качественное планирование оперативного графика движения железнодорожного транспорта// Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2021. № 2. С. 10-20.
11. Чекушов А.А., Чистяков М.С., Чирков М.А. Цифровая экономика как факторообразующее условие трансформационных изменений в системе управления организацией // Сборник материалов III Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения». – Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2021. – С. 173-180.
12. Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A.V., Akhmetshin E.M. A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time.International Journal of Systems Science: Operations and Logistics. 2022, V. 9, № 2, 155-179.
13. Золкин А.Л., Мунистер В.Д. Проектирование цифровых экосистем окружающего интеллекта, сенсорных и компьютерных сетей/ Монография. – М.: Русайнс, 2022. – 148 с.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²Л.В. Куныгина, ²Е.А. Попова, ³А.О. Шилин¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,²Филиал ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, кафедра «Социально-гуманитарные, естественно-научные и общепрофессиональные дисциплины», Воронеж,³ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», кафедра «Электроснабжение железнодорожного транспорта», Самара,
alzolkin@list.ru, l.kunygina2015@yandex.ru, elena-1504@mail.ru, alex.shilin199@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ НА ПРЕДМЕТ ВЫЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

В данной работе представлена модель разработки системы многокритериальной оптимизации и обработки рисков для железнодорожного подвижного состава с использованием базовых принципов организации киберфизического взаимодействия на основе нечеткой логики. Система разработана с целью обеспечить безопасное и эффективное функционирование железнодорожного подвижного состава, обнаруживая и реагируя на потенциальные аварийные ситуации в режиме реального времени. Основными компонентами системы являются программный модуль, основанный на методе для многокритериальной оптимизации и принятия решений, а также нечеткой логике, которая позволяет эффективно обрабатывать полученные данные. Такой подход позволяет анализировать данные с неопределенностью и шумами, повышая достоверность принимаемых решений. Компьютерное зрение и дистанционное аудиовизуальное управление используются для мониторинга различных параметров железнодорожного состава, таких как скорость, температура и давление, обеспечивая надежное и своевременное выявление потенциальных рисков. Система включает шестнадцать критериев, каждый из которых представлен нечеткими переменными. Модуль обработки рисков на базе нечеткой логики оценивает общий уровень риска, что позволяет оперативно принимать меры по предотвращению аварийных ситуаций. Дополнительно, в системе предусмотрен специализированный дешифратор адреса, определяющий приоритетные параметры для оптимального функционирования системы. Проведенное исследование подтверждает эффективность разработанной системы для решения задач обработки рисков и оптимизации работы железнодорожного подвижного состава. Интеграция компьютерного зрения, дистанционного управления и нечеткой логики способствует более точному анализу и принятию обоснованных решений, обеспечивая повышение безопасности и эффективности железнодорожных операций. Данная система имеет высокий потенциал для применения в железнодорожной отрасли и может значительно улучшить управление железнодорожным подвижным составом, снизить риски аварийных ситуаций и обеспечить более надежную и безопасную эксплуатацию. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения безопасности, надежности и эффективности железнодорожного транспорта, что в свою очередь способствует развитию экономики и повышению качества транспортных услуг.

Ключевые слова: оптимизация, железнодорожный состав, аварийные ситуации, компьютерное зрение, дистанционное аудиовизуальное управление, метод Маккласки, критерии, нечеткие переменные, многокритериальная оптимизация.

Железнодорожный транспорт остается одним из наиболее важных и распространенных средств перевозок, обеспечивая эффективную связь между городами и странами. В условиях постоянного роста пассажиропотока и грузооборота железнодорожным операторам необходимо обеспечивать безопасность, надежность и оптимальное функционирование инфраструктуры. Однако, вместе с ростом потребностей также возникают и новые вызовы, связанные с обеспечением безопасности движения и оперативным управлением [1].

В данном контексте, современные технологии компьютерного зрения и дистанционного аудиовизуального управления представляют собой потенциально перспективное решение для оптимизации работы железнодорожного подвижного состава. Автоматизированные системы компьютерного зрения способны обнаруживать различные аварийные ситуации на железнодорожных путях, такие как нарушение безопасного расстояния между составами, несанкционированный доступ и дефекты инфраструктуры [2].

Аварийные ситуации на железнодорожных путях, такие как столкновения поездов, возможные нарушения скоростного режима или препятствия на пути, могут привести к тяжелым последствиям, включая человеческие жертвы и материальные убытки. Традиционные системы безопасности на железнодорожном транспорте, основанные на ручных методах наблюдения и реакции, могут быть неэффективными и ограниченными в обнаружении аварийных ситуаций в реальном времени. Это приводит к необходимости разработки автоматизированных систем, способных детектировать аварийные ситуации автоматически и предпринимать оперативные меры [4].

Такая инфраструктура представляет собой сложные системы с большим объемом данных, которые необходимо обрабатывать в реальном времени. Это включает видеопотоки с камер, аудиоданные, данные от датчиков, а также информацию о движении поездов. Проблемой является обработка, анализ и интерпретация этих данных для выявления аварийных ситуаций [3].

Методы исследования. Целью исследования является разработка автоматизированной системы выявления аварийных ситуаций на железнодорожной инфраструктуре. Формально, задача проектного плана может быть сформулирована и решена следующим образом. Необходимо установить системы компьютерного зрения и управления на железнодорожной инфраструктуре. Эти системы будут непрерывно собирать данные с помощью камер, датчиков и других устройств, а также анализировать аудио и видеоинформацию для обнаружения потенциальных аварийных ситуаций.

Результаты исследования. Оптимизация требует определения критериев, которые будут использоваться для определения аварийных ситуаций. Это могут быть такие параметры, как скорость движения, расстояние до других поездов, наличие препятствий на пути и другие факторы, указывающие на возможную угрозу безопасности.

В таблице 1 представлен перечень 16 критериев, каждый из которых имеет своё обозначение греческой буквой.

Данная таблица представляет перечень критериев выявления аварийных ситуаций, которые будут использоваться в разрабатываемой системе. Каждый из этих критериев имеет своё обозначение греческой буквой, что упрощает их идентификацию и использование в контексте оптимизации. Результаты исследования будут использованы для создания эффективной системы, способной обеспечивать безопасность и надежность работы железнодорожной инфраструктуры.

Таблица 1 – Обобщенные критерии выявления аварийных ситуаций

Критерий	Обозначение
Столкновение поездов	α (альфа)
Возможная дерайлировка	β (бета)
Несанкционированный доступ	γ (гамма)
Препятствие на пути	δ (дельта)
Несоответствие сигнальной системы	ε (эпсилон)
Нарушение безопасного расстояния	ζ (зета)
Нарушение скоростного режима	η (эта)
Несоответствие сигналам светофора	θ (тета)
Инциденты с пассажирами	ι (йота)
Перекрытие путей	κ (каппа)
Несанкционированные изменения инфраструктуры	λ (лямбда)
Технические неисправности поездов	μ (мю)
Несоответствие техническим стандартам	ν (ню)
Опасные грузы	ξ (кси)
Пожары и взрывы	\omicron (омикрон)
Нарушение правил безопасности	π (пи)

В контексте задачи выявления аварийных ситуаций, это означает разработку алгоритмов, которые максимизируют вероятность обнаружения и предотвращения аварий, а также минимизируют возможные негативные последствия ложных срабатываний [7,9,11].

Операторы или автоматизированные системы принимают решения на основе данных, собранных системами компьютерного зрения и аудиовизуального управления. Эти решения могут включать автоматическое торможение поездов, отправку предупреждающих сигналов, изменение маршрутов и другие меры для предотвращения аварийных ситуаций.

С помощью метода Маккласки можно выполнить поиск оптимальных стратегий на основе анализа вероятностей и потенциальных последствий каждого решения. Целью оптимизации является создание наилучшей стратегии, которая минимизирует риск аварийных ситуаций и максимизирует безопасность и эффективность железнодорожного движения [5,6,8,10].

Вместо точных численных значений, будем применять нечеткие переменные, которые представляют собой функции принадлежности, которые определяют степень принадлежности элемента к множеству. Эти функции могут быть определены опытным путем или на основе данных и позволяют учитывать неопределенность и нечеткость в оценках критериев.

Для создания сложной нечеткой модели из перечня 16 критериев, рассмотренных ранее, можно использовать нечеткие переменные и нечеткие правила для определения степени принадлежности к различным категориям риска.

Представим, что каждый из 16 критериев оценивается нечеткой переменной от 0 до 10, где 0 – минимальный уровень риска, 10 – максимальный уровень риска.

Также предположим, что наши нечеткие переменные имеют следующие функции принадлежности.

Функции принадлежности для нечетких переменных:

Степень принадлежности "Низкий риск" = $\text{trapezoidal}(0, 0, 2, 4)$ Степень принадлежности "Средний риск" = $\text{trapezoidal}(3, 5, 7, 8)$ Степень принадлежности "Высокий риск" = $\text{trapezoidal}(6, 8, 10, 10)$.

Далее определим нечеткие правила для определения общего риска на основе значения каждого из критериев.

Нечеткие правила:

Если (Столкновение поездов = "Низкий риск") и (Возможная дерайлировка = "Низкий риск") и ... и (Нарушение правил безопасности = "Низкий риск"), то (Общий риск = "Низкий риск") Если (Столкновение поездов = "Средний риск") и (Возможная дерайлировка = "Средний риск") и ... и (Нарушение правил безопасности = "Средний риск"), то (Общий риск = "Средний риск") Если (Столкновение поездов = "Высокий риск") и (Возможная дерайлировка = "Высокий риск") и ... и (Нарушение правил безопасности = "Высокий риск"), то (Общий риск = "Высокий риск").

В данной нечеткой модели используем трапециевидные функции принадлежности для каждой из категорий риска: "Низкий риск", "Средний риск" и "Высокий риск". Нечеткие правила определяют связи между значениями каждого критерия и общим риском, который может принимать одно из трех значений.

Для применения этой модели, необходимо определить значения каждого из 16 критериев и вычислить степень принадлежности каждого критерия к каждой из категорий риска. Затем, применяя нечеткие правила, можно определить общий риск на основе значений всех критериев.

Такое название отражает суть визуализации, показывая, что на графиках представлены кривые функций принадлежности для разных критериев и на каждом графике есть отметка со случайным значением, что обозначает псевдослучайные значения для соответствующих критериев (рис. 1).

Отразив для каждого критерия график с тремя кривыми, каждая из которых представляет функцию принадлежности для одной из категорий риска. Кривые показывают, как меняются функции принадлежности к каждой категории в зависимости от значения критерия.

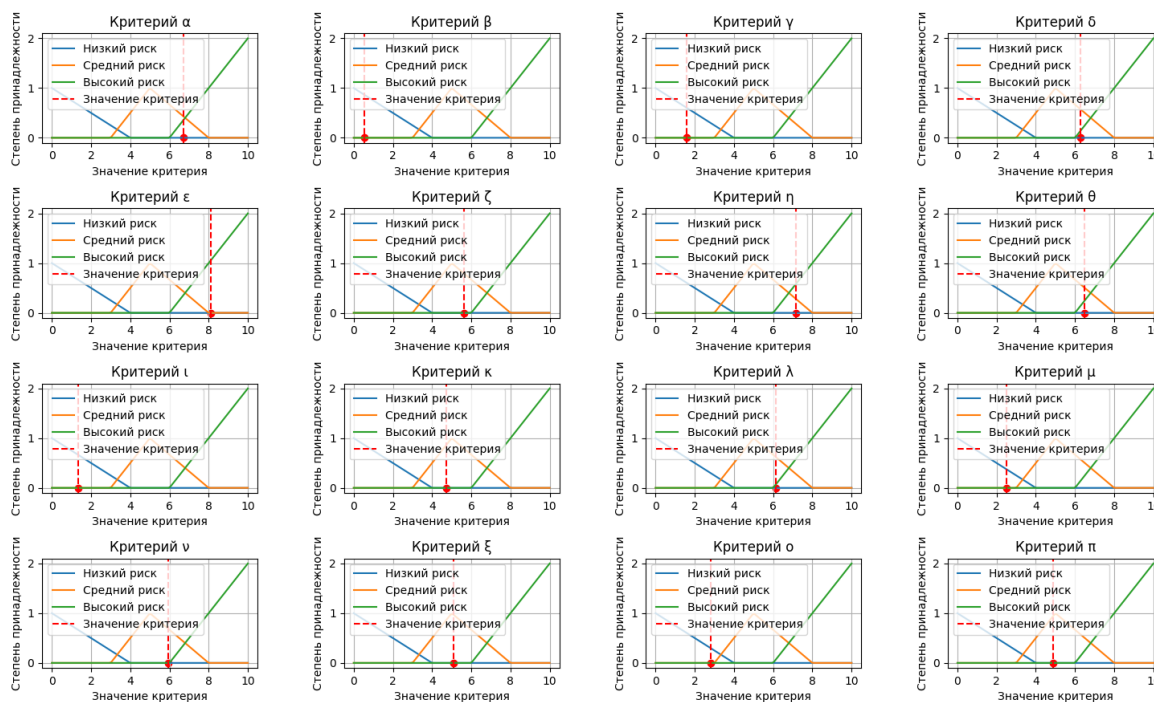


Рис. 1 – Визуализация функций принадлежности и псевдослучайных значений критериев

Далее реализуем программную модель для формирования правил принятия решений на основе функций принадлежности и псевдослучайных значений критериев. Если значение критерия находится в зоне "Высокий риск" хотя бы для одного критерия, общий риск будет определен как "Высокий риск", в противном случае, если все значения критериев находятся в зоне "Низкий риск", общий риск будет определен как "Низкий риск", иначе общий риск будет определен как "Средний риск".


```
import numpy as np
import random

# Функции принадлежности для каждого критерия
def low_risk(x):
    return np.maximum(1 - (x - 0) / (4 - 0), 0)

def medium_risk(x):
    return np.maximum(np.minimum((x - 3) / (5 - 3), (8 - x) / (8 - 5)), 0)

def high_risk(x):
    return np.maximum((x - 6) / (8 - 6), 0)

# Значения для построения графиков
x = np.linspace(0, 10, 100)

# Генерируем случайные значения для каждого критерия
random_values = [random.uniform(0, 10) for _ in range(16)]

# Определение правил принятия решений
def decision_rule(values):
    high_risk_count = 0
    for value in values:
        if high_risk(value) > 0:
            high_risk_count += 1

    if high_risk_count > 0:
        return "Высокий риск"
    elif high_risk_count == 0 and all(low_risk(value) > 0 for value in values):
        return "Низкий риск"
    else:
        return "Средний риск"

# Пример случайных значений для каждого критерия
print("Случайные значения критериев:")
for i, value in enumerate(random_values):
    print(f'Критерий {i + 1}: {value:.2f}')

# Определение общего риска на основе правил принятия решений
risk_category = decision_rule(random_values)
print("\nОбщий риск:", risk_category)
```

В этом коде определено правило принятия решений `decision_rule`, которое принимает на вход список значений критериев и на основе функций принадлежности определяет общий риск. Затем, случайным образом генерируем значения для каждого из 16 критериев и определяем общий риск на основе этих случайных значений. Результат выводится в виде текста, обозначающего общий риск.

Для применения метода Маккласки в данной задаче многокритериальной оптимизации, необходимо сначала сформулировать нечеткие правила и функции принадлежности для каждого критерия и значения риска. Затем, используя это, мы можем определить, какие значения критериев будут соответствовать "Низкому риску", "Среднему риску" и "Высокому риску". Далее, можно применить правила вывода нечеткой логики для определения

наилучшего набора значений критериев, который будет оптимизировать общий риск.

Комбинационная схема позволяет включить в рассмотрение множество критериев и использовать нечеткую логику для принятия решений на основе нечетких правил. Такой подход может быть полезен при анализе сложных систем с большим числом входных параметров, где оценка рисков происходит на основе нечетких и неопределенных данных (рис. 2).

Возможный подход к интеграции модуля компьютерного зрения может быть следующим. Сначала необходимо собрать данные, которые отражают различные состояния системы и ее компонентов. Например, можно записать видео с аудио-комментариями оператора, где он обозначает важные критерии. Эти данные будут использоваться для обучения модели компьютерного зрения.

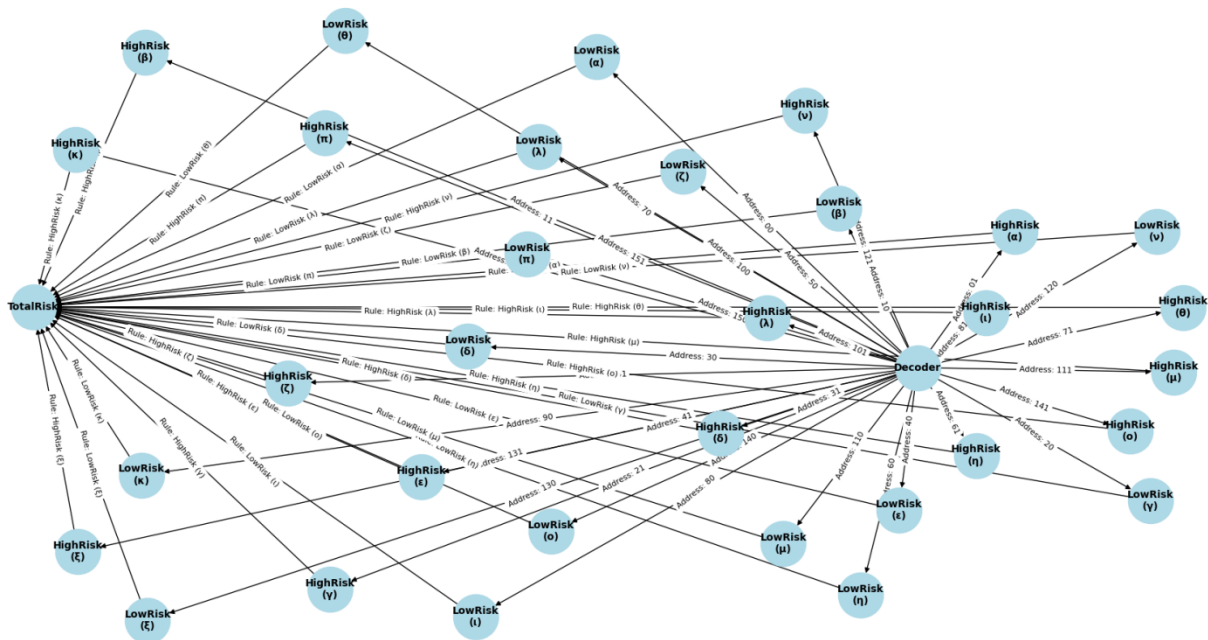


Рис. 2 – Комбинационная схема для определения общего риска на основе нечеткой логики и дешифратора адреса

При интеграции модуля компьютерного зрения с аудиовизуальным обозначением, видео и аудио потоки должны быть обработаны параллельно. Для аудио потока можно использовать распознавание речи, чтобы извлечь текстовую информацию, содержащую важные критерии, выраженные оператором.

Полученные значения показывают, насколько изменение значения каждого критерия влияет на предсказание модели. Чем больше значение, тем важнее критерий для модели.

Заключение. Таким образом, в данном исследовании рассмотрена оптимизация работы железнодорожного подвижного состава с использованием метода Маккласки для выявления аварийных ситуаций. Важность критериев была определена с помощью градиентной оценки, а также были использованы модуль компьютерного зрения и аудиовизуальное обозначение для анализа поведения критериев и определения приоритетно важных аспектов для функционирования системы.

Список литературы

1. *Lai Y.C., Fan D.C., Huang K.L.* Optimizing rolling stock assignment and maintenance plan for passenger railway operations //Computers & Industrial Engineering. – 2015. – V. 85. – P. 284-295.
2. *D'Ariano A. et al.* Reordering and local rerouting strategies to manage train traffic in real time //Transportation science. – 2008. – V. 42. – №. 4. – P. 405-419.
3. *Canca D., Barrena E.* The integrated rolling stock circulation and depot location problem in railway rapid transit systems //Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2018. – V. 109. – P. 115-138.
4. *Corman F., Meng L.* A review of online dynamic models and algorithms for railway traffic management //IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2014. – V. 16. – №. 3. – P. 1274-1284.
5. *Vanderhaegen F.* A non-probabilistic prospective and retrospective human reliability analysis method-application to railway system //Reliability Engineering & System Safety. – 2001. – V. 71. – №. 1. – P. 1-13.
6. *Avdienko E., Tretyakov E.* Improvement of Methods of Energy Optimal Automatic Operation of Electric Freight Locomotives //International School on Neural Networks, Initiated by IIASS and EMFCSC. – Cham: Springer International Publishing, 2022. – P. 183-191.
7. *Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A.V., Akhmetshin E.M.* A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time. International Journal of Systems Science: Operations and Logistics. 2022, V. 9, № 2, 155-179.
8. *Абдрашитова, А.И., Чистяков М.С.* Влияние транспортной инфраструктуры на формирование и развитие промышленных кластеров // труды Международной научно-практической конференции «Современные экономические проблемы развития и эксплуатации транспортной инфраструктуры». – Москва: Российский университет транспорта, 2020. – С. 33-37.
9. *Золкин А.Л., Мунистер В.Д.* Проектирование цифровых экосистем окружающего интеллекта, сенсорных и компьютерных сетей/ Монография. – М.: Русайнс, 2022. – 148 с.
10. *Мирончук В.А., Золкин А.Л., Куныгина Л.В., Попова Е.А.* Государственное управление железнодорожным транспортом и его совершенствование/ Монография. – Краснодар: Новация, 2022. – 162 с.
11. *Золкин А.Л., Чистяков М.С., Буштрук Т.Н., Ли Б.* Разработка алгоритма, обеспечивающего качественное планирование оперативного графика движения железнодорожного транспорта// Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2021. № 2. С. 10-20.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²Н.Ю. Логунова, ³Е.А. Арнаутов, ⁴А.Н. Лосев¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,²ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,
кафедра «Информатика и вычислительная техника пищевых производств», Москва,³ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»,
кафедра физики, радиотехники и электроники, Елец,⁴ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», кафедра прикладной информатики, Москва,
alzolkin@list.ru, logunina@yandex.ru, arnautoff@list.ru, a.losev32@gmail.com**ВНЕДРЕНИЕ СРЕДСТВ ОПЕРАЦИОННОЙ АНАЛИТИКИ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
В СЛОЖНОЙ БИЗНЕС-СИСТЕМЕ ЕДИНОГО ЦЕНТРА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**

В данном исследовании рассматривается внедрение операционной аналитики в инфраструктуру телекоммуникационной передачи информации в сложной бизнес-системе единого центра хранения данных. Целью данного исследования является повышение производительности, снижение задержек и улучшение безопасности в данной бизнес-системе. Анализируется текущая сетевая инфраструктура, хранилище данных и используемые технологии для определения возможных взаимодействий новой системы аналитики с уже существующими компонентами. Предложенный метод позволяет эффективно искать оптимальные решения при наличии ограничений и нелинейных целевых функций. Полученные функции позволяют определить оптимальные параметры внедрения операционной аналитики для обеспечения наилучшей производительности, надежности и безопасности в сложной бизнес-системе единого центра хранения данных. Это имеет важное практическое значение для телекоммуникационных компаний и центров хранения данных, которые стремятся повысить эффективность своих систем и обеспечить более высокий уровень безопасности в условиях растущих требований к обработке и передаче информации. В ходе исследования также проводится анализ существующей инфраструктуры, определяются входные переменные, влияющие на процесс внедрения операционной аналитики, такие как уровень инфраструктуры, доступные ресурсы (пропускная способность каналов, вычислительные мощности и т.д.), а также степень неопределенности в данных. Для оптимизации системы внедрения операционной аналитики применяется метод множителей Лагранжа, что позволяет учитывать ограничения безопасности в виде неравенств и равенств, а уровни доступа субъектов становятся переменными в задаче условной оптимизации. Кроме того, анализируется чувствительность системы к изменениям входных параметров и рассматривается влияние различных сценариев на производительность и безопасность бизнес-системы центра хранения данных. Результаты проведенного исследования представляют практическую ценность для руководителей телекоммуникационных компаний и центров хранения данных, позволяя принимать обоснованные решения по оптимизации системы передачи информации и обеспечения безопасности данных при внедрении операционной аналитики в сложных бизнес-системах единого центра хранения данных.

Ключевые слова: внедрение операционной аналитики, телекоммуникационное обеспечение, передача информации, бизнес-система, центр хранения данных, производительность, задержки, безопасность, метод множителей Лагранжа, чувствительность, оптимизация.

Внедрение средств операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных представляет собой процесс внедрения аналитических инструментов и технологий для мониторинга, анализа и оптимизации работы телекоммуникационной инфраструктуры в центре обработки данных.

Это особенно важно для сложных бизнес-систем, таких как центры хранения данных, где сотни и тысячи устройств и приложений работают совместно для обработки, хранения и передачи большого объема информации [6,7,8]. Внедрение операционной аналитики позволяет повысить эффективность, надежность и безопасность работы системы, а также выявлять и устранять проблемы проактивно, минимизируя возможные простои и нарушения.

Методы исследования. Реализация систем мониторинга сетевых устройств позволит отслеживать производительность, загруженность и состояние сетевых компонентов, таких как маршрутизаторы, коммутаторы и файерволы. Это поможет идентифицировать узкие места, уровень оборудования и возможные угрозы безопасности.

Целью исследования является оптимизация производительности и эффективности телекоммуникационного обеспечения передачи информации в центре хранения данных с помощью внедрения средств операционной аналитики. Это включает повышение пропускной способности, снижение задержек, оптимизацию использования ресурсов, повышение безопасности и общего качества обслуживания.

Предметом исследования является процесс внедрения операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных.

Внедрение операционной аналитики в реальном исчислении быть сложным и требует грамотного планирования, выбора подходящих инструментов и интеграции с существующей инфраструктурой [9,10]. Однако, это инвестиция, которая существенно повысит эффективность и надежность работы системы передачи информации в центре хранения данных. Таким образом, реализация системы анализа безопасности поможет выявлять уязвимости и аномалии в сетевом трафике, повышая уровень безопасности передачи информации.

Результаты исследования. Для внедрения средств операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных, определим цель, предмет и субъект исследования.

Субъектом исследования является сама сложная бизнес-система центра хранения данных, включая его телекоммуникационное обеспечение и сетевую инфраструктуру.

Также субъектами исследования (табл. 1) являются ИТ-специалисты и аналитики, которые будут заниматься внедрением операционной аналитики, а также конечные пользователи системы, которые будут получать выгоду от улучшения производительности и качества обслуживания.

Таблица 1 – Схема субъектов операционной аналитики

Субъект	Описание
ИТ-специалисты	Команда ИТ-специалистов, ответственных за разработку и внедрение операционной аналитики, а также поддержку инфраструктуры.
Аналитики	Специалисты по анализу данных, которые будут проводить анализ информации, полученной от системы операционной аналитики.
Менеджеры	Руководство компании, принимающее стратегические решения на основе данных, полученных из операционной аналитики.
Персонал Центра хранения данных	Операторы и администраторы, управляющие хранилищем данных и обеспечивающие его работоспособность и надежность.
Пользователи	Конечные пользователи услуг и сервисов, которые будут получать выгоду от улучшенной производительности и качества обслуживания.

Для внедрения средств операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных, сформирована таблица субъектов, которые могут быть вовлечены в этот процесс.

Очевидно, что указанные субъекты будут играть разные роли в процессе внедрения операционной аналитики. Каждый субъект вносит свой вклад в успешное внедрение и использование операционной аналитики.

Представим таблицу с примерами целевых функций для внедрения операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных (табл. 2). Необходимо обратить внимание на то, что эти функции являются примерами и могут быть адаптированы под конкретные цели и требования исследования.

Таблица 2 – Целевые функции рассматриваемой системы

Целевые функции	Описание
Максимизация пропускной способности	Максимизация максимальной пропускной способности сети для обеспечения высокой пропускной способности и отзывчивости системы.
Минимизация задержек	Минимизация времени задержки в передаче данных для улучшения отклика системы и уменьшения времени ожидания клиентов.
Оптимизация энергопотребления	Оптимизация использования энергии сетевыми устройствами с целью снижения затрат на электроэнергию и повышения энергоэффективности.
Максимизация безопасности	Максимизация уровня безопасности данных и сети путем обнаружения и предотвращения возможных кибератак и угроз безопасности.
Оптимизация использования ресурсов	Оптимизация распределения ресурсов (процессорное время, память, пропускная способность) между различными приложениями и сервисами.
Минимизация стоимости эксплуатации	Минимизация операционных расходов, связанных с обслуживанием и поддержкой инфраструктуры, без ущерба для качества обслуживания.
Повышение качества обслуживания	Повышение уровня обслуживания клиентов и пользователей путем улучшения надежности и доступности сервисов и услуг.
Прогнозирование нагрузки	Прогнозирование будущей нагрузки на сеть и ресурсы для оптимального планирования и масштабирования инфраструктуры.
Оптимизация маршрутизации	Оптимизация выбора маршрутов передачи данных для снижения потерь пакетов, повышения производительности и улучшения качества обслуживания.

Для представления общей системы уравнений для оптимизации внедрения операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных, введем следующие обозначения:

Предметные переменные:

Пропускная_способность: Уровень пропускной способности сети.

Задержки: Уровень задержек в передаче данных.

Безопасность: Уровень безопасности передачи и хранения данных.

Качество_обслуживания: Уровень качества обслуживания клиентов и пользователей.

Использование_ресурсов: Уровень оптимизации использования ресурсов.

Себестоимость: Общая себестоимость внедрения операционной аналитики.

Уравнения для оптимизации:

Пропускная_способность = $f(\text{ресурсы, инфраструктура, технические_возможности})$

Задержки = $g(\text{пропускная_способность, неопределенность_в_данных})$

Безопасность = $h(\text{технические_возможности, конфиденциальность})$

Качество_обслуживания = $i(\text{пропускная_способность, задержки, безопасность})$

Использование_ресурсов = $j(\text{ресурсы, технические_возможности, требования_бизнеса})$

Себестоимость = $k(\text{ресурсы, технические_возможности, безопасность})$

Целевые функции:

Максимизировать Качество_обслуживания, при условии минимизации задержек и обеспечении оптимального Использования_ресурсов.

Минимизировать Себестоимость, при условии обеспечения необходимой Пропускной_способности и Безопасности.

Для решения комплексной задачи оптимизации внедрения операционной аналитики на базе будем использовать метод симулированного отжига (Simulated Annealing). Можем найти приближенное оптимальное решение при наличии большого числа переменных и сложных ограничений.

Симулированное отжигание является метаэвристикой, в которой используется аналогия с процессом отжига в физике для нахождения глобального оптимума функции.

Сначала необходимо определить целевую функцию, которую необходимо минимизировать или максимизировать. В данном случае, это может быть функция, отражающая качество внедрения операционной аналитики с учетом всех переменных, таких как производительность, задержки, безопасность, использование ресурсов и т.д.

Дальше необходимо задать переменные, которые могут влиять на внедрение операционной аналитики, и определить допустимый диапазон значений для каждой переменной. Например, это могут быть уровень инфраструктуры, количество выделяемых ресурсов и т.д.

Начальное решение: сгенерировать случайное начальное решение, представляющее набор значений для всех переменных.

Определение функции стоимости: рассчитать значение целевой функции (стоимости) для текущего решения.

Основной цикл симулированного отжигания:

а. Генерация нового решения: Случайным образом измените одну или несколько переменных в текущем решении, чтобы получить новое решение.

б. Расчет функции стоимости для нового решения.

с. Сравнение стоимости нового решения со стоимостью текущего решения:

Если новое решение лучше (минимизирует целевую функцию), примите его.

Если новое решение хуже, примите его с определенной вероятностью для возможности выхода из локального оптимума.

Для оптимизации внедрения операционной аналитики в систему хранения данных, предположим, что у нас есть несколько целевых функций, которые характеризуют качество и эффективность системы.

Примем, что каждая из этих функций может быть представлена как сумма нормализованных переменных, представляющих различные аспекты внедрения операционной аналитики. Представим общую целевую функцию (F) для оптимизации в виде (1):

$$F = w1 * (\text{Variable1_normalized}) + w2 * (\text{Variable2_normalized}) + w3 * (\text{Variable3_normalized}) + \dots + wn * (\text{Variablen_normalized}), \quad (1)$$

где:

Variable1, Variable2, ..., Variablen - переменные, характеризующие различные аспекты внедрения операционной аналитики (например, производительность, задержки,

безопасность, использование ресурсов и т.д.).

Variable1_normalized, Variable2_normalized, ..., Variablen_normalized - нормализованные значения этих переменных, чтобы привести их к единой шкале (обычно в интервале от 0 до 1).

w1, w2, ..., wn - весовые коэффициенты, которые отражают важность каждой переменной в целевой функции. Весовые коэффициенты должны быть такими, чтобы сумма всех весов равнялась 1.

Важно отметить, что выбор конкретных переменных и их нормализация, а также определение весовых коэффициентов, зависит от конкретной системы и целей внедрения операционной аналитики. Целевая функция может быть скорректирована и доработана на основе анализа требований, ограничений и предпочтений бизнеса [1].

Пример переменных и их нормализации:

Производительность (Variable1): [0, 100] -> Variable1_normalized = Variable1 / 100

Задержки (Variable2): [0, 10] -> Variable2_normalized = Variable2 / 10

Безопасность (Variable3): [0, 1] -> Variable3_normalized = Variable3 / 1

Использование ресурсов (Variable4): [0, 50] -> Variable4_normalized = Variable4 / 50

Пример весовых коэффициентов:

w1 = 0.4, w2 = 0.3, w3 = 0.2, w4 = 0.1 (сумма всех весовых коэффициентов равна 1)

Таким образом, целевая функция для данной задачи оптимизации будет выглядеть следующим образом (2):

$$F = 0.4 * \text{Variable1_normalized} + 0.3 * \text{Variable2_normalized} + 0.2 * \text{Variable3_normalized} + 0.1 * \text{Variable4_normalized}, \quad (2)$$

Оптимизация данной целевой функции с использованием симулированного отжига (Simulated Annealing) или других методов оптимизации позволит находить приближенные оптимальные решения для внедрения операционной аналитики в телекоммуникационное обеспечение передачи информации в сложной бизнес-системе центра хранения данных.

Для реализации оптимизации данной целевой функции с использованием симулированного отжига воспользуемся библиотеками NumPy и SciPy в языке Python. В данном примере, предположим, что у нас уже есть функция оценки (целевая функция) и ограничения, которые были определены ранее. Используем метод оптимизации симулированного отжига из библиотеки SciPy [2].

```
python
import numpy as np
from scipy.optimize import minimize

# Функция оценки (целевая функция) для оптимизации.
# В данном примере, пусть это будет сумма нормализованных переменных.

def evaluation_function(solution, weights):
    return np.sum(solution * weights)

# Определение переменных и их допустимого диапазона.
# В данном примере, пусть это будут 4 переменные в диапазоне [0, 1].

num_variables = 4
variable_ranges = [(0, 1) for _ in range(num_variables)]

# Генерация случайного начального решения.

def generate_initial_solution():
    return np.random.rand(num_variables)
```


Определение функции стоимости (для минимизации).

```
def cost_function(solution):  
    return -evaluation_function(solution, weights)
```

Используем симулированное отжигание из библиотеки SciPy.

```
def simulated_annealing():  
    initial_solution = generate_initial_solution()  
    global weights  
    res = minimize(cost_function, initial_solution, method='L-BFGS-B', bounds=variable_ranges)  
    return res.x, -res.fun
```

Пример использования модели:

```
if __name__ == "__main__":  
    # Весовые коэффициенты для целевой функции.  
    weights = np.array([0.4, 0.3, 0.2, 0.1])  
  
    best_solution, best_cost = simulated_annealing()  
    print("Best Solution:", best_solution)  
    print("Best Cost:", best_cost)
```

Определяем функцию оценки, переменные и их допустимые диапазоны, а также функцию стоимости, которую нужно минимизировать (поскольку `scipy.optimize.minimize()` минимизирует функцию по умолчанию). Затем используем метод оптимизации симулированного отжигания, чтобы найти оптимальное решение для заданной целевой функции с ограничениями [3].

Задача оптимизации состоит в том, чтобы найти такие права доступа для каждого субъекта, которые удовлетворяют ограничениям безопасности и максимизируют общий уровень безопасности системы [4,5].

Для решения этой задачи, воспользовались методом множителей Лагранжа и численными методами оптимизации, чтобы найти оптимальные значения прав доступа для каждого субъекта. Ограничения безопасности можно представить в виде неравенств и равенств в функции Лагранжа, а уровни доступа субъектов, как переменные.

Заключение. Таким образом, в данном исследовании рассмотрена оптимизация системы безопасности с помощью метода множителей Лагранжа и оптимизации симулированного отжигания для общей модели управления рассматриваемого типа компании. Осуществлен процесс нахождения оптимальных прав доступа для каждого субъекта, которые максимизируют уровень безопасности системы, соблюдая ограничения безопасности. Результаты исследования позволяют определить оптимальные параметры внедрения операционной аналитики, которые обеспечат наилучшее сочетание производительности, надежности и безопасности в данной сложной бизнес-системе центра хранения данных. Предложенная система управления и оптимизации способствует более эффективному использованию ресурсов и улучшению общей работоспособности системы.

Список литературы

1. *Josyula V., Orr M., Page G.* Cloud computing: Automating the virtualized data center. – Cisco Press, 2011.
2. *Jammal M. et al.* Software defined networking: State of the art and research challenges //Computer Networks. – 2014. – Т. 72. – Р. 74-98.
3. *Finogeev A.G., Parygin D.S., Finogeev A.A.* The convergence computing model for big sensor data mining and knowledge discovery //Human-centric computing and information sciences. – 2017. – V. 7. – №. 1. – Р. 1-16.
4. *Chen M. et al.* Big data: related technologies, challenges and future prospects. – Heidelberg: Springer, 2014. – V. 100.
5. *Zissis D., Lekkas D.* Addressing cloud computing security issues //Future Generation computer systems. – 2012. – V. 28. – №. 3. – Р. 583-592.
6. *Губернаторов А.М., Лачина Т.А., Чистяков М.С.* Высокие технологии в формировании инновационной среды в сфере здравоохранения // Сборник научных трудов участников XI Международной Кондратьевской конференции «Возможные сценарии будущего России: междисциплинарный дискурс» / под редакцией В.И. Бондаренко. – Москва: Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде, научного наследия Н.Д. Кондратьева, 2020. – С. 140-146. DOI: 10.46855/978-5-901640-34-0-2020-140-146
7. *Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A.V., Akhmetshin E.M.* A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time. International Journal of Systems Science: Operations and Logistics. 2022, V. 9, № 2, 155-179.
8. *Золкин А.Л., Мунистер В.Д.* Проектирование цифровых экосистем окружающего интеллекта, сенсорных и компьютерных сетей/ Монография. – М.: Русайнс, 2022. – 148 с.
9. *Сарычева С.А., Надежкин В.А., Золкин А.Л.* Инновационное развитие вузовской учебно-лабораторной базы для работы с современными информационно-телекоммуникационными системами в условиях цифровой экономики// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25. № 1 (111). С. 83-91.
10. *Тарасов Е.М., Надежкин В.А., Золкин А.Л., Сарычева С.А.* Разработка комплекса мероприятий по работе с современными телекоммуникационными системами в условиях вуза// Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 3. С. 103-110.

2.3.1.

¹Г.Ю. Каравашкин, ¹А.Н. Коркишко, ¹А.В. Набоков, ¹М.С. Чухлатый, ²Г.М. Романова

¹Тюменский индустриальный университет,
кафедра базовая «Газпромнефть»,

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
кафедра энергообеспечения сельского хозяйства,

Тюмень, karavay98@bk.ru, alexandr.korkishko@mail.ru, romanova.gm@gausz.ru

КОНТРАКТНАЯ СТРАТЕГИЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ ОБУСТРОЙСТВО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Актуальность данного обзорного исследования обусловлено изменениями, происходящими в нефтегазовой отрасли относительно оценки влияния неопределенностей на выбор стратегии разработки месторождения, а именно на последовательность поверхностного обустройства месторождения. В современных нефтегазовых компаниях большое внимание уделяется оценке экономических рисков, связанных с геологическими, макроэкономическими и политическими неопределенностями. В соответствии с этим при составлении стратегии разработки месторождения все больший приоритет отдается динамическим стратегиям бурения скважин, которые учитывают данные неопределенности и связанные с ними риски.

Ключевые слова: *контрактная стратегия, поверхностное обустройство, месторождение, нефтегазовая отрасль, проект, заказчик, проектирование, решение.*

Введение. Нефтегазовым месторождением называется скопление углеводородного сырья в одном или нескольких территориально связанных залежах. Его обустройство является важной составляющей процесса добычи нефти и газа. Обустройство нефтяных и газовых месторождений или, по-другому, нефтепромысловое строительство существует с момента бурения первой скважины. Оно представляет собой создание комплекса сооружений генподрядной строительной организацией для добычи, транспортировки, подготовки и переработки углеводородного сырья.

На ранней стадии проекта и после выбора руководителя проекта основной проблемой, стоящей перед владельцем, является принятие решения о контрактной стратегии, которая наилучшим образом соответствует целям проекта. Контрактная стратегия означает выбор организационной и контрактной политики, необходимой для выполнения конкретного проекта.

Разработка контрактной стратегии включает в себя полную оценку вариантов, доступных для руководства проектированием и строительством, чтобы максимально увеличить вероятность достижения целей проекта. Объем таких контрактов очень широк, от простой покупки стандартного изделия до проектов стоимостью в несколько миллионов фунтов стерлингов. Соответственно варьируются размер и сложность вопроса о контракте.

Контрактная стратегия реализации проекта – совокупность договорных отношений между участниками проекта, в первую очередь зависит от правильного понимания функций участников проекта, от четкого представления объема задач в проекте и эффективного их распределения между исполнителями, а не от названия контрактов и количества букв в аббревиатурах. На рисунке 1 показана структура инвестиционно-строительного объекта.



Рис.1 – Инвестиционно-строительный объект

С течением времени число больших инженерных проектов увеличивается, и они представляют собой важную роль в области экономики. Таким образом, хорошо налаженные отношения между подрядчиком и владельцем являются ключом к обеспечению определенной гибкости проектов такого рода. Несмотря на значительное развитие и усовершенствование разработки контактов, очень важно знать их типы, области применения и ограничения. Целью данной статьи является определение и анализ типов контрактов, задействованных в мегапроектах, с использованием многоаспектного процесса принятия решений.

Непосредственному строительству объектов на месторождении всегда предшествует разработка и утверждение строительного проекта, после чего следует получение разрешения на его реализацию.

Обустройство месторождений включает в себя следующие основные этапы:

- ✓ Подготовительный – создаются временные площадки для складов, очищается территория, провидится электроэнергия, завозятся основные строительные материалы, трубы, запорная арматура
- ✓ Строительно-монтажный – выкапываются траншеи, устанавливается фундамент, собираются трубопроводы и оборудование
- ✓ Заключительный – проведение пуско-наладочных работ и ввод в эксплуатацию

Сравнение традиционного метода заключения контрактов с современной формой заключение контракта будет осуществляться в рамках исследований. Исследование было проведено с помощью ряда нескольких источников литературы зарубежных и отечественных авторов, в которых проведен анализ крупных компаний по управлению контрактами и проектами. Цель статьи состоит в том, чтобы сначала разъяснить важность контрактной стратегии, рассмотрев взгляды разных авторов на роль различных участников проекта и управление проектами в контрактах.

Материалы и методы.

Исследовательская задача сводится к определению того, существует ли взаимосвязь между контрактной стратегией и показателями проекта, и если да, то как это влияет на сроки его реализации, качество проектных решений и эффективность системы управления рисками.

Контрактные модели в российской нефтегазовой отрасли эволюционировали от классической модели («Традиционное проектирование-заявка-строительство»), согласно которой заказчик самостоятельно выполнял основные проектные работы и привлекал

подрядчиков только на этапе стадии строительства, к прогрессивным ЕРС(М)-моделям, предполагающим делегирование полномочий генеральным подрядчикам и передачу им ответственности и рисков [1].

Под стандартным ЕРС-контрактом понимается контракт на строительство, обычно «под ключ» с единовременной оплатой, согласно которому подрядчик несет ответственность за проектирование (Е), закупки (Р), строительство (С) и ввод объекта в эксплуатацию [2]. Целый ряд особенности ЕРС-модели, в частности, нежелание заказчика делегировать ответственность в области выбора субподрядчика, невозможность оценки проекта до заключения самого контракта, необходимость единовременной оплаты заказчиком всей суммы контракта привели к появлению сложной ЕРСМ-контракт [3]. ЕРСМcontract (Электронное проектирование, Р-закупки, СМ-Управление строительством) - это генеральный контракт, согласно которому цена определяется на основе «Открытой книги» или метода возмещения затрат (стоимость + комиссия)[4].

В российской и зарубежной практике стандартный ЕРС-контракт («под ключ») часто отождествляется с генеральным строительным контрактом, что не совсем верно. Их ключевое отличие заключается в том, что при использовании контракта «под ключ» подрядчик несет единую комплексную технологическую, финансовую и юридическую ответственность за все этапы проекта - «Проектирование», «Закупки», «Строительство», «Ввод в эксплуатацию», "Услуги на объекте" (обычно в течение 1 года, в в случае пролонгированного контракта), то есть несет ответственность за все проектные риски. Например, на этапе «Инжиниринг» заказчик занимается концептуальным проектированием, подрядчик разрабатывает рабочую документацию/исходную документацию; на этапе «Закупки» заказчик отвечает за поставку основного оборудования, а подрядчик отвечает за поставку вспомогательного оборудования. Таким образом, разница между этими контрактами заключается в уровне интеграции подрядчика в проектные работы, объеме рисков, которые ложатся на ИТ, а также механизм координации результатов каждого этапа проекта.

По данным одного из аналитических агентств, доля ЕРС-контрактов в структуре российского нефтегазового рынка будет демонстрировать тенденцию роста и увеличится до 75% к 2030 году. Основными факторами, способствующими такому скачку, станут: сокращение сроков ввода в эксплуатацию строительных объектов, комплексная технологическая ответственность ЕРС-подрядчика и передача ему всех рисков заказчика, эффективная адаптация технологий, в том числе технологии иностранных лицензиаров, а также прибыльность таких проектов (высокая окупаемость инвестиций и ранняя окупаемость)[5].

Для эффективного моделирования договорных отношений в рамках реализации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) необходимо иметь четкое представление о классификации договоров как таковых. Существующая классификация учитывает сразу несколько аспектов: процедуру отбора исполнителей (конкурентные переговоры/тендерные процедуры), объем компетенций подрядчика (монокомпетентные/сложные контракты) и метод ценообразования (объявление цены/ компенсация затрат/ смешанное ценообразование / применение концепции «открытой книги»). Анализ более 30 нефтегазовых строительных проектов в российской и зарубежной практике показал, что не все контрактные модели ИСП адаптированы к специфике нефтегазового бизнеса. Поэтому в рамках исследования была рассмотрена классификация, основанная на ключевых параметрах (рис. 2).

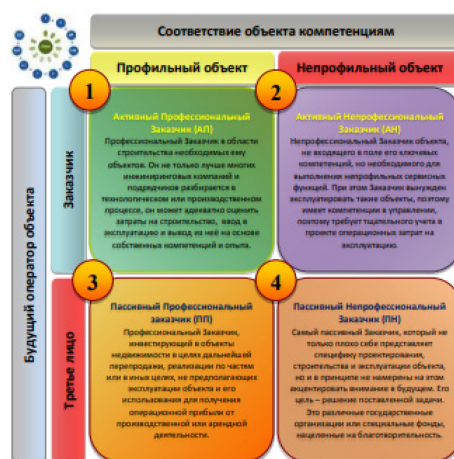


Рис.2 – Классификация контактных стратегий

Результаты исследования. Таким образом, рассмотренная классификация дает четкое представление о том, как объект и содержание работ влияют на определение их стоимости и как контрактная модель разграничивает риски между заказчиком и подрядчиком.

На данный момент единого подхода к процессу планирования и формированию контрактной модели для проектов нефтегазового строительства не существует.

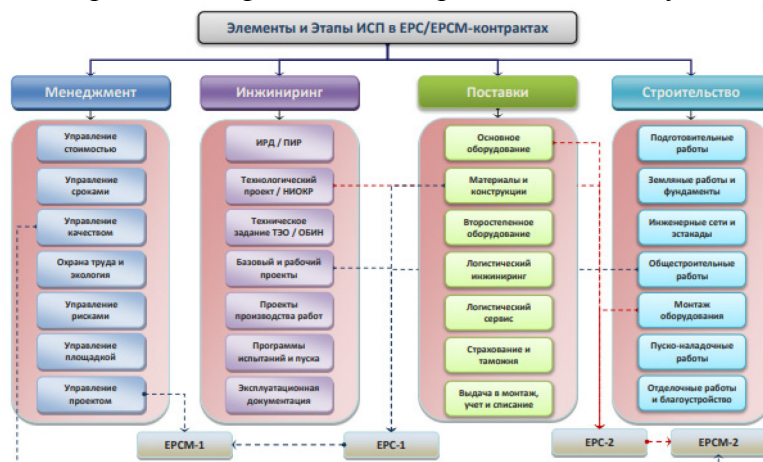


Рис.3 – Многоликость ЕРС/ЕРСМ-контрактов

Поэтому в рамках обзорного исследования предприняли попытку разработать такой процесс, графическое изображение которого показано на рисунке 3. Видно, что независимо от того, какой стратегии придерживается заказчик (наличие компетенций/необходимость повышения компетенций/полное отсутствие компетенций), использование комплексного контракта, согласно которому исполнитель выполняет три или более функций, является наиболее эффективным. Оптимальное решение, поскольку оно обеспечивает высокую степень интеграции проектной команды.

Проанализировав основы ранее рассмотренной классификации и ключевых элементов контракта, получили процесс планирования модели контракта. Во-первых, принимая во внимание уровень компетенций клиента и их динамику на каждом этапе ИСП на основе предварительного анализа его стратегии поведения. Во-вторых, учет характера работы (передача заказчиком объема работ руководству или фактический казнь). В-третьих, выбор моделей ценообразования (либо таргетирование по фиксированной цене, либо использование концепции «открытой книги» с конвертацией контрактов). В-четвертых, итеративная оптимизация, направленная на корректировку контракта с учетом ранее принятых решений относительно объема работ, их стоимости и сроков.

Вывод. За последние пятьдесят лет нефтегазовый бизнес стал пионером в использовании типовых контрактов. В этой статье рассматривался анализ контрактной стратегии на поверхностное обустройство месторождения и факторы необходимые для успешной разработки общепринятых в отрасли типовых контрактов. Организациям следует

периодически пересматривать свои типовые контракты, чтобы убедиться, что они по-прежнему отвечают потребностям отрасли. Недостатки или неожиданные проблемы с документом

станут очевидны только по мере того, как люди начнут широко ими пользоваться. Обычно для надлежащей проверки документа требуется минимум от трех до пяти лет. Без регулярного пересмотра и обновления эти модели становятся менее полезными, поскольку они могут не отражать текущую деловую практику или соответствовать изменяющимся правовым и нормативным требованиям.

Список литературы

1. *Гареев В.М.* Руководство по контролю и качеству строительно - монтажных работ: Учебник для ВУЗов. – С – Петербург. 2000. – 784 с.
2. СП 68.13330.2017 Свод правил. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения.
3. *Коркишко А.Н., Батырева О.Е.* Ценообразование при строительстве объектов по схеме ЕРС. В сборнике: Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности. Сборник научных статей III международной научной конференции. Волгоград, 2021. - С. 158-160.
4. *Валиуллин И.М.* Факторы успеха при реализации ЕРС/ЕРСМ-контрактов в России //Нефтегазовая Вертикаль. - 2012. - №12, 2012, стр. -С. 16-17.
5. *Дубовицкая Е.* Оценка затрат на строительство нефтегазовых объектов: от оценки до заключения контрактов [Электронный ресурс] // Комплексное управление стоимостью: ценообразование - контрактные модели - риски. - 2014. Режим доступа: <http://aace.ru/forum2014/program/>

2.3.1.

О.Н. Корелин, К.М. Гузнов, П.А. Шагалова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
кафедра Информатика и системы управления,
Нижний Новгород, cscs@nntu.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ myRIO
В РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГРАНИЦ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

В статье рассматривается использование FPGA составляющей аппаратной платформы myRIO для обработки изображения. Описана реализация алгоритма оператора Собеля для выделения границ объектов. Предложена и опробована разработка в среды Vitis HLS, как альтернатива языкам программирования VHDL и Verilog.

Ключевые слова: *myRIO, использование LabView, FPGA, Vitis, оператор Собеля, обработка изображения на FPGA.*

Тема статьи является современной и актуальной, так как цифровая обработка изображений на FPGA (Field Programmable Gate Array – программируемая логическая вентильная матрица) позволяет значительно ускорить время выполнения алгоритмов, снизить энергопотребление и уменьшить стоимость готового изделия по сравнению с использованием центральных процессоров или графических процессоров. В то же время, освоение специфических, хоть и Си, подобных языков программирования FPGA таких как VHDL или Verilog требует особых навыков. Использование в работе программного обеспечения Vitis HLS позволяет проводить разработки для FPGA с помощью привычных для большинства программистов инструментов.

В качестве средств исследования использовались:

- Среда разработки LabVIEW myRIO Toolkit версии 2021 SP 1 x32 с модулями Vision, Real-Time, FPGA
- Среда разработки Xilinx Vitis HLS версии 2021.1
- Аппаратная платформа National Instruments myRIO – 1900
- Операционная система Microsoft Windows 10 версии 21H2
- Персональный компьютер с процессором Intel Core i5 10400 и 16 гигабайтами оперативной памяти
- Веб-камера Logitech с интерфейсом подключения USB

myRIO - это компактная и мощная встраиваемая платформа, которая предлагает широкий спектр возможностей для разработки и прототипирования систем управления реального времени. Она оснащена SoC (“система на кристалле”) Xilinx Zynq-7010 с FPGA, двухъядерным процессором ARM Cortex-A9 и разнообразными интерфейсами ввода/вывода, включая аналоговые входы и выходы, цифровые входы/выходы и коммуникационные порты. myRIO поставляется с набором программных инструментов, включающих графическую среду программирования LabView, модуль LabView FPGA и модуль LabView Real-Time. myRIO работает на основе операционной системы Linux. Одним из ключевых преимуществ myRIO является универсальность. Его можно использовать для широкого спектра приложений, от робототехники и автоматизации до сбора данных и обработки сигналов. FPGA позволяет выполнять высокоскоростную обработку данных в реальном времени с малой задержкой, а процессор ARM обеспечивает гибкость при выполнении сложных алгоритмов и приложений.

Еще одним преимуществом myRIO является простота использования. Среда программирования LabView предоставляет удобный интерфейс для разработки приложений, а встроенные интерфейсы ввода-вывода позволяют легко интегрировать их с датчиками,

исполнительными механизмами и другими устройствами. myRIO также поддерживает различные протоколы связи, включая USB, Wi-Fi и Bluetooth, что упрощает подключение к другим устройствам и системам.

LabView - это мощный графический язык программирования и среда разработки, созданная специально для инженеров и ученых. Он предлагает ряд функций и возможностей, которые делают его популярным выбором для широкого спектра приложений, от сбора и анализа данных до систем управления и автоматизации. Одной из ключевых особенностей LabView является его графическая парадигма программирования. Вместо того чтобы писать код на традиционных текстовых языках, LabView позволяет пользователям создавать программы, используя визуальное представление своих алгоритмов. Это облегчает проектирование сложных систем и рабочих процессов, а также позволяет пользователям быстро создавать прототипы и тестировать свои идеи. Еще одной важной особенностью LabView является обширная библиотека встроенных функций и инструментов. К ним относятся инструменты сбора и анализа данных, функции обработки сигналов, инструменты проектирования систем управления и многое другое. Это позволяет пользователям быстро создавать сложные системы без необходимости писать весь код с нуля. LabView также предлагает высокую степень настройки и гибкости. Пользователи могут создавать пользовательские функции и библиотеки, а также интегрироваться с другими языками программирования и инструментами. LabView также предлагает ряд инструментов для отладки и тестирования программ. Они включают встроенные средства отладки, а также поддержку сторонних тестовых фреймворков.

Vitis High-Level Synthesis (HLS) — это мощный инструмент для ускорения разработки высокопроизводительных и маломощных проектов FPGA. Он позволяет разработчикам писать свои алгоритмы на языках программирования высокого уровня, таких как C и C++, а затем автоматически генерирует оптимизированный RTL-код для реализации на аппаратном обеспечении FPGA. Одним из ключевых преимуществ Vitis HLS является его способность значительно сократить время и усилия на проектирование. Здесь возможна оптимизация разработки по скорости и энергопотреблению.

При запуске программы Vitis открывается окно, показанное на рис.1.

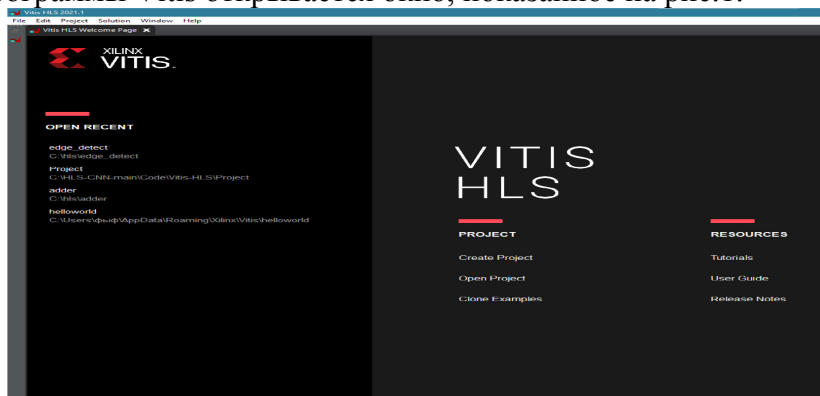


Рис. 1 – Стартовое окно Vitis HLS

Следующим этапом будет выбор целевого устройства. Целевым устройством может быть как система на кристалле, так и плата разработчика. myRIO нет в списке доступных устройств, поэтому выбирается модель чипа по номеру детали. Zynq 7010 соответствует номеру xc7z010clg400 (номер можно посмотреть на гравировке чипа). После выполнения компиляции в папке проекта появятся файлы VHDL, Verilog, а также отчеты компилятора в текстовом и XML форматах.

После создания проекта LabView откроется окно Project Explorer. В нем отображаются все сущности проекта. Обращаем внимание на файлы RT Main.vi и FPGA Main Default.vi. Это файлы программ для процессорной части myRIO и FPGA модуля соответственно.

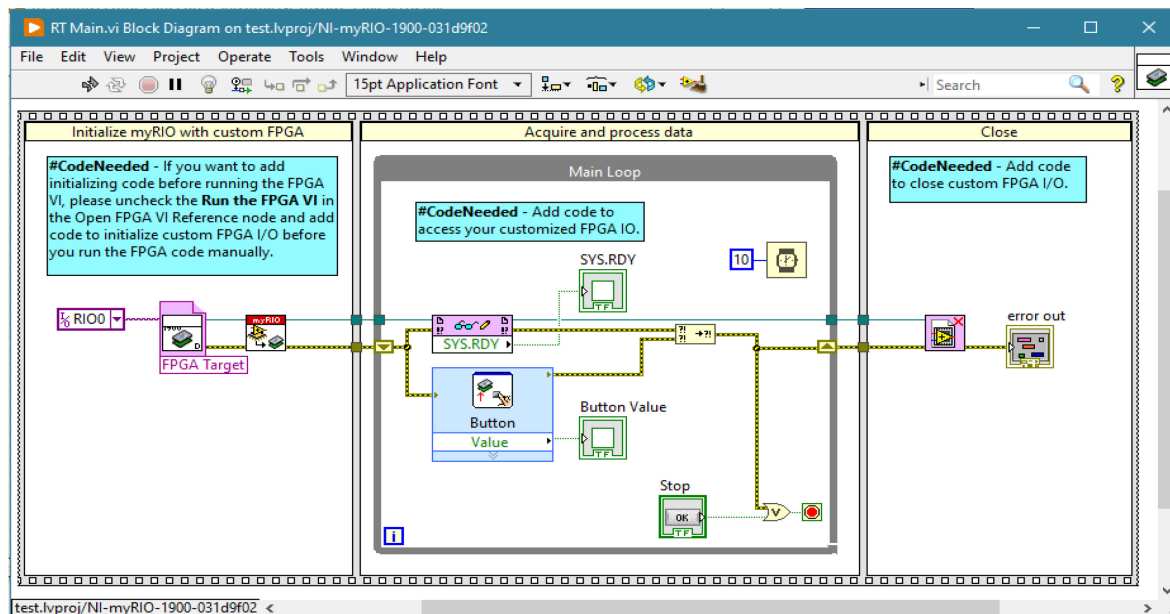


Рис. 2 – Панель логики процессорной части

Панель логики процессорной части myRIO в виде блоков LabView представлен на рис.2. Интерфейс пользователя на рис.3.

Vitis позволяет оценить время выполнения программы на FPGA. Из отчета видно, что выполнение программы занимает 307214 тактов, и при тактовой частоте 40 МГц (частота тактового генератора myRIO) дает время выполнения в 0,00768035 секунд.

В качестве примера, для тестирования предлагаемого подхода использовался алгоритм Собеля. Это довольно эффективный алгоритм, часто используемый в обработке изображений. Он позволяет выявлять контуры предметов. Эти контуры будут видны как белые линии. В данной работе изображение, полученное с web-камеры или в виде файла фотографии, из RGB формата переводится в изображение с градациями серого. Каждый пиксель представлен яркостью.

Далее, в соответствии с описываемым алгоритмом, изображение обрабатывается скользящей маской, называемой фильтром или ядром. Этот фильтр представляет собой квадратную матрицу размером 3*3 с определенным набором коэффициентов. Существует т.н. вертикальный и горизонтальный фильтр, соответственно для вертикальных и горизонтальных краёв. Производится т.н. свертка пиксельного изображения и этих двух фильтров.

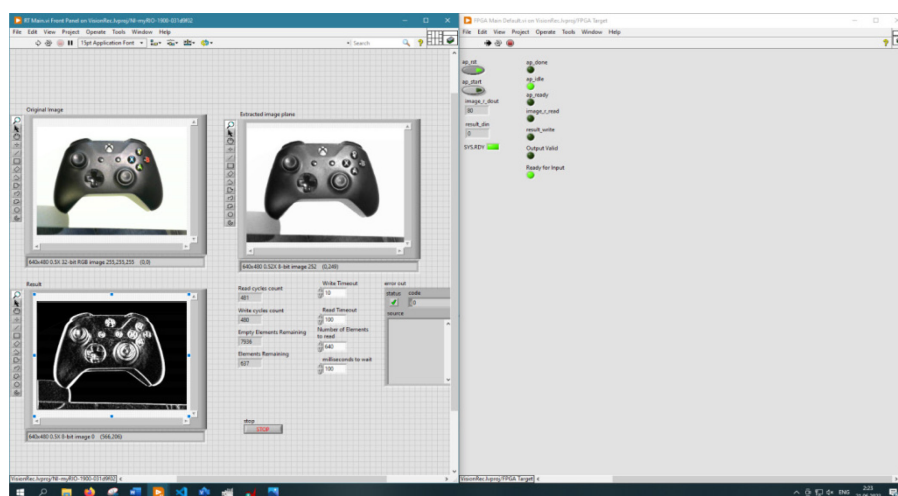


Рис. 3 – Панели интерфейса процессорной части после запуска

При этом определяется место, где градиент яркости имеет максимальную величину.



Рис. 4- Обработанное изображение

На рис.4 представлен результат работы. Видно четкое выделение контура предмета на изображении.

Таким образом, в данной работе на примере реализации алгоритма Собеля продемонстрирован эффективный подход, позволяющий связать преимущества аппаратной части платформы myRIO, графического программирования процессорной части в среде LabView, и программирования FPGA на языке C в среде Vitis HLS.

Список литературы

1. myRIO-1900 Getting Started Guide and Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/myrio-1900-getting-started/resource/376047d.pdf> (дата обращения: 15.05.2023)
2. Zynq-7000 SoC Data Sheet: Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.xilinx.com/v/u/en-US/ds190-Zynq-7000-Overview> (дата обращения: 07.05.2023)
3. Vitis High-Level Synthesis User Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xilinx.eetrend.com/files/2021-11/wen_zhang_/100555486-227863-ug1399-vitis-hls.pdf (дата обращения: 04.05.2023)
4. Getting started with LabVIEW [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ni.com/docs/enUS/bundle/labview/page/lvhowto/lv_getting_started.html (дата обращения: 04.05.2023)

2.3.1.

В.А. Короваев, А.А. Сатаев, В.В. Андреев

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»,
Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики
им. академика Ф.М. Митенкова,
Нижегород, v.a.korovaev@mail.ru

**ВЕРИФИКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООТДАЧИ
ПРИ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ ВОДЯНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
ВОКРУГ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЦИЛИНДРА**

В работе представлены результаты моделирования с использованием методов вычислительной гидродинамики и теплофизического эксперимента на исследовательском стенде. Основной целью является верификация компьютерного моделирования процесса конвективной теплоотдачи. Были получены значения характерных температур в модели, коэффициент теплоотдачи в условиях моделирования и эксперимента.

Ключевые слова: свободная конвекция, вычислительная гидродинамика, модельный эксперимент, теплоотдача.

Введение. К разработке новых проектов и модернизации уже созданных реакторных установок необходимо подходить комплексно, учитывая все возможные связи между элементами различных систем. Свободная конвекция является предметом систематических исследований в области обеспечения безопасности атомной энергетики.

Методы вычислительной гидродинамики (CFD) и вычислительной многофазной гидродинамики (CMFD) привлекли большое внимание к прогнозированию однофазных и многофазных потоков в установившихся или переходных режимах в области проектирования ядерных реакторов [1]. Основными плюсами использования являются упрощение и ускорение расчётов, повышение безопасности установки, разработка уникальных решений в случае отсутствия экспериментальных данных. В последние годы были предприняты попытки использовать CFD-моделирование в теплогидравлическом проектировании и исследованиях ядерных реакторов, особенно ВВЭР [2]. При этом использование CFD программ в атомной энергетике невозможно без этапа адаптации и верификации на представительных экспериментальных данных, причем адаптация и верификация CFD программ должны выполняться для каждого вновь возникающего класса задач [3].

Методика эксперимента. В рамках данной работы был создан стенд, моделирующий процесс конвективной теплоотдачи. В качестве экспериментальной модели была изготовлена емкость из органического стекла с установленным внутри нагревателем. Нагреватель имеет возможность изменения своей электрической мощности.

Для получения температурных характеристик водяного теплоносителя использовались термопары типа К (ТХА) в герметичном исполнении. Общий вид стенда представлен на рис.1.



Рис. 1 – Общий вид стенда

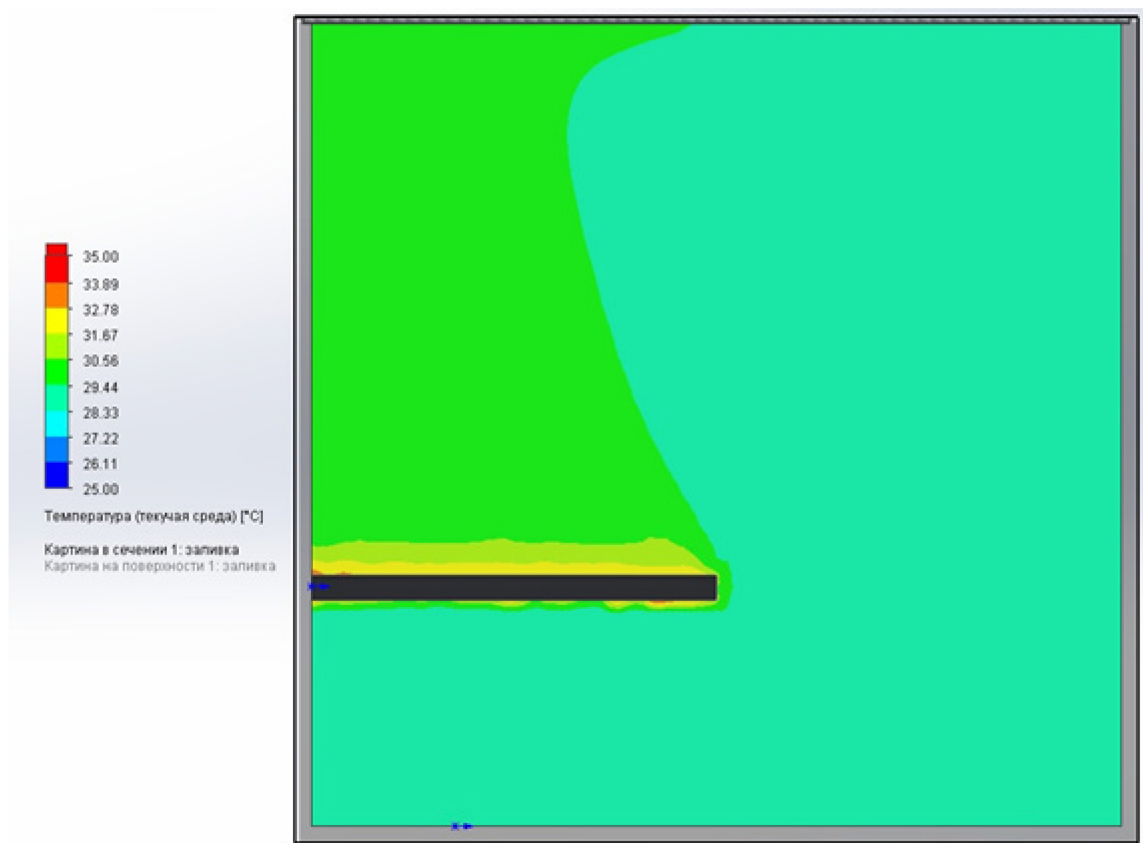


Рис. 2 – Температура жидкости в компьютерной модели

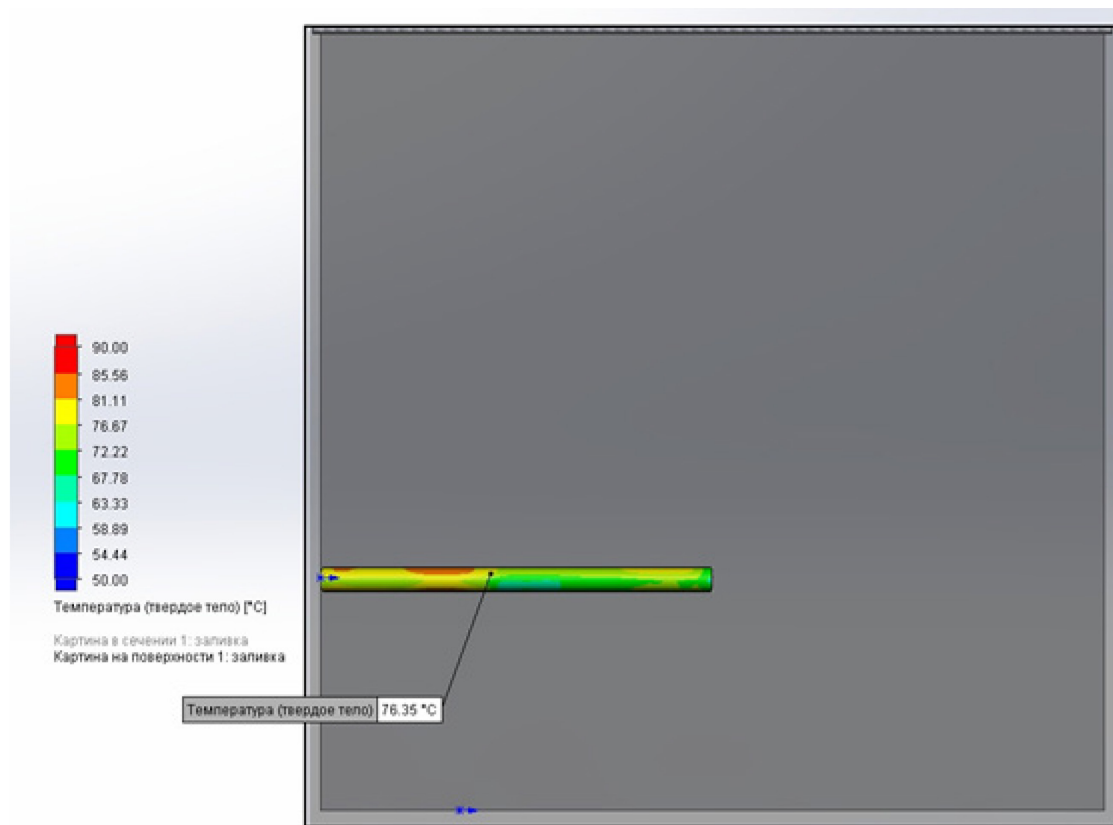


Рис. 3 – Температура стенки нагревателя в компьютерной модели

Был смоделирован процесс теплоотдачи при свободной конвекции водяного теплоносителя вокруг горизонтального цилиндра с использованием методов вычислительной гидродинамики, а именно программы SOLIDWORKS Flow Simulation для общего параметрического моделирования потока, использующей метод конечного объема. Для моделирования средних характеристик потока в условиях турбулентного течения была выбрана модель турбулентности k-ε. Это модель с двумя уравнениями, которая дает общее описание турбулентности с помощью двух уравнений переноса (дифференциальные уравнения в частных производных).

Затем на стенде был проведен эксперимент, в установившемся режиме получены температуры поверхности нагревателя, температура жидкости и вычислен коэффициент теплоотдачи α .

В качестве определяющей температуры жидкости были приняты показания термопары $T_{\text{ж}}$ – температуры жидкости, находящейся на наибольшем расстоянии от поверхности нагреваемого элемента. Температурный напор ΔT , необходимый для вычисления α был вычислен как разница температур между поверхностью нагревателя $T_{\text{н}}$ и $T_{\text{ж}}$. Конвективный поток теплоты $Q_{\text{к}}$ определялся как разница мощности электронагревателя $Q_{\text{н}}$ и мощности лучистого потока теплоты $Q_{\text{л}}$.

Мощность электронагревателя с переменным током определялась по формуле

$$Q_{\text{н}} = I \cdot U, \text{ Вт.}$$

Лучистый поток теплоты определялся по формуле Стефана-Больцмана

$$Q_{\text{л}} = c_0 \cdot \varepsilon \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{н}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{ж}}}{100} \right)^4 \right] \cdot F, \text{ Вт}$$

где $c_0 = 5,67$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$, $\varepsilon = 0,5$ – степень черноты поверхности нагревателя, $F = 0,0211$ – площадь поверхности нагревателя, м^2 .

Коэффициент конвективной теплоотдачи определялся по формуле

$$\alpha = \frac{Q_{\text{к}}}{F \cdot \Delta T}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Результаты эксперимента.

Таблица 1 – «Параметры нагревателя и полученные результаты в ходе моделирования и эксперимента»

	Сила тока I, А	Напряжение U, В	$T_{ж}, ^\circ\text{C}$	$T_{н}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент теплоотдачи $\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
Компьютерная Модель	3,3	129	30,58	75,56	355,64
Эксперимент	3,3	129	27,03	76,4	339,62

Особый интерес представляют результаты расчётов. Средний коэффициент конвективной теплоотдачи в установившемся режиме $\bar{\alpha}$ составляет в эксперименте и модели соответственно $339,62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ и $355,64 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Таким образом, погрешность в процессе моделирования составляет 4,71%.

Заключение. Исходя из результатов работы, можно сделать вывод, что допустимая погрешность позволяет использовать методы вычислительной гидродинамики, в частности программу SOLIDWORKS Flow Simulation, для системного исследования процессов теплоотдачи при свободной конвекции водяного теплоносителя вокруг горизонтального цилиндра. В дальнейшем целесообразно изучить влияние изменения мощности источника тепла, изменение конфигурации экспериментального стенда с целью изучения свободной конвекции водяного теплоносителя вокруг вертикального цилиндра и проведение исследований с другими видами теплоносителей. В достаточной степени верифицированное и апробированное решение позволит ускорить процесс исследования процессов теплообмена за счёт снятия необходимости в создании экспериментального стенда для каждой новой задачи.

Список литературы

1. Tian W, Wang M, Petrov V, Erkan N and Liao Y (2021) Editorial: CFD Applications in Nuclear Engineering. Front. Energy Res. 9:630305. doi: 10.3389/fenrg.2021.630305
2. Мириан С.Ф., Аюбиан Н. Теплогидравлические исследования стандартного малого модульного ВВЭР с использованием вычислительной гидродинамики, ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА, 2021, № 12, С. 52
3. Большухин М.А., Будников А.В., Фомичев В.И., Свешиников Д.Н., Романов Р.И. Актуальные вопросы развития экспериментальной базы данных для верификации CFD программ при их использовании в атомной энергетике, Труды НГТУ им. Р.Е.Алексеева, 2013, С. 119

2.3.1.

В.В. Косулин

ФГБОУ ВО "Казанский государственный энергетический университет",
Институт цифровых технологий и экономики,
кафедра "Цифровые системы и модели",
Казань, kosulin.vv@mail.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В работе рассматривается возможность применения нейронных сетей для мониторинга вредных выбросов промышленных предприятий. Описывается процесс разработки и обучения нейронной сети с применением языка программирования PYTHON и проверка на качество обученной модели. Рассматривается также программный комплекс для наглядного проведения мониторинга выбросов на предприятии, выявлены основные требования к программному продукту.

Ключевые слова: прогнозирование, нейронные сети, метод обратного распространения, глубокие нейронные сети, обучение с учителем.

Современное промышленное предприятие, связанное с механизированными производственными процессами, не обходится без выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, которые оказывают негативное влияние экологию. С целью минимизации воздействия на окружающую среду и в соответствии с требованиями действующего природоохранного законодательства предприятия проводят экологический мониторинг выбросов с помощью дорогостоящего оборудования, который занимает продолжительное время на обработку результатов и требует значительных материальных затрат.

Рассматриваемая система контроля состояния окружающей среды за уровнем загрязненности позволяет объективно оценивать и в режиме реального времени отслеживать экологическую обстановку в зоне ответственности предприятия, прогнозировать состояние окружающей среды, определять эффективность мероприятий природоохранного характера, быстро выявлять и устранять нештатные экологические происшествия на объектах предприятия и вблизи него.

Технологии глубокого обучения нейронных сетей поддерживаются различными библиотеками и платформами глубокого обучения [1], которые предоставляют разработчикам простые интерфейсы, позволяющие создавать и обучать нейросетевые модели [2]. Подобные библиотеки позволяют своим пользователям решать поставленные задачи, скрывая от них алгоритм реализации модели. Обычно библиотеки глубокого обучения (вроде TensorFlow и PyTorch) состоят из следующих компонентов:

- Операторы (operators) – это векторные функции, которые трансформируют данные. Наиболее применимы следующие виды операторов: линейные и свёрточные слои, слои субдискретизации, полулинейные и сигмоидальные функции активации [3].

- Оптимизаторы (optimizers) – методика достижения наилучших результатов, используемая в ускорении обучения. Методика реализуется в виде незначительного изменения параметров (например вес, скорость обучения), чтобы модель работала правильно и быстро. Среди часто используемых оптимизаторов можно отметить – SGD, RMSProp и Adam.

- Функции потерь (Loss functions) – метрика, позволяющая оценить, насколько хорошо функционирует модель классификации в машинном обучении, представляющая собой аналитические и дифференцируемые математические выражения.

– Инициализаторы (Initializers) – исходные значения параметров применяемой модели. Эти значения параметры имеют в самом начале обучения сети, и от них зависит как быстро сеть будет обучаться.

– Регуляризаторы (Regularizers) – это инструментарий, препятствующий переобучению нейронной сети, что позволяет сети приобрести свойство обобщать информацию.

Keras представляет собой библиотеку открытого типа для Python, которая предназначена для глубокого машинного обучения. Свой функционал Keras реализует на основе TensorFlow, Theano и CNTK. Keras является механизмом, которые позволяют программным компонентам взаимодействовать друг с другом. Он использует набор определений и протоколов предоставляет услугу, размещенную поверх других конструкций, таких как Tensorflow. Для создания и обучение нейронной сети необходимо, чтобы были установлены пакеты Keras, Tensorflow, Pandas, Scikit-learn и Matplotlib.

При разработке системы мониторинга в качестве основных факторов, влияющие на значения концентрации вредных веществ были взяты метеоданные и технологические факторы. Однако, учитывая, что в технологических факторах содержатся как случайные, так и постоянные составляющие, в качестве технологических факторов использованы значения концентраций в предыдущий момент времени.

На втором этапе проектирования проведен корреляционный анализ данных. Для этого взяты фактические данные концентрации выбросов аммиака (мг/м^3), а также погодные условия: скорость воздушных масс (м/с), влажность (%), давление воздуха (мм рт. ст.) и температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$).

Для реализации поставленной цели была выбрана архитектура нейронной сети, приведенная на Рис. 1: Для описания этой архитектуры в библиотеке Keras применяется последовательная модель.

Для обучения сети необходимо предварительно определяемся по следующим позициям: алгоритм оптимизации (метод стохастического градиентного спуска), функция потерь (среднеквадратичная ошибка), дополнительные метрики (средняя абсолютная ошибка). Набор данных для обучения сети (всего – 100 точек) был разделен на: обучающий набор (70 точек), проверочный набор (15 точек) и тестировочный набор (15 точек).

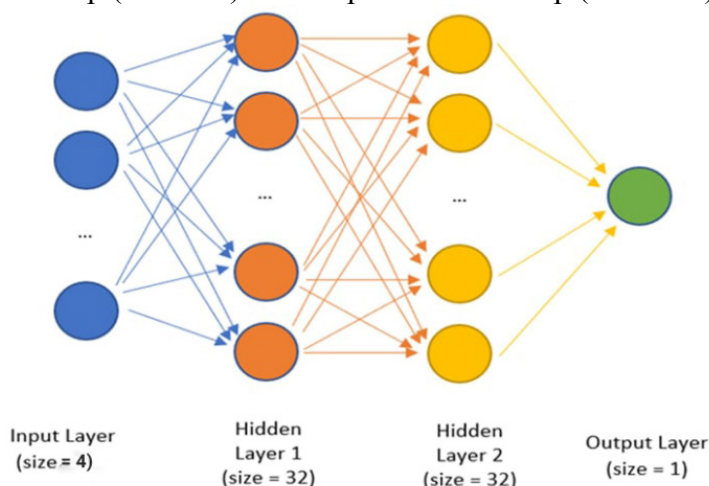
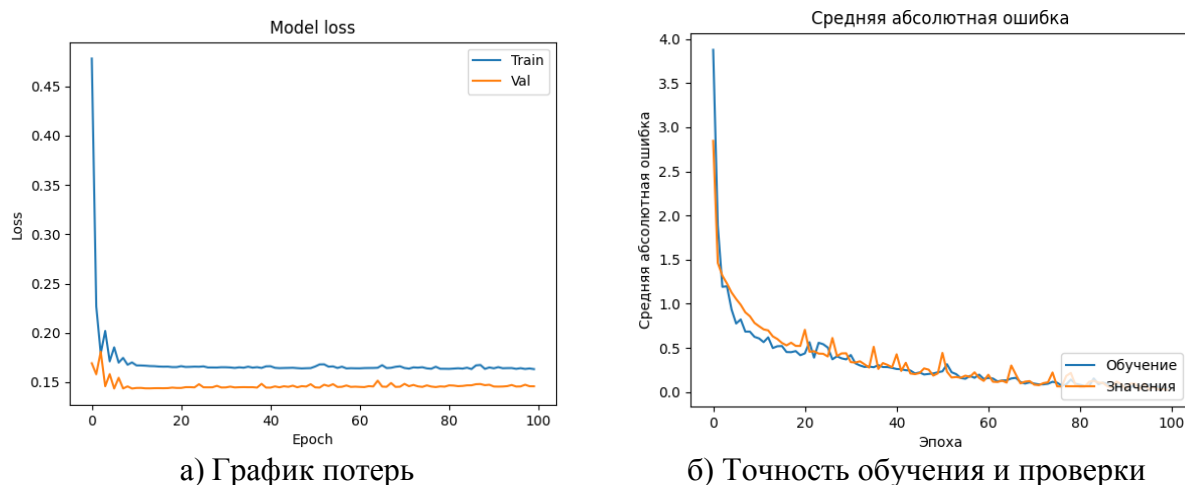


Рис. 1 – Архитектура нейронной сети

График потери обучения и потери val по количеству прошедших эпох, представлен на Рис 2а, точностные характеристики полученной нейронной сети – на рис. 2б.



а) График потерь

б) Точность обучения и проверки

Рис. 2 – Результаты обучения сети

Разработанная нейронная сеть дает достаточно точные прогнозы по концентрации вредных веществ. На Рис. 3 в качестве сравнения приведены фактические данные и спрогнозированные с помощью нейронной сети.

Представленный на рассмотрение программный продукт разработан в кроссплатформенной интегрированной среде разработки Pycharm с применением языка программирования Python. Работа с параметрами мониторинга, хранящимися в базе данных, осуществляется в объектно-реляционной системе управления базами данных PostgreSQL.

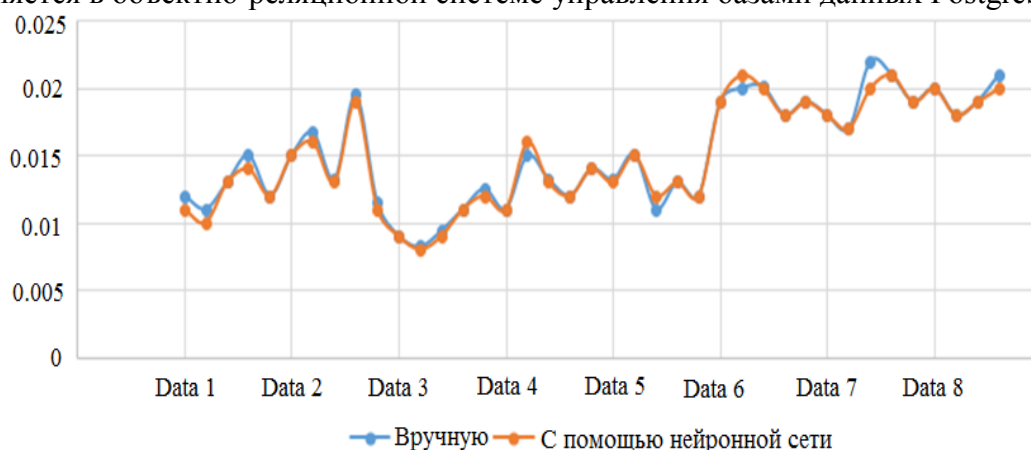


Рис. 3 – Сравнение прогноза и фактической концентрации аммиака

База данных реализуется на основе двух таблиц: первая (Con_data) хранит значения Даты и Концентрации, вторая (Factors) – значения Даты, Температуры, Скорости ветра, Влажности и Давления. Для последующей работы с базой данных можно будет обращаться через программный код.

На Рис. 4 приведена диаграмма вариантов использования, которая демонстрирует функционал разработанного программного обеспечения.

Проект реализовывался с помощью следующего инструментария: Pycharm – среда программирования для языка Python, которая предоставляет инструменты для анализа кода, графический отладчик, инструмент для запуска юнит-тестов; PostgreSQL; PyQt – расширения графического фреймворка Qt для Python, являющиеся расширением Python; Psycopg, представляющий собой адаптер базы данных PostgreSQL для языка программирования Python.

Программный комплекс состоит из следующих компонентов: программа ввода значений: дата, метеорологические условия (температура, скорость ветра, влажность, давление); программа сохранения, добавления, удаления данных; программа построения нейросетевой модели [4].



Рис. 4 – Диаграмма вариантов использования

Таким образом, для уменьшения затрат, связанных с приобретением и эксплуатацией дорогостоящего оборудования и ускорения получения результатов отбора возможно использование математической модели нейронной сети для прогнозирования выбросов вредных веществ в атмосферном воздухе. При проектировании и реализации нейронной сети применен метод обратного распространения ошибки, который является одним из основных методов машинного обучения. Это позволяет за конечное число шагов обучить искусственную нейронную сеть.

Список литературы

1. Михайлов А.С. Методы оптимизации: курс лекций. Красноярск: СибГТУ, 2012. 81 с.
2. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия Телеком, 2001. 382 с.
3. <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/486686/>
4. Криспин Л., Грегори Д. Гибкое тестирование. Практическое руководство для тестировщиков ПО и гибких команд. СПб.: Вильямс, 2010. 365 с.

2.3.1.

М.О. Лапшов, А.А. Ашрятов д-р техн. наук

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева,
кафедра «Источников света»,
michaelapshov@yandex.ru, ashryatov@rambler.ru

МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ГИБКИХ СВЕТОДИОДНЫХ ЭКРАНОВ

Данная статья представляет результаты исследовательской деятельности, направленной на разработку методов конструирования светодиодных экранов. В статье описываются современные методы конструирования гибких светодиодных экранов на гибких подложках. Описывается технология, которая используется при изготовлении изделий и мировые технологические тренды.

Ключевые слова: *светодиодные экраны, гибкие экраны, RGB-матрица, токопроводящие дорожки, топология платы*

Введение

На рынке светодиодных экранов существует несколько проблем, связанных с недостатком функционала светодиодных экранов на pcb-основании. Для нестандартных проектов такие экраны не подходят. Под нестандартными проектами принимаются те проекты, в которых невозможно применить традиционные светодиодные экраны (прозрачные медиа-витрины, прозрачные медиа-фасады, гибкий светодиодный экран-занавес и т.п.) Дело в том, что традиционные экраны (на жесткой основе):

а) Тяжелые. Для монтажа используются громоздкие металлические конструкции.

б) Жесткие. Невозможно использовать на поверхностях с нестандартной геометрией

Конструкционные отличия гибких светодиодных экранов лежат в использовании гибких прозрачных подложек и специальных адгезивных составов для монтажа светодиодов.

Методы конструирования гибких светодиодных экранов

Гибкий светодиодный экран представляет собой светодиодную SMD-RGB матрицу, которая смонтирована на гибкую основу с токопроводящими дорожками. Остальные электронные компоненты (ограничивающие резисторы, интегральные схемы) монтируются преимущественно на задней стороне (на передней, если позволяет конструкция). Ниже представлена информация, которая раскрывает каждый конструкционный элемент гибких экранов.

Гибкая основа. Гибкая печатная основа состоит из пленки, на которую наносятся токопроводящие дорожки с двух сторон. Используются 2 вида гибких основ: PET (ПЭТ) и PI (Полиимид). Полиимид отличается термостойкостью и позволяет производить полноценную низкотемпературную пайку при стандартном SMD монтаже. В разработках экранов, где пайка отсутствует ПЭТ как основу. В данном случае применяются специальные адгезивные составы для электрического контакта светодиодов с контактными площадками. Толщина используемых подложек для PET – от 50 мкм до 120 мкм, для PI – от 70 до 150 мкм.

Токопроводящие дорожки. При выборе толщины медных слоев печатной платы определяются, прежде всего, требуемые минимальные зазор и ширина проводника, а также максимальный ток, протекающий по проводнику [2]. Эти параметры способны противоречить друг другу: чем тоньше проводящий слой, тем меньший топологический рисунок может быть получен, но тем меньший предельный ток выдержит печатная дорожка. Существуют 3 способа получения токопроводящих дорожек на гибкой основе

- Методы печатной электроники Печатные дорожки. Токопроводящие дорожки наносятся посредством трафаретной печати серебрясодержащей пасты на ПЭТ подложку.

- "Катинг". Данная технология подразумевает "позатпное" соскабливание с плоскости гибкой основы токопроводящего материала. Причем "соскабливание" происходит таким образом, что получаются токопроводящие дорожки необходимой формы.

- Травление. Основной способ получения токопроводящих дорожек на гибких основах ПЭТ и Полиимида. Данный способ позволяет получить корректные контактные площадки для светодиодов. С помощью травления можно производить заготовки для светодиодных экранов с шагом светодиодов менее 10 мм.

При проектировании гибких плат с постоянно действующими токами величиной в несколько ампер необходимо выполнять тепловые расчёты как для электрических компонентов, так и для проводников [3]. Представленные модели и аналитические соотношения позволяют выполнить оценку предельного тока печатных дорожек и на её основании выбрать необходимую толщину медных слоёв и топологию проводников. Для получения точного решения необходимо использовать специализированные САПР [1].

Монтаж светодиодов. Светодиоды монтируются на передней поверхности гибкой печатной платы (заготовки) с помощью технологии поверхностного монтажа (SMT). Это технология позволяет точно размещать SMD-компоненты для последующей пайки или склеивания (токопроводящим клеем).

Далеко не каждая SMD-установка позволяет монтировать SMD-компоненты на гибкую основу. Необходимо чтобы подобная установка обладала следующим функционалом:

- Размотка гибкой подложки с нанесенным токопроводящим слоем
- Нанесение эпоксидного, токопроводящего клея или припоя.
- 64 ленты подачи компонентов
- Возможность точечной сушки клея под SMD-компонентами термоголовкой
- Туннельная сушка, температура до 350 С.
- Оптический контроль качества монтажа
- Нарезки светодиодного полотна

Светодиоды и smd-компоненты. На сегодняшний день в гибких светодиодных экранах используются SMD-светодиоды, т.к. они являются отличным решением для из-за низкого профиля корпуса. Этим решением стараются максимально уменьшить толщину будущих экранов. Тип используемых SMD-светодиодов определяет множество параметров экрана. В современных проектах используются адресные светодиоды SMD RGB-светодиоды со встроенным в корпус микроконтроллером и с микроконтроллером, смонтированным на задней части гибкой основы. От такого какой микроконтроллер используется в светодиодных экранах зависит система, на которой будет работать будущий экран.

Контроллеры и система управления светодиодными экранами. Контроллер светодиодного экрана служит устройством, которое кодирует видеоконтент в цифровые пакеты данных, которые передает либо напрямую на светодиоды, либо на принимающие карты (декодеры). Тип контроллера зависит от использования светодиодов.

Для светодиодных экранов, где применяются светодиоды со встроенным микроконтроллером используются контроллеры "Т-8000". Кодированный пакет данных передается на данный контроллер с помощью файла на SD-карте, который в свою очередь формируется при помощи специального программного обеспечения.

Для светодиодных экранов, где применяются светодиоды без микроконтроллера (он расположен на тыльной стороне экрана) чаще всего применяются контроллеры NovaStar. В качестве основного контроллера можно использовать "Nova-MCTRL300", который представлен на рисунке 1, а для принимающих карт - B6s или A8s. Контроллеры MRCTL300 позволяют передавать информацию на 1.3 млн светодиодов и подключить светодиодный экран напрямую к ПК в режиме монитора.

Источник питания. В светодиодных экранах используются источники питания с постоянным значением напряжения DC. В зависимости от типа используемых светодиодов применяют источники питания от +5В до +24В (самые популярные +5В и +12В). Так же в зависимости от типа светодиодного экрана, источник питания монтируется в отдельные

серверные рядом с местом установки светодиодных экранов. В итоге получается технически сложный продукт, который решает основные проблемы применения существующих светодиодных экранов: вес и жесткость конструкции. Изготовленный по описанным методам гибкий светодиодный экран представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – Гибкий светодиодный экран

Из гибкого светодиодного полотна можно собрать экран или объемную фигуру практически любой формы и размера. Такие светодиодные экраны можно устанавливать в любом месте на улице или внутри помещения, в зависимости от класса по IP.

Основные технологические тренды

Основной технологический тренд – это повышение разрешения светодиодных экранов. Данная тенденция обусловлена производством все более малых RGB-светодиодов и повышением функционала современного SMD-оборудования. Разрешение светодиодного экрана определяется расстоянием между центрами светодиодов - шаг светодиодов (англ. P - pitch) Если 5 лет назад светодиодные экраны были с шагом светодиодов P10 (шаг 10 мм), то сейчас экраны некоторых производителей достигают P0,9. Если всего несколько лет назад применялись светодиоды размером 3.5x3.5 мм, то сейчас только шаг (расстояние между центрами) светодиодов начинается от 0,9 мм. Но стоит отметить чрезвычайную дороговизну такой продукции. Поэтому сейчас наиболее популярны гибкие светодиодные экраны с шагом светодиодов P3, P4, P5.

Заключение

В Данной статье были описаны современные методы конструирования гибких светодиодных экранов на гибких подложках, а также мировые технологические тренды. Остается добавить, что потенциал технологии еще не исчерпан и напрямую зависит от производственного оборудования, которое ежегодно обновляется и модернизируется.

Список литературы

1. Тютюков С.А. Проектирование современных печатных плат. Часть 2. Выбор структуры печатной платы // Компоненты и технологии. 2017 № 12
2. Adam J., Brooks D.G «In Search For Preece and Onderdonk», UltraCAD, 2015
3. Brooks D. G., Adam J. «Trace Currents and Temperatures Revisited», UltraCAD, 2015

2.3.1.

Е.Е. Миргородская канд. техн. наук, **Н.П. Митяшин** д-р техн. наук,
Д.А. Васильев канд. техн. наук, **Ю.Б. Томашевский** д-р техн. наук,
О.В. Ушакова канд. физ.-мат. наук, **А.Е. Черных**, **Е.В. Трегубова**

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Институт электронной техники и приборостроения,
кафедра «Системотехника и управление в технических системах»,
Саратов, mee85@inbox.ru

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛИТНЫХ ГРУПП

В статье представлен вариант модели элитных групп, т.е. коллективов сотрудников высокой квалификации некоторой предметной области. Особенность модели заключается в многокритериальной оценке членов элитной группы, в которой критериями служат компетенции рассматриваемой предметной области. Компетентностный подход позволяет дифференцировать функциональные позиции группы, количественно оценивать соответствие претендентов на замещение конкретных позиций, а также качество ее комплектования по введенному показателю степени компетенции. В качестве примера использования модели приводится решение задачи оптимального комплектования элитной группы по ее степени компетенции.

Ключевые слова: элитная группа, модель, функциональная позиция, компетенция, оптимизация, перестановка, степень компетенции.

Введение. Элита, элитная группа – научные термины, означающие совокупность элементов, в чем-то лучших, чем остальные [1-3]. Элитная группа (ЭГ), элементами которой являются люди, может образоваться естественным образом внутри какого-нибудь коллектива благодаря, например, конкуренции в процессе совместной деятельности его членов. В этом случае ЭГ может не иметь четких границ, статуса членства и других формальных атрибутов, однако играть заметную роль в коллективе. Изменения в структуре и составе таких ЭГ происходят по естественным причинам и не регулируются какими-либо правилами.

Однако в различных областях деятельности общества и государства, таких как производство, наука, культура, спорт и т.п., важную роль играют ЭГ, которые можно назвать формальными. Структура, состав, требования к членам в таких ЭГ жестко регламентированы. Одной из первых работ, в которых рассматриваются проблемы, имеющиеся в процессе формирования и жизнедеятельности подобных групп, является статья [1]. В ней рассматриваются процессы первоначального формирования ЭГ и отбора элементов в процессе естественной эволюции ее состава.

Качество элементов ЭГ оцениваются единственным неотрицательным критерием x , не превышающим 1, причем более высокому качеству элемента соответствует большее значение критерия.

Количество элементов n в элитной группе считается постоянным. В связи с этим может оцениваться качество ЭГ в целом, а именно средним по группе значением критерия \bar{x}_g . В работе [4] предлагается обобщение этого подхода, основанное на применении элементов теории нечетких множеств [5, 6]. Это позволяет учесть субъективность в оценивании претендентов на вакантное место.

Выбор на основе компетентностного подхода. Наличие единственного критерия качества членов ЭГ приводит к ограниченному применению теории ЭГ.

Анализ и синтез сложных технических систем должны проводиться на основе их многокритериального оценивания [7]. Это относится, в том числе, к человеко-машинным

системам, к которым принадлежат и ЭГ. При этом критерии должны учитывать, что члены ЭГ выполняют различные функции и, следовательно, замена членов группы не может не отражаться на ее качестве в целом. Для ЭГ характерен большой набор разнообразных компетенций, который позволяет с одной стороны наилучшим образом распределять функции внутри группы, а с другой не исключает известную универсальность сотрудников, определяющую возможность при необходимости их замены или совмещения функций.

В направлении развития теории элитных групп была предпринята попытка преодоления указанного недостатка однокритериальности оценки членов ЭГ и группы в целом. Соответствующие результаты приводятся в [8]. В этой работе предложена модель элитной группы, в которой оценка членов группы производится с помощью множества компетенций, играющих роль критериев. В отличие от модели из [1] в работе [8] введены различные функциональные позиции (ФП) элитной группы. С помощью того же множества компетенций определяются индивидуальные модели каждой ФП путем задания степени владения каждой компетенцией, достаточной для занятия лицом, претендующим на ФП.

Настоящая работа посвящена развитию этого подхода к анализу и синтезу ЭГ в части как модернизации самой модели, так и процедур ее формирования и оптимизации.

Математическая модель элитной группы. Основой применяемой математической модели ЭГ является базовое множество $V = \{v_j, j = \overline{1, M}\}$, элементами которого служат ФП v_j .

Множество знаний и умений, которыми должны обладать лица, занимающие данную ФП, назовем компетенцией. Множество всевозможных компетенций, которыми должны обладать члены элитной группы, обозначим

$$C = \{c_i, i = \overline{1, N}\}. \quad (1)$$

Здесь c_i – конкретная компетенция, необходимая членам ЭГ. Степень владения компетенцией c_i будем оценивать числом из диапазона от 0 до 1, причем большей степени владения компетенцией соответствует большее число.

Различные ФП отличаются наборами достаточных значений уровней владения компетенциями из C . Это позволяет ввести модель конкретной v_j в виде вектора $v_j = [\eta_j^1, \eta_j^2, \dots, \eta_j^i, \dots, \eta_j^N]$, где η_j^i – достаточный уровень владения компетенцией i для j -й ФП, $0 \leq \eta_j^i \leq 1$.

Модель лица, претендующего на занятие некоторой ФП данной ЭГ теперь можно представить в виде нечеткого множества компетенций $P(x) = [\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_i(x), \dots, \mu_N(x)]$, где x – имя претендента, $\mu_i(x)$ – степень владения претендентом x компетенцией c_i .

Суппорт множества $P(x)$ [5, 9], т.е. четкое подмножество множества C тех компетенций, для которых $\mu_i(x) > 0$, назовем профилем лица x

$$prof(x) = \{c_i \mid \mu_i^i > 0\}. \quad (2)$$

Для того чтобы судить о соответствии лиц, претендующих на замещение ФП ЭГ, введем модель лица x по отношению к конкретной ФП. Для этого вместо степени владения $\mu_i(x)$ компетенции c_i введем степень достаточности владения лицом x компетенцией i для j -й ФП, которую обозначим, как $\theta_i^j(x)$

$$\theta_i^j(x) = \begin{cases} \frac{\mu_i^j(x)}{\eta_j^i}, & \text{если } \mu_i^j(x) < \eta_j^i \\ 1, & \text{если } \mu_i^j(x) \geq \eta_j^i \text{ или } \eta_j^i = 0 \end{cases}. \quad (3)$$

Очевидно, что, если $\theta_i^j(x) = 1$, то претендент x полностью соответствует v_j по компетенции c_i . Если же $\theta_i^j(x) < 1$, соответствие лица x ФП v_j по компетенции c_i неполное.

Для замещения j -й ФП претендентом x целесообразно ориентироваться на следующий интегральный показатель

$$\Xi_j(x) = \min_i \theta_i^j(x), \quad (4)$$

который может служить для сравнения нескольких претендентов на замещение ФП v_j . Если для некоторого x_0 величина этого показателя равна 1, то можно говорить о полном соответствии этого претендента ФП v_j , в противном случае имеется его не полное соответствие этой позиции. Показатель $\Xi_j(x)$ назовем степенью соответствия претендента ФП v_j .

Для полностью скомплектованной элитной группы Y введем показатель $\Xi(Y) = \min_j \Xi_j(y_j)$, в котором y_j – лицо, занимающее в Y позицию v_j . Этот показатель целесообразно называть степенью компетентности элитной группы (СКЭГ).

Введение этого показателя позволяет поставить следующую задачу оптимального комплектования ЭГ.

Пусть имеется не скомплектованная ЭГ, заданная множеством компетенций (1) и множеством функциональных позиций V . Кроме того, задано множество претендентов X на замещение ФП, причем число L претендентов во множестве X не меньше числа M ФП в V , т.е. $L \geq M$. Известны также модели $P(x_k)$ всех претендентов из X . Необходимо найти такую инъекцию множеств V во множество X , т.е. назначить на каждую ФП из V претендента из X , чтобы для сформированной ЭГ Y степень компетентности $\Xi(Y)$ была максимальна.

Алгоритм решения задачи оптимального комплектования ЭГ. Из формулировки поставленной выше задачи оптимального комплектования элитной группы (ОКЭГ) следует, что для нахождения ее решения достаточно перебрать все инъекции F из множества V в множество P и выбрать из них ту, для которой величина $\Xi(Y)$ максимальна.

В основу алгоритма положим аппарат генерации перестановок [10]. Перестановка из L элементов изображается следующей матрицей

$$\Pi = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & j & \dots & L \\ \pi(1) & \pi(2) & \pi(3) & \dots & \pi(j) & \dots & \pi(L) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где $\pi(j)$ – индекс из набора $\{1, 2, \dots, L\}$, который в силу перестановки элементов первой строки попал на j -е место. Очевидно, что перестановка задает биекцию, т.е. взаимнооднозначное отображение. В рассматриваемой задаче в случае $L > M$ имеется инъекция, поэтому требуется уравнивать число элементов в отображаемых множествах для чего добавим $(L - M)$ фиктивных ФП, присвоив им номера от $(M + 1)$ -го до L -го.

В нашей задаче в первой строке перестановки Π в (8) записаны номера ФП, причем последние $(L - M)$ соответствуют фиктивным ФП. Таким образом, рассматриваются $L!$ перестановок из L элементов.

С учетом сказанного предложим следующий алгоритм решения задачи ОКЭГ.

1. Формируем массив $L!$ перестановок из L элементов.
2. Формируем таблицу 1 моделей компетенций, ФП и претендентов.

Таблица 1 – Модели компетенций, ФП и претендентов

Компетенции	Функциональные позиции					Претенденты				
	v_1	...	v_j	...	v_M	x_1	...	x_k	...	x_L
C_1	η_1^1	...	η_j^1	...	η_M^1	$\mu_i(x_1)$	...	$\mu_i(x_k)$	...	$\mu_i(x_L)$
...
C_i	η_1^i	...	η_j^i	...	η_M^i	$\mu_i(x_1)$	...	$\mu_i(x_k)$	...	$\mu_i(x_L)$
...
C_N	η_1^N	...	η_j^N	...	η_M^N	$\mu_N(x_1)$	...	$\mu_N(x_k)$	...	$\mu_N(x_L)$

3. Используя формулу (3) для каждой нефиктивной ФП v_j , формируем таблицу степеней достаточности владения лицом x_k компетенцией i для j -й ФП.

Таблица 2 – Степени достаточности $\theta_i^j(x_k)$ владения лицом x_k компетенцией i для j -й ФП

Компетенции	x_1	...	x_k	...	x_L
C_1	$\theta_1^j(x_1)$	...	$\theta_1^j(x_k)$	...	$\theta_1^j(x_L)$
...
C_i	$\theta_i^j(x_1)$	...	$\theta_i^j(x_k)$	...	$\theta_i^j(x_L)$
...
C_N	$\theta_N^j(x_1)$	...	$\theta_N^j(x_k)$	...	$\theta_N^j(x_L)$
$\Xi_j(x_k)$	$\min_i \theta_i^j(x_1)$	...	$\min_i \theta_i^j(x_k)$	...	$\min_i \theta_i^j(x_L)$

В последней строке столбца, соответствующего k -му претенденту, записывается степень его соответствия v_j , рассчитываемая по формуле (4).

На данном этапе строится массив вариантов комплектования ЭГ, соответствующих перестановкам Π_r , $r = 1, \dots, L!$ и значений их СКЭГ, рассчитываемых по формуле

$$\Xi(\Pi_r) = \min_{j=1, \dots, M} (\Xi^j(\pi_{(j)}^r)). \quad (6)$$

Таблица 3 – Возможные варианты комплектования элитной группы и значения степени их компетенций

Перестановки	v_1	...	v_j	...	v_M	Компетенции ЭГ
Π_1	$\Xi^1(\pi_{(1)}^1)$	...	$\Xi^j(\pi_{(j)}^1)$	...	$\Xi^M(\pi_{(M)}^1)$	$\min_j (\Xi^j(\pi_{(j)}^1)), j = \overline{1, M}$
...
Π_r	$\Xi^1(\pi_{(1)}^r)$	...	$\Xi^j(\pi_{(j)}^r)$	...	$\Xi^M(\pi_{(M)}^r)$	$\min_j (\Xi^j(\pi_{(j)}^r)), j = \overline{1, M}$
...
$\Pi_{L!}$	$\Xi^1(\pi_{(1)}^{L!})$	...	$\Xi^j(\pi_{(j)}^{L!})$	...	$\Xi^M(\pi_{(M)}^{L!})$	$\min_j (\Xi^j(\pi_{(j)}^{L!})), j = \overline{1, M}$

В ячейке, соответствующей строке r и столбцу j , данной таблицы записывается степень соответствия $\Xi^j(\pi_{(j)}^r)$ претендента $x_{\pi_{(j)}^r}$ ФП v_j , значение которой берется из ячейки $\pi_{(j)}^r$ последней строки таблицы 2.

Поскольку перестановки Π_r исчерпывают все возможные комплектования ЭГ, то для нахождения оптимального комплектования достаточно найти максимальный элемент в последнем столбце таблицы 3, т.е. $\Xi(Y) = \max_r \min_j (\Xi^j(\pi_{(j)}^r))$, а само оптимальное комплектование соответствует перестановке с номером $r_0 = \arg \max_r \min_j (\Xi^j(\pi_{(j)}^r))$.

Далее комплектование, соответствующее перестановке Π , будем обозначать как $Y(\Pi)$.

Пример комплектования ЭГ. Рассмотрим комплектование ЭГ, в которой число ФП $M = 3$. Пусть число компетенций $N = 20$. Известно также, что число претендентов $L = 5$.

Пусть заданы модели ФП $v_j = [\eta_j^1, \eta_j^2, \dots, \eta_j^{10}]$, $j = \overline{1, 3}$ и известны модели претендентов $P(x_k) = [\mu_1(x_k), \dots, \mu_i(x_k), \dots, \mu_{10}(x_k)]$, $k = \overline{1, 5}$.

Поскольку число ФП меньше числа претендентов, то добавляем две фиктивные ФП.

В соответствие с ранее изложенным алгоритмом:

1. Сгенерируем $5! = 120$ перестановок.
2. Сформируем таблицу моделей ФП и кандидатов.

Таблица 4 – Модели ФП и претендентов

Компетенции	Позиции			Претенденты				
	v_1	v_2	v_3	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
C_1	0.60	0.19	0.00	0.46	0.44	0.18	0.10	0.19
C_2	0.80	0.37	0.00	0.63	0.60	0.27	0.15	0.34
C_3	1	0.55	0.00	0.81	0.75	0.37	0.21	0.48
C_4	0.88	0.73	0.20	0.78	0.73	0.50	0.37	0.64
C_5	0.76	0.91	0.40	0.75	0.70	0.63	0.54	0.79
C_6	0.64	0.92	0.60	0.69	0.66	0.70	0.67	0.83
C_7	0.52	0.76	0.80	0.60	0.60	0.73	0.76	0.74
C_8	0.40	0.60	1	0.50	0.54	0.76	0.86	0.66
C_9	0.28	0.44	0.88	0.37	0.42	0.63	0.73	0.51
C_{10}	0.16	0.28	0.76	0.20	0.22	0.54	0.58	0.41

3. С использованием формулы (3) рассчитаем для каждой нефиктивной ФП v_j , $j = \overline{1, M}$ и каждого претендента x_k степень достаточности владения им компетенцией i . Результаты сведем в таблицы 5, 6 и 7, построенные в соответствии со структурой таблицы 2. В последних строках этих таблиц в столбцах, соответствующих k -му претенденту, записывается степень его соответствия позиции v_j .

Таблица 5 – Степени достаточности $\theta_i^1(x_k)$, $k = \overline{1, 5}$ владения компетенциями C_i по отношению к v_1

Компетенции	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
C_1	0.76	0.73	0.3	0.16	0.32
C_2	0.79	0.75	0.34	0.19	0.425
C_3	0.81	0.75	0.37	0.21	0.48
C_4	0.89	0.83	0.64	0.42	0.73
C_5	0.99	0.92	0.83	0.71	1
C_6	1	1	1	1	1
C_7	1	1	1	1	1
C_8	1	1	1	1	1
C_9	1	1	1	1	1
C_{10}	1	1	1	1	1
$\Xi_1(x_k)$	0.76	0.73	0.3	0.16	0.32

Таблица 6 – Степени достаточности $\theta_i^2(x_k)$, $k = \overline{1, 5}$ владения компетенциями C_i по отношению к v_2

Компетенции	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
C_1	1	1	0.89	0.53	1
C_2	1	1	0.73	0.4	0.92
C_3	1	1	0.66	0.38	0.87
C_4	1	1	0.68	0.5	0.88
C_5	0.82	0.77	0.69	0.59	0.87
C_6	0.73	0.69	0.76	0.73	0.9
C_7	0.79	0.79	0.73	1	0.97
C_8	0.83	0.9	1	1	1
C_9	0.84	0.95	1	1	1
C_{10}	0.86	1	1	1	1
$\Xi_2(x_k)$	0.73	0.69	0.66	0.38	0.87

Таблица 7 – Степени достаточности $\theta_i^3(x_k), k = \overline{1,5}$ владения компетенциями C_i по отношению к v_3

Компетенции	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
C_1	1	1	1	1	1
C_2	1	1	1	1	1
C_3	1	1	1	1	1
C_4	1	1	1	1	1
C_5	1	1	1	1	1
C_6	1	1	1	1	1
C_7	0.75	0.75	0.91	0.95	0.92
C_8	0.50	0.54	0.76	0.86	0.66
C_9	0.42	0.42	0.61	0.83	0.58
C_{10}	0.26	0.33	0.66	0.77	0.41
$\Xi_3(x_k)$	0.26	0.33	0.61	0.77	0.41

4. Сформируем массив, структура которого соответствует структуре, представленной в таблице 3. В последний столбец массива запишем степени компетентности комплектований $Y(\Pi_r)$, соответствующие перестановкам $\Pi_r, r = 1, \dots, L!$.

5. Для нахождения оптимального комплектования определим максимальный элемент последнего столбца сформированного массива.

Таким образом, результатом работы алгоритма по данным, представленным в таблице 4, является степень компетентности оптимального комплектования, равная $\Xi_{opt}(Y) = \max_r \min_j (\Xi^j(\pi_{(j)}^r)) = 0.76$.

Она достигается для двух вариантов комплектования, соответствующих перестановкам с номерами 85 и 86 сформированного массива

$$\Pi^{85} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 5 & 4 & 2 & 3 \end{bmatrix}, \quad \Pi^{86} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 5 & 4 & 3 & 2 \end{bmatrix}.$$

Поскольку столбцы 4 и 5 соответствуют фиктивным ФП, то реальные комплектования этих перестановок идентичны. В итоге, оптимальное комплектование соответствует следующим назначениям:

1. первую ФП занимает претендент x_1 с компетенцией 0.76;
2. вторую ФП занимает претендент x_5 с компетенцией 0.87;
3. третью ФП занимает претендент x_4 с компетенцией 0.77.

Поскольку на практике может оказаться, что оптимальное комплектование по каким-либо дополнительным обстоятельствам является нереализуемо, интерес представляет список комплектований с компетенциями близкими к оптимальным.

Предлагаемый алгоритм, основанный на переборе перестановок, в этом отношении выгодно отличается от алгоритма, основанного на решении задачи о назначении [11-13], используемого в [8]. Методы решения задачи о назначении определяют единственное оптимальное решение, но не дают информации о близких вариантах, незначительно отличающихся по величине целевой функции.

В таблице 8 приведен сформированный с помощью разработанного алгоритма список комплектований ЭГ с компетенциями не ниже $0.9 \cdot \Xi_{opt}(Y) = 0.684$. В таблице $x(v_k)$ обозначает претендента x , получающего позицию v_k .

Таблица 8 – Комплектование ЭГ с СКЭГ не ниже $0.9 \cdot \Xi_{opt}(Y)$

Номер перестановки r	Состав $Y(\Pi_r)$			СКЭГ $Y(\Pi_r)$
	$x(v_1)$	$x(v_2)$	$x(v_3)$	
7	x_1	x_2	x_4	0.69
9	x_2	x_1	x_4	0.73
31	x_1	x_2	x_4	0.69
85	x_1	x_5	x_4	0.76
87	x_2	x_5	x_4	0.73

Заключение. Работа посвящена разработке модели ЭГ, основанной на компетентностной оценке ее членов, позволяющей решать задачу их формирования и оптимизации. Предложенный алгоритм решения задачи оптимального формирования ЭГ применим как при ее первоначальном комплектовании, так и ее эволюции при расширении или модификации множества компетенций и ФП, изменении оценок квалификации сотрудников, выбывании сотрудников и т.п.

Результаты работы могут найти применение при моделировании функционирования и развития таких групп специалистов, как кафедры вузов, труппы театров, спортивные команды и т.п., которым свойственны разнообразный набор компетенций их членов.

Список литературы

1. Ефимов А.Н., Кутеев В.М. Исследование и моделирование некоторых свойств элитных групп // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1980. – № 3. – С. 177-185.
2. Ефимов А.Н., Кутеев В.М. Ранговые процедуры управления эволюцией элитных групп // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1980. – № 6. – С. 3-12.
3. Ефимов А.Н. Элитные группы, их возникновение и эволюция // Знание-сила. – 1988. – № 1. – С. 56-64.
4. Митяшин Н.П. и др. Новый алгоритм формирования элитных групп // Интернет и инновации: практические вопросы информационного обеспечения инновационной деятельности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Саратов, 19-20 нояб. 2008 г. – Саратов, 2008. – С. 158-160.
5. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / пер. с польск. И.Д. Рудинского. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
7. Статников Р.Б., Матусов Н.Б. Многокритериальное проектирование машин. – М.: Знание, 1989. – 48 с.
8. Миргородская Е.Е. и др. Теория принятия решений в специальных организационно-технических системах: учеб. пособие. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2023. – 130 с.
9. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Радио и связь, 1989. – 320 с.
10. Миргородская Е.Е. и др. Алгоритм решения несимметричной задачи о назначении с ограничениями // Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании: сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Балаково, 16 декабря 2021 г. – Балаково, 2022. – Т. 1. – С. 278-284.
11. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера: учеб. – 6-е изд., стер. – СПб.; Москва; Краснодар: Лань, 2009. – 400 с.
12. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
13. Цирель С.В. Венгерский способ. – Москва: УРСС, 2007. – 120 с.

2.3.1.

^{1,2}Т.И. Михеева д-р техн. наук, ¹К.А. Молодыко, ^{1,2}А.М. Смолев

¹Самарский университет им. акад. С.П. Королева,
институт авиационной и ракетно-космической техники,
кафедра организации и управления перевозками на транспорте,

²Научно-производственный центр «Интеллектуальные транспортные системы»,
Самара, mikheevati@gmail.com, k.molodyko@yandex.ru, volga04j@gmail.com

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РОЕВОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS

В работе представлена спроектированная модель роевой роботизированной системы ITSGIS, обоснован ее функционал, схема взаимодействия и уязвимости. Описано определение роевой системы.

Ключевые слова: роевая роботизированная система, роевые алгоритмы, децентрализованная система, взаимодействие агентов, ITSGIS.

В функционал роевого роботизированного устройства входит прием данных от других устройств, а также их передача на соседние устройства, локальное взаимодействие между собой. Каждый агент системы имеет набор простых правил и не имея центральной системы управления, имеет самоорганизующиеся поведение. Базовый функционал роевой системы основан на распределенной сети приема-передачи данных. В реализуемой системе необходимо обеспечить взаимодействие множества роботизированных устройств между собой, получить, обработать и ретранслировать информацию (рисунок 1).

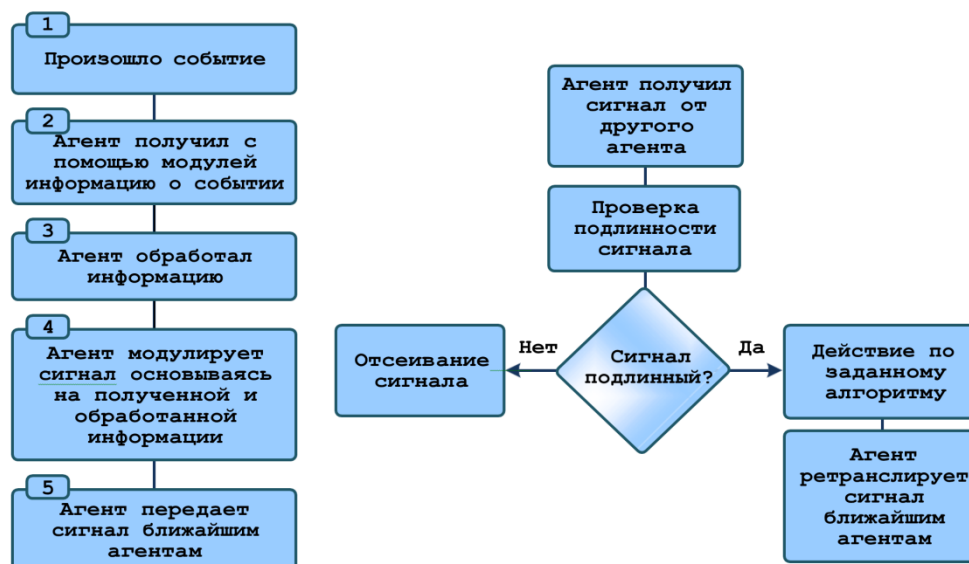


Рис. 1 – UML диаграмма действия агента с информацией

Различные элементы роевой роботизированной системы будут применяться при обеспечении безопасности аутентификации в геоинформационной системе ITSGIS.

При разработке роевой системы возникают проблемы оптимизации задач и поиска решений. Для решения данных проблем используются алгоритмы поисковой оптимизации. Также для самоконтроля и самоорганизации роя необходимо применять методы имитации социального поведения или поведения роя [1] в зависимости от целей и задач, поставленных для роевой системы. Методика выбора алгоритма поведения основана на вариантах решений каждого алгоритма в плане оптимизации, а также в точности расчета поиска решения.

В реализуемой роевой роботизированной системе могут применяться следующие методы и алгоритмы [2]:

- бактериальная оптимизация;
- алгоритм роя светлячков;
- сорняковый алгоритм;
- алгоритм кукушки;
- алгоритм обезьян;
- метод роя частиц (МРЧ);
- гармонический поиск и др.

Сам рой можно определить как децентрализованную систему, состоящую из множества простых однообразных элементов, взаимодействующих между собой и окружающей средой для решения задач или достижения целей [2].

Рой может формироваться двумя способами: восходящим и нисходящим. В первом случае несколько множеств агентов объединяются в одно множество. Во втором случае одно множество агентов разбивается на несколько не пустых множеств [1, 2]. Каждый рой представляет собой множество, состоящее из элементов или из подмножеств, что позволяет добиться высокой эффективности, так как задача, поставленная роевому множеству агентов, решается подмножествами, содержащимися в нем, причем возможно различными алгоритмами поведения [3, 4].

Роевая система ограничена во взаимодействии внутри системы, каждый элемент множества агентов системы не взаимодействует с не доверенными агентами из других множеств, но доверенный агент из множества может взаимодействовать с агентами этого множества. Взаимодействие роевой системы по беспроводному каналу показано на рисунке 2.

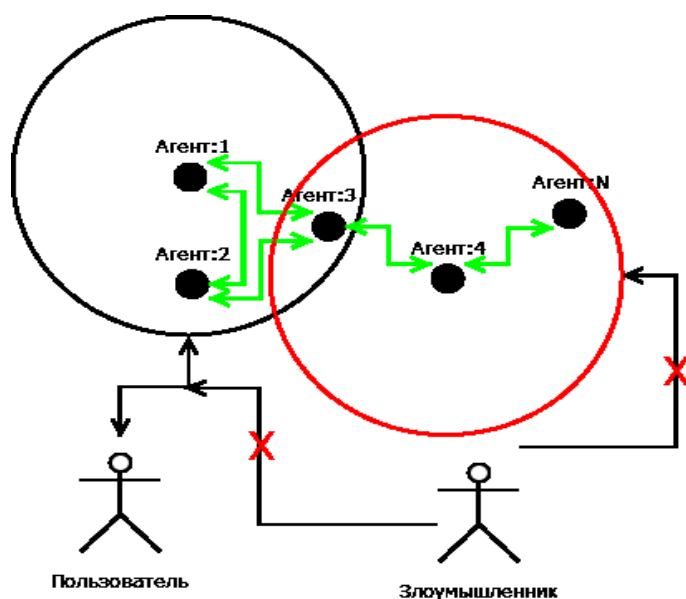


Рис. 2 – Взаимодействие роевой системы по беспроводному каналу

У каждого агента есть область взаимодействия с другими агентами системы, ограниченная дальностью действия модуля беспроводной передачи данных. Совокупность нескольких агентов образует роевую роботизированную систему. Взаимодействие пользователя с системой происходит через одного, выбранного агента, пользователю необходимо подключиться к агенту и с его помощью взаимодействовать с системой, взаимодействие напрямую с системой невозможно [5, 6, 7].

При такой реализации роевая система уязвима к перехвату управления и внедрению. В первом случае злоумышленник пытается подключиться к выбранному агенту и через него управлять системой. Во втором случае злоумышленник пытается выдать себя за агента системы [1, 8, 9].

При реализации данной схемы вероятность успешной атаки на рой, используя уязвимости внедрения, перехвата управления и ложных сообщений, зависит от используемых в протоколах алгоритмов, для идентификации и аутентификации агента [10].

Основой взаимодействия агентов является протокол взаимодействия, он может быть реализован как аппаратно, так и программно как в реализуемой системе. Именно от данного протокола в основном зависит защищенность роевой системы и определение агентов как свой-чужой. Схема взаимодействия агентов показана на рисунке 3.

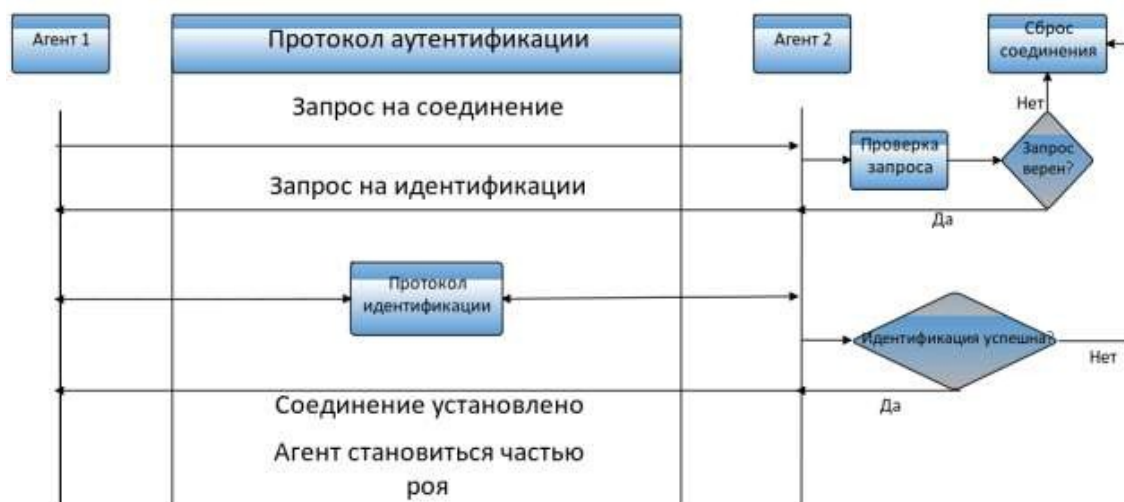


Рис. 3 – Схема взаимодействия агентов

Агент-адресат должен сформировать запрос на соединение определенной протоколом аутентификации формы, после чего данный пакет кодируется алгоритмом циклического избыточного кода и посылается агенту-адресанту. На каждом шаге получения пакета от агента-адресата проверяется правильность формирования аутентификационной информации и заголовка пакета. Агент может стать частью роевой системы, в случае если правильно сформированы пакеты данных, при передаче не была нарушена аутентификация и пройдена идентификация без блокировки. В конце каждого пакета данных ведется отсчет принятых и обработанных пакетов [1-5].

Список литературы

1. *Ильичев К.В.* Разработка масштабируемой мобильной робототехнической системы роевого взаимодействия [Текст] / К.В. Ильичев, С.А. Манцеров: «Компьютерные и информационные науки». 2017. – 108 с.
2. *Матренин П.В.* Системное описание алгоритмов роевого интеллекта / П. В. Матренин // Новосибирский технический университет. 2015. – 24 с.
3. *Водолазский И.А.* Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации / И.А. Водолазский, А.С. Егоров, А.В. Краснов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 4 (138). – С. 147–153.
4. *Яковлева Е.А.* Роевой интеллект в роботизированном решении пространственных задач: монография / Е.А. Яковлева, А.А. Сорокин, Р.А.Коваленко. – Казань: Бук, 2020. – 104 с.
5. *Баранюк В.В.* Роевой интеллект как одна из частей онтологической модели бионических технологий / В.В. Баранюк, О.С. Смирнова // International journal of open information technologies.–2015.– № 12. – С.13-17.
6. *Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К., Сидоров А.В., Савинов Е.А.* Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Ядро / Самара : Интелтранс, 2016. – Т.1. – 171 с. – ISBN 978-5-9906857-4-1.
7. *Михеева Т.И.* Интеллектуальная дислокация дорожных знаков на электронной карте // Т.И. Михеева, С.В. Михеев, А.В. Сидоров // М.: Мир дорог.– 2003. № 72. – С. 44-47.
8. *Михеева Т.И.* Информационная технология автоматической дислокации геообъектов транспортной инфраструктуры на улично-дорожной сети // Т.И. Михеева, А.В. Сидоров, О.К. Головнин / Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды межд. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН , 2013. – С.236-241.
9. *Михеев С.В.* Модели транспортных потоков в интеллектуальных транспортных системах / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, И.Г. Богданова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-11808
10. *Головнин О.К.* Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы : материалы IV Международной научно-практической конференции (Казань, 25–26 февраля 2016 г.). – Казань : ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2016. – С. 362–368. – ISBN 978-5-85247-837-5.

2.3.1.

Ю.Ю. Никонов

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Институт №6 «Аэрокосмический»,
кафедра 609 «Прикладная информатика»,
Москва, nikonovyura@list.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ETL
В ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

В статье рассматривается проблема интеграции информационных систем. Выполнен анализ методов и технологий интеграции. Проанализирована технология ETL и обосновано ее использование для интеграции.

Ключевые слова: *ETL, xslt схема, xml, json, интеграция, информационная система.*

Введение. Современный мир и Россия находится сейчас в эпохе цифровой трансформации. Количество порожденной человеком информации возрастает из года в год. Это приводит к возникновению потребности в хранении огромного количества гетерогенных данных (начиная с текстовой информации и заканчивая аудиовизуальными данными). Моральное устаревание информационных систем, приводящее к выводу из эксплуатации, необходимость взаимодействия с новыми ИТ-системами – порождают потребность в интеграции перед их владельцами.

Приведенные ниже факторы, порождают задачи интеграции информационных систем:

- 1) Перенос данных из морально устаревших систем, которые выведены или выводятся из эксплуатации (в том числе внесение архивных данных) [1];
- 2) Обмен данными с внешними системами для долговременного хранения;
- 3) Система для хранения, обработки и передачи вновь созданных данных в иные системы, являющаяся промежуточной [2].

Технология ETL. ETL (Extract, Transform, Load: извлечение, трансформация, загрузка) является системой, которая может решать следующий набор задач:

- 1) извлечение данных из различных источников данных (также использование Web-сервисов);
- 2) преобразование и форматирование данных;
- 3) загрузка в хранилище данных.

ETL имеет расширенный функционал (относится к преимуществам данной технологии) [3]:

- 1) Извлечение (Extract). Существуют адаптеры к различным источникам данных: NoSQL (not only SQL — не только SQL) и SQL (structured query language — язык структурированных запросов) базы, ручная загрузка, веб-сервисы;
- 2) Преобразование (Transform). Оно состоит из фильтрации данных и конвейера (переход от одной схемы к другой);
- 3) Выгрузка данных (Load, загрузка полученных данных в систему). Адаптеры, работающие на запись (аналогичны адаптерам для извлечения);

ETL, как и любая система, имеет недостатки, а именно:

ограничение масштабирования процесса;

невозможна интеграция данных из нескольких источников, используя одну операцию.

Постановка задачи. Рассмотрим задачу сбора информации из справочников распределенных источников в систему (данные в которой хранятся в формате json [4]). Данные справочники не взаимосвязаны (одна таблица базы данных не ссылается на другую). Сбор данных производится двумя способами: вручную или импортом из внешней системы, с помощью передачи данных в xml формате.

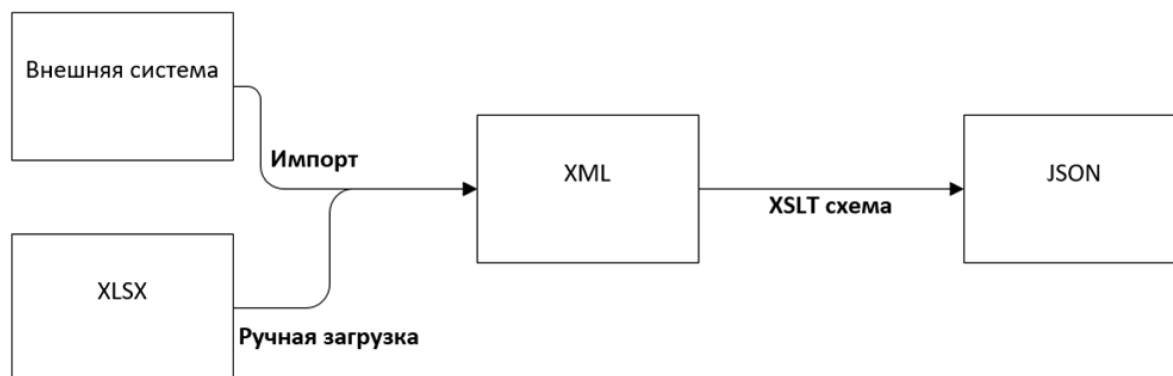


Рис. 1 – Схема работы ETL системы (Стандарт IDEF0)

Решение. Для решения поставленной задачи, воспользуемся ETL системой, схема работы которой изображена на рисунке 1.

При ручной загрузке исходными данными будут служить электронная таблица в формате .xlsx, пример которой показан в таблице 1.

Таблица 1 – Электронная таблица с данными о физических величинах в разных форматах

String	Text	Bool	Int	Float	Year	Date	DateTime	Time
Длина	Length	true	22	32,32	0	16.05.2019	24.07.2000	5:24
Масса	Mass	false	11	11,11	2020	17.05.2020	25.12.2010	6:24

Таблица после загрузки в систему будет автоматически конвертироваться в xml формат (возможности конвертации существуют также в современных редакторах электронных таблиц). Для внешних систем уже является необходимостью передавать данные в формате xml (рис. 2).

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<data>
<Manual>
  <Row>
    <String>Длина </String> <Text>Length</Text> <Bool>true</Bool>
    <Int>22</Int> <Float>32.32</Float> <Year>0</Year>
    <Date>05/16/2019 00:00:00</Date> <DateTime>07/24/2000 04:48:01</DateTime>
    <Time>12/30/1899 05:24:10</Time>
  </Row>
  <Row>
    <String>Масса</String> <Text>Mass</Text> <Bool>false</Bool>
    <Int>11</Int> <Float>11.11</Float> <Year>2020</Year>
    <Date>05/17/2020 00:00:00</Date> <DateTime>12/25/2010 05:12:00</DateTime>
    <Time>12/30/1899 06:24:21</Time>
  </Row>
</Manual>
</data>
  
```

Рис. 2 – Пример xml файла с данными из таблицы 1

Перевод из xml формата в json формат возможен благодаря xslt схеме [5]. XSLT схему возможно настраивать, в зависимости от набора импортируемых данных справочников. Необходимая схема преобразования данных (xslt схема) работает с электронной таблицей (рис. 3). Данные для преобразования взяты из таблицы 1.

```

<xsl:stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  version="1.0">
  <xsl:output method="text" encoding="utf-8" indent="yes"/>
  <xsl:template match="/">
    { "Manual": [ <xsl:for-each select="data/*/Row">
      { "String": "<xsl:value-of select='String'/>", "Text": "<xsl:value-of select='Text'/>",
        "Bool": "<xsl:value-of select='Bool'/>", "Int": "<xsl:value-of select='Int'/>",
        "Float": "<xsl:value-of select='Float'/>", "Year": "<xsl:value-of select='Year'/>",
        "Date": "<xsl:value-of select='Date'/>",
        "DateTime": "<xsl:value-of select='DateTime'/>",
        "Time": "<xsl:value-of select='Time'/>" } <xsl:if test="position() <= last()">, </xsl:if>
      </xsl:for-each> ] }
  </xsl:template>
</xsl:stylesheet>
  
```

Рис. 3 - Пример файла xslt схемы с данными из таблицы 1

Благодаря данному преобразованию мы получим данные в формате json, которые и запишутся в систему, после обработки. Полученные данные в формате json показаны на рисунке 4:

```
{  "Manual": [
  {  "String": "Длина ", "Text": "Length", "Bool": "true", "Int": "22", "Float": "32.32",
    "Year": "0", "Date": "05/16/2019 00:00:00", "DateTime": "07/24/2000 04:48:01",
    "Time": "12/30/1899 05:24:10" },
  {  "String": "Масса", "Text": "Mass", "Bool": "false", "Int": "11",
    "Float": "11.11", "Year": "2020", "Date": "05/17/2020 00:00:00",
    "DateTime": "12/25/2010 05:12:00", "Time": "12/30/1899 06:24:21"
  } ] }
```

Рис. 4 – Пример json файла с данными из таблицы 1

Список литературы

1. Мирошниченко М.А. Руссу Е.Г. Руссу К.Г. Современные технологии цифровизации и трансформации банковского бизнеса. // Вестник Академии знаний. 2020. №39(4). 431 с.
2. Логиновский О.В. Шестаков А.Л. Шинкарев А.А. Построение современных корпоративных информационных систем. // Управление большими системами: сборник трудов. 2019. Выпуск 81. С. 127 – 135.
3. Лебедев С.В. Модель-ориентированный подход к построению связанных данных на основе разнородных источников. // Онтология проектирования. 2019. Т. 9. №1(31). 104 с
4. Данные JSON в SQL Server [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/json/json-data-sql-server?view=sql-server-ver15> (дата обращения: 01.10.2023).
5. XSL Transformations (XSLT) Version 2.0 (Second Edition) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/xslt20/> (дата обращения: 01.10.2023).

2.3.1.

¹А.И. Остапюк, Ю.В. Малюсин, ¹И.В. Усовик, П.О. Дроздова, И.А. Бойченко

¹Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Аэрокосмический институт,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
artur.ostapyuk.00.00@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА DIARA В МНОГОСПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Этот аналитический обзор исследует роль алгоритма Dynamic Intelligent Adaptive Routing Algorithm (DIARA) в многоспутниковых системах связи. DIARA представляет собой адаптивный маршрутизационный алгоритм, разработанный для повышения эффективности и надежности связи в многоспутниковых орбитальных группировках [1]. Алгоритм DIARA использует различные параметры, включая задержку, пропускную способность и энергетические ресурсы, для выбора оптимальных маршрутов передачи данных.

Ключевые слова: *DIARA (Dynamic Intelligent Adaptive Routing Algorithm), многоспутниковые системы связи, маршрутизация данных, эффективность связи, надежность связи, пропускная способность.*

DIARA представляет собой один из наиболее перспективных подходов к маршрутизации в многоспутниковых системах связи. Этот алгоритм позволяет решить ряд ключевых проблем, связанных с повышением надежности, пропускной способности и энергоэффективности многоспутниковых систем связи [2]. В этом аналитическом обзоре мы рассмотрим основные характеристики DIARA и его применение в многоспутниковых системах связи.

Основные Принципы DIARA

DIARA использует адаптивные методы для динамического выбора оптимальных маршрутов в спутниковой сети. Он учитывает различные параметры, такие как задержка, пропускная способность и энергетические ресурсы, для выбора наилучшего пути передачи данных.

Преимущества:

- адаптивность: способность адаптироваться к изменяющимся условиям сети;
- эффективность: высокая пропускная способность и низкое энергопотребление;
- надежность: повышенная устойчивость к отказам спутников или другим сбоям.

Недостатки:

- сложность: возможно, большие вычислительные затраты из-за сложных алгоритмов;
- зависимость от топологии сети: эффективность может снижаться в случае сложных или динамически изменяющихся топологий.

Применение в многоспутниковых системах

DIARA наиболее предпочтителен в сценариях с большим числом спутников, где динамическое переключение между различными маршрутами критично для обеспечения надежной и эффективной передачи данных. Алгоритм также подходит для систем с различными направлениями связи, такими как межспутниковая связь или связь с землей.

Пример алгоритма маршрутизации DIARA в многоспутниковой системе

DIARA использует информацию о помехах и доступной пропускной способности для выбора оптимального маршрута для передачи данных. Он учитывает такие параметры, как расстояние до спутников, ресурсы, доступные на каждом спутнике, помехи от других спутников и активность сети [3].

Работа алгоритма:

1. Каждый спутник в системе поддерживает информацию о доступных ресурсах и помехах на каждом возможном маршруте.

2. Когда пользователь отправляет запрос на передачу данных, DIARA анализирует текущую нагрузку на сети и доступные ресурсы на каждом возможном маршруте.

3. На основе этой информации DIARA выбирает оптимальный маршрут для передачи данных.

4. DIARA также может периодически перестраивать маршрут в зависимости от изменения условий в сети, таких как сбои связи или помехи.

5. После выбора маршрута DIARA передает информацию о маршруте спутникам-соседям, чтобы они могли настроить свои передатчики и приемники для передачи данных.

Таким образом, DIARA позволяет оптимизировать маршрутизацию данных и организацию связи в многоспутниковой системе, учитывая такие характеристики, как пропускная способность, задержка, помехи и устойчивость связи.

Рассмотрим более детально алгоритм DIARA.

Пусть у нас есть многоспутниковая система с N спутниками. Рассмотрим каждый спутник i как узел сети, и пусть существует множество маршрутов R_{ij} между парами спутников i и j .

Пусть C_{ij} – доступная пропускная способность на маршруте R_{ij} , а D_{ij} – уровень помех на этом маршруте (дБ). Предполагается, что уровень помех одинаков на всем маршруте от i до j , что является упрощением и может не соответствовать реальным сетевым условиям. Тогда эффективная пропускная способность с учетом помех на маршруте R_{ij} будет выглядеть следующим образом:

$$C_{ij}^{\exists} = f(C_{ij}, D_{ij}) \quad (1)$$

где f – функция, которая преобразует C_{ij} и D_{ij} в эффективную пропускную способность. Эта функция может быть, например, зависимой от отношения сигнал/шум.

Теперь предположим следующие значения для доступной пропускной способности (C_{ij}) и уровня помех (D_{ij}).

Таблица 1 – Значения C_{ij} и D_{ij}

Пропускная способность (C_{ij})	Уровень помех (D_{ij})
$C_{1,2} = 50$ Мбит/с	$D_{1,2} = -50$ дБ
$C_{1,3} = 30$ Мбит/с	$D_{1,3} = -60$ дБ
$C_{1,4} = 40$ Мбит/с	$D_{1,4} = -55$ дБ
$C_{1,5} = 60$ Мбит/с	$D_{1,5} = -65$ дБ
$C_{2,3} = 45$ Мбит/с	$D_{2,3} = -52$ дБ
$C_{2,4} = 35$ Мбит/с	$D_{2,4} = -58$ дБ
$C_{2,5} = 55$ Мбит/с	$D_{2,5} = -53$ дБ
$C_{3,4} = 25$ Мбит/с	$D_{3,4} = -56$ дБ
$C_{3,5} = 40$ Мбит/с	$D_{3,5} = -54$ дБ
$C_{4,5} = 50$ Мбит/с	$D_{4,5} = -59$ дБ

Для простоты решения поставленной задачи можно предположить линейную модель для функции f , в которой уровень помех уменьшает эффективную пропускную способность на определенный процент, используя формулу:

$$C_{ij}^{\exists} = C_{ij} \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{D_{ij}}{10}}}{1}\right) \quad (2)$$

Здесь, $10^{-\frac{D_{ij}}{10}}$ является обратным преобразованием децибел в линейную шкалу.

Далее, используя формулу (2), вычислим C_{ij}^{\exists} для каждого маршрута R_{ij} :

$$1. R_{1,2}: C_{1,2}^{\exists} = 50 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{50}{10}}}{1}\right) = 50 - \frac{50}{10^5} = \frac{99999}{2000} = 49,9995 \text{ Мбит/с};$$

$$\begin{aligned}
2. R_{1,3}: C_{1,3}^3 &= 30 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{60}{10}}}{1}\right) = 29,9997 \text{ Мбит/с;} \\
3. R_{1,4}: C_{1,4}^3 &= 40 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{55}{10}}}{1}\right) = 39,9998 \text{ Мбит/с;} \\
4. R_{1,5}: C_{1,5}^3 &= 60 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{65}{10}}}{1}\right) = 59,9999 \text{ Мбит/с;} \\
5. R_{2,3}: C_{2,3}^3 &= 45 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{52}{10}}}{1}\right) = 44,9997 \text{ Мбит/с;} \\
6. R_{2,4}: C_{2,4}^3 &= 35 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{58}{10}}}{1}\right) = 34,9999 \text{ Мбит/с;} \\
7. R_{2,5}: C_{2,5}^3 &= 55 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{53}{10}}}{1}\right) = 54,9997 \text{ Мбит/с;} \\
8. R_{3,4}: C_{3,4}^3 &= 25 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{56}{10}}}{1}\right) = 24,9999 \text{ Мбит/с;} \\
9. R_{3,5}: C_{3,5}^3 &= 40 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{54}{10}}}{1}\right) = 39,9998 \text{ Мбит/с;} \\
10. R_{4,5}: C_{4,5}^3 &= 50 \times \left(1 - \frac{10^{-\frac{59}{10}}}{1}\right) = 49,9999 \text{ Мбит/с.}
\end{aligned}$$

После вычисления эффективной пропускной способности для всех маршрутов, алгоритм DIARA выберет маршрут с наибольшей эффективной пропускной способностью. В данном случае, это будет маршрут $R_{1,5}$ с эффективной пропускной способностью 59.9999 Мбит/с.

В рассмотренной задаче также стоит учитывать некоторые примененные упрощения:

- в примере предполагается, что если существует маршрут R_{ij} , то существует и обратный маршрут R_{ji} с теми же характеристиками. В реальной сети это может быть не так;
- пропускная способность C_{ij} и уровень помех D_{ij} представлены как статические величины. В реальной жизни эти параметры могут быть динамическими;
- в задаче рассматриваются только прямые соединения между спутниками. В реальной сети маршруты могут быть более сложными, с несколькими промежуточными узлами.

Таким образом, алгоритм DIARA выбирает оптимальный маршрут [4], учитывая доступную пропускную способность и уровень помех на каждом маршруте. В данном случае, он выбирает маршрут, который обеспечивает наибольшую эффективную пропускную способность [5].

DIARA представляет собой обещающий алгоритм маршрутизации для многоспутниковых систем связи, обеспечивающий высокую надежность, пропускную способность и энергоэффективность. Однако для его широкого применения требуются дальнейшие исследования, в частности, по оптимизации вычислительных затрат и адаптации к различным сценариям применения.

Список литературы

1. Потюпкин А.Ю. Управление многоспутниковыми орбитальными группировками. Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы / Потюпкин А.Ю., Пантелеймонов И.Н., Тимофеев Ю.А., Волков С.А. – том 7, выпуск 3, 2020. – 61-70 с.;
2. Chang H.S., Kim B.W., Lee C.G., Min S.L., Choi Y., Yang H.S., Kim D.N., Kim C.S. FSA-based link assignment and routing in low-earth orbit satellite networks // IEEE Trans. Veh. Technol. – 1998, 47, 1037-1048. [Электронный ресурс] URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/704858>;
3. Ni S., Yue Y., Zuo Y., Liu W., Xiao W., Ye X. The Status Quo and Prospect of Satellite Network Routing Technology // Electron. Inf. Technol. – 2022, 44, 1-13. [Электронный ресурс] URL: <https://jeit.ac.cn/en/article/2023/2>;
4. Дьячук А.К., Белозерцева А.Н. Сравнительный анализ алгоритмов построения оптимального маршрута полета летательного аппарата при наличии зон угроз // Международный научно-исследовательский журнал – выпуск 5(131) с. 68;
5. Yuanji Shi, Zhiwei Yuan, Xiaorong Zhu, Hongbo Zhu. An Adaptive Routing Algorithm for Inter-Satellite Networks Based on the Combination of Multipath Transmission and Q-Learning // College of Telecommunications and Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China. – 2023. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/1/167>.

2.3.1.

¹Н.В. Пашинова, ²Г.Ж. Хандакова, ²Т.И. Котова,
¹И.З. Чимитова, ¹Э.В. Цыбикова ¹В.Х. Даржаев, ¹Н.Д. Балданов

¹Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,
Улан-Удэ, nadya233.84@mail.ru, rindaol@mail.ru, ershena2411@mail.ru,
valera_darzhaev@mail.ru, nimbu_bald@mail.ru

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
Улан-Удэ, dondakovag@mail.ru, tatianakotova74@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БУРЯТИЯ

В Республике Бурятия широко используют лекарственные растения, главным образом для укрепления здоровья, профилактики и лечения хронических заболеваний. Издревле известно, что лекарственные растения и зерновые культуры богаты витаминами, необходимыми для здоровья человека. Главным условием увеличения производства зерна в Республике Бурятия является всемерное повышение урожайности за счет коренного улучшения земель. В статье произведен анализ валового сбора и урожайности зерновых культур в Республике Бурятия с 2018 по 2021 годы. Рассмотрены методы орошения зерновых культур для увеличения их урожайности, а так же разновидности диких и культурных лекарственных растений произрастающих на территории Республики Бурятия.

Ключевые слова: лекарственные растения, урожайность и валовой сбор зерновых культур, орошение земель, мелиорация земель.

В Республике Бурятия, как и в других регионах России, достаточно остро стоит проблема сохранения и повышения плодородия пахотных угодий [1].

В условиях сокращающихся площадей усиливается необходимость повышения урожайности зерновых культур и снижение потерь зерна [2].

Территория Республики Бурятия богата культурными и дикими лекарственными растениями, такими как календула, шиповник, чабрец, крапива, облепиха, ромашка, чеснок, солодка, одуванчик и т.д. Свойства диких и культурных лекарственных растений известно населению спокон веков, обычно весной сельчане собирают растения и в последующем употребляют ее в течение года в виде отваров, настоев и т.д. Рецепты применения лекарственных растений известно населению словесно от предков.

Известно, что из всех проблем, которые волнуют человечество, одна из наиболее острых, несомненно, проблема пищи, витаминов и прежде всего белка, который является естественной основой всей жизни.

Возделывание различных зерновых культур, то есть производство зерна, одна из основных источников удовлетворения указанной потребности в белке.

Общие итоги развития зернового хозяйства в Республики Бурятия можно проследить по годам с 2018 по 2021 в таблице 1 и на рисунках 1 и 2.

Общий объем производства зерна в 2021 году составил 18,7 ц/га. В засушливые годы производство зерна заметно снижается, а в благоприятные возрастает.

И так в 2021 году благодаря обильным осадкам урожайность убранной площади увеличилась по сравнению с 2020 годом на 4,1 ц/га, а валовой сбор зерновых культур на 32,9 тыс. тонн, тогда как в 2018 году урожайность убранной площади составил 12,1 ц/га, валовой сбор 72 тыс. тонн.

Таблица 1 - Валовой сбор и урожайность зерновых и зернобобовых культур

	2018	2019	2020	2021
Валовой сбор, тыс. тонн	72,0	86,5	89,4	122,3
Урожайность, ц/га убранный площади	12,1	14,1	14,6	18,7

Данные по урожайности и валовому сбору зерновых культур Республики Бурятия взяты из сайта Бурятстат-Gks.ru. [3].

От увеличения урожайности зерна напрямую зависят также и другие показатели животноводческих продуктов, такие как мясо и молоко. Проанализировав показатели урожайности зерна и валового сбора по Республике Бурятия мы выявили 124,46 кг зерна на душу населения. Ученые в 1960 –х годах 20 века рассчитали норму зерна на душу населения 1 т. сюда входит не только продовольственное зерно, но и фуражное зерно для развития животноводства, обеспечивающее потребности в мясе, молоке и т.д.

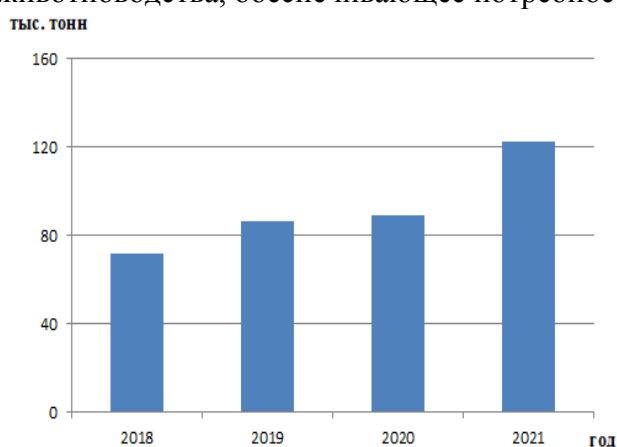


Рис. 1 – Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в Республике Бурятия

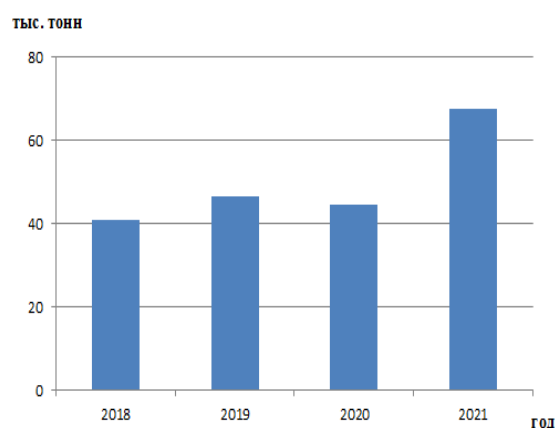


Рис. 2 – Валовой сбор пшеницы яровой в Республике Бурятия по годам

Производство зерна за последние десятилетия увеличилось в нашей Республике, но за этот период население Республики увеличилось приблизительно в 1,5 раза и в том числе городское население в 4,5 раза. Поэтому в расчете на душу населения производство зерна в нашей Республике не увеличилось.

Уровень развития зернового хозяйства в нашей Республике по отношению к населению ниже, чем в других субъектах Российской Федерации, причем особенно усложняется дело в засушливые годы, когда урожайность и валовой сбор зерна еще более снижается.

Интерес представляет сопоставление индексов роста посевных площадей и валовой продукции в целом по всему сельскому хозяйству и в том числе по таким важнейшим продуктам сельского хозяйства, как зерно и пшеница.

Климат Республики Бурятия существенно отличается от климата других субъектов РФ, если в южной части РФ температура около нуля градусов и чуть ниже нее в зимний период, то в Республике Бурятия в зимние месяцы холодно, осадков мало, снежный покров тонкий, в связи с этим нужен отдельный подход к земледелию, чтобы улучшить плодородие почвы [1].

Каковы же источники увеличения производства зерна в нашей Республике?

Известно, что до последнего времени увеличение производства пшеницы шло главным образом за счет увеличения посевных площадей. Особенно большое увеличение площади посева пшеницы произошло за счет освоения целинных и залежных земель наших районов Республики.

Можно, конечно, и в дальнейшем увеличивать площади посевов зерна за счет освоения новых земель, однако распашка сенокосов и пастбищ под посевы зерновых зачастую недопустима по техническим условиям или экономически нецелесообразна.

К тому же основная часть пастбищных угодий расположена в зонах недостаточного увлажнения, и вовлечение их в пашню не будет способствовать созданию устойчивого сельскохозяйственного производства.

Поэтому главным условием дальнейшего увеличения производства зерна в нашей Республике является всемерное повышение урожайности за счет коренного улучшения земель, правильного чередования культур и возделывания высокопродуктивных сортов, механизации и удобрения земель, а также развитие водных мелиораций. Рост урожайности зерна, это лишь результат совокупного действия всех факторов интенсификации.

Главной зерновой культурой орошаемого земледелия Республики, является пшеница. Ученые выявили, что орошение пшеницы и лекарственных растений обеспечивает повышение ее урожайности и рост растений в сравнении с неорошаемым земледелием приблизительно в 2-3 раза. Но не только орошение может повлиять на урожайность зерна, отсутствие применения удобрений, нарушение правил агротехники и неправильный поливной режим, отсутствие влагозарядки могут повлиять на урожайность и валовой сбор зерна.

Влагозарядковый полив рекомендуется начинать вслед за уборкой предшествующей культуры, проводя его по вспаханной почве, а заканчивать – с таким расчетом, чтобы не нарушать принятых в данной зоне сроков посева озимой пшеницы.

При современном уровне техники земледелия и в сухих степях можно получить хороших всходов яровой пшеницы. Однако для нормального последующего развития этой культуры уже в период закладки колоса нередко нужна вода, так как запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы ко времени посева яровой пшеницы должна быть в норме.

Для предупреждения недостатка влаги в вегетационный период, сокращения числа поливов, возможного увеличения межполивных периодов и уменьшения поливной нормы рекомендуется, как правило, применять влагозарядковые поливы и под яровую пшеницу, причем только осенью, так как весенняя влагозарядка может задержать посев, что недопустимо.

Список литературы

1. Агрономические приемы и продуктивность почвы в Бурятии / А. П. Батудаев, З. К. Хахаева, В. А. Соболев [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2020. – № 1(58). – С. 12-19. – DOI 10.34655/bgsha.2020.58.1.002.
2. Пашинова Н.В. Совершенствование процесса сепарации зерна в вертикальных пневмоканалах: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пашинова Надежда Валерьевна. – Улан-Удэ, 2013. – 142 с.
3. https://burstat.gks.ru/storage/mediabank/bur2022_16-cx.pdf

2.3.1.

¹Е.А. Салтанаева, ¹Р.И. Эшлиоглу, ²И.М. Логинова

¹Казанский государственный энергетический университет,
институт цифровых технологий и экономики,
кафедра информационных
технологий и интеллектуальных систем,

²Казанский государственный аграрный университет,
институт экономики, кафедра цифровых технологий и прикладной информатики,
Казань, elena_maister@mail.ru, ralyarose@yandex.ru, irina.serzhanova@mail.ru

ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ПО СТАТИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ДАННЫХ

В работе приведены примеры задач анализа данных с использованием методов первичной статистической обработки данных при исследовании наблюдений о сложных системах. Предложены пакеты прикладных программ, наиболее часто используемые для решения статистических задач. Приведены преимущества пакета STATISTICA, как оптимального и удобного к изучению среди других специализированных пакетов.

Ключевые слова: *пакеты прикладных программ, анализ данных, корреляционный анализ, статистические методы, регрессионный анализ, принятия решений, стратегия.*

В настоящее время долгосрочная эффективная работа любого предприятия, его экономический рост и развитие определяются правильным выбором стратегических ориентиров, позволяющих наилучшим образом реализовать потенциальный человеческий капитал и другие ресурсы. Огромное количество информации генерируется ежедневно, становится все более важным умение анализировать и интерпретировать данные. Для этого часто применяются различные инструменты и программы, среди которых прикладной пакет STATISTICA занимает особое место.

Прикладной пакет STATISTICA – это набор программных средств, предназначенных для анализа данных и статистических расчетов. Он позволяет обрабатывать большие объемы данных, находить закономерности и зависимости между переменными, а также проводить прогнозирование и моделирование.

Число статистических пакетов прикладных программ (ППП), получивших распространение в России, достаточно велико. Среди них есть профессиональные статистические пакеты, предназначенные для пользователей, хорошо знакомых с методами математической статистики, и есть пакеты, с которыми могут работать специалисты, не имеющие глубокой математической подготовки; есть пакеты отечественные и созданные зарубежными программистами; различаются программные продукты и по цене.

На сегодняшний день из зарубежных пакетов для решения задач маркетинга наиболее часто применяются STATISTICA, SPSS, STATGRAPHICS, из отечественных — STADIA, VORTEX, ДА-система. Выбор подходящего пакета зависит от круга решаемых маркетинговых задач, квалификации маркетолога в области статистики и информатики, типа и возможностей компьютера.

Также при выборе того или иного статистического пакета, для сравнения пакетов, необходимо прежде всего обращать внимание на такие характеристики, как: удобство управления данными (экспорт/импорт данных, их реструктуризация); статистическое разнообразие (количество статистических модулей); графические возможности (наличие встроенного графического редактора, возможность показа отдельных элементов графика, возможности экспорта графиков).

Одним из самых популярных прикладных пакетов статистики является программный продукт SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). SPSS используется во многих областях, включая социологию, психологию, экономику, медицину и др. Он позволяет проводить широкий спектр статистических анализов, включая описательную статистику, корреляционный анализ, регрессионный анализ, факторный анализ и многие другие. Для работы с данным прикладным пакетом необходимы знания в области статистики и математики [1]. Однако, существует множество ресурсов и онлайн-курсов, которые помогут в освоении SPSS и других прикладных пакетов статистики.

Пакет STATISTICA достаточно прост в использовании. Однако заблаговременная подготовка будущих кадров улучшит показатели функционирования предприятий. В таком ракурсе оправданным будет включение пакета в программу таких учебных курсов Вузов, как, например, «Пакеты прикладных программ и анализа данных», «Статистика» и «Компьютерный анализ данных» [2].

На практике в первую очередь, работают с корреляционно-регрессионным анализом (рис. 1). Корреляционный анализ в прикладных пакетах статистики, таких как SPSS, позволяет оценить степень линейной зависимости между двумя или более переменными. Он может использоваться для проверки гипотезы о наличии корреляции между переменными и определения силы этой корреляции.

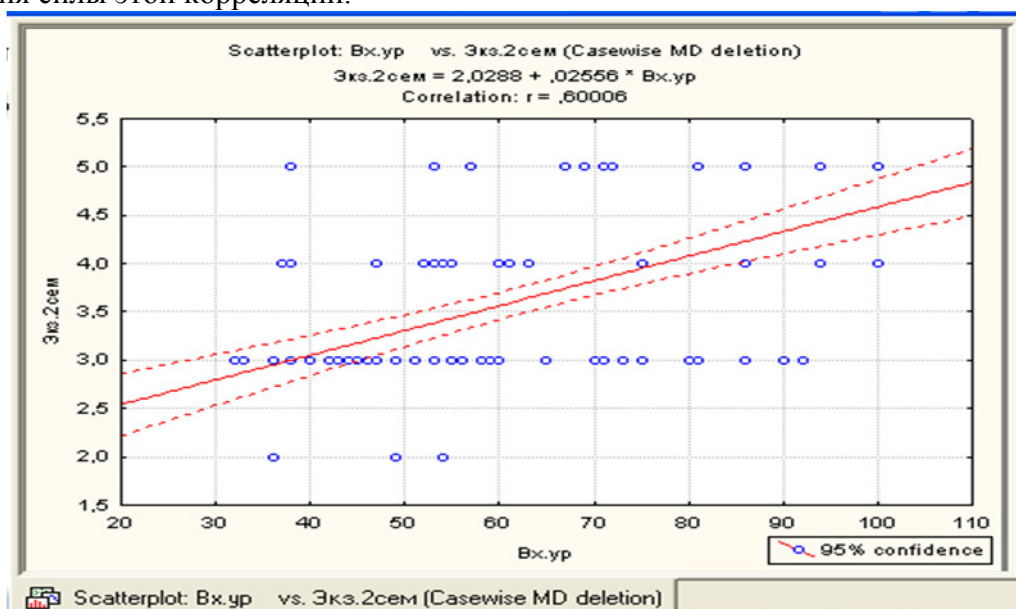


Рис.1 - Корреляционное поле для первой и второй переменной с указанием уравнения регрессии, графика уравнения регрессии и доверительной «полосы» при 0.95 доверительной вероятности (по умолчанию), с указанием коэффициента парной корреляции

Корреляционный анализ дает также возможность вычислить коэффициент корреляции, который может быть положительным или отрицательным.

Положительный коэффициент корреляции означает, что две переменные меняются в одном направлении (если одна переменная увеличивается, то и другая увеличивается). Отрицательный коэффициент корреляции означает, что две переменные меняются в противоположных направлениях (если одна переменная увеличивается, то другая уменьшается). Также корреляционный анализ позволяет выявить выбросы в данных, которые могут повлиять на результаты исследования. Если в данных имеются выбросы, то можно провести анализ без этих наблюдений или провести дополнительный анализ, чтобы понять причину их возникновения. В целом, корреляционный анализ является важным инструментом при работе с данными, который помогает исследователям понять, как различные переменные взаимосвязаны между собой и как они влияют друг на друга.

Для выполнения регрессионного анализа в пакете статистика необходимо иметь данные, которые содержат информацию о зависимой переменной и одной или нескольких

независимых переменных (рис. 2). Затем необходимо выбрать соответствующую функцию или команду для выполнения анализа.

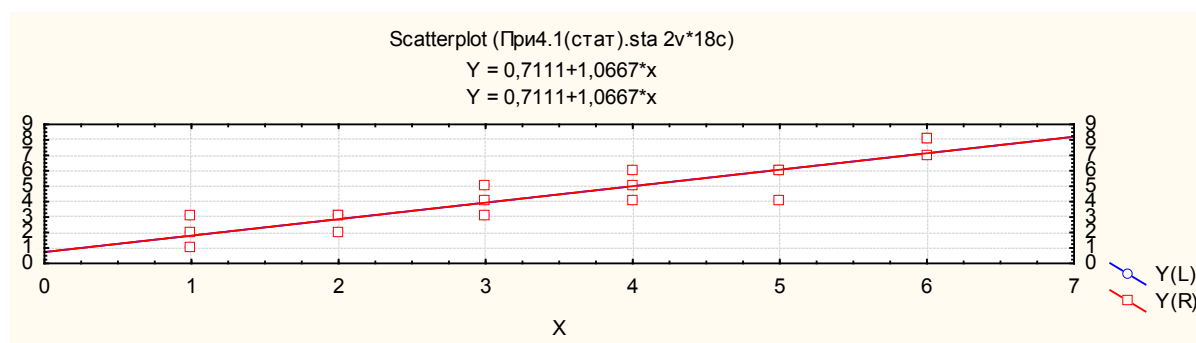


Рис.2 - Нелинейная регрессия (без проверки гипотезы на адекватность)

В результате регрессионного анализа в пакете статистика можно получить различные статистические показатели, такие как коэффициенты регрессии, значимость модели и коэффициент детерминации. Эти показатели могут помочь исследователям понять, какие переменные оказывают наибольшее влияние на зависимую переменную и как сильно они взаимосвязаны. Модель линейной регрессии имеет следующий вид:

$$y = a_0 + a_1 * x_1 +a_k * x_k$$

Регрессионный анализ на предприятии показывает взаимосвязь между двумя или более переменными, например, между продажами и рекламными затратами. Анализ может помочь определить, какие факторы влияют на продажи и какие виды рекламы наиболее эффективны для увеличения продаж. Это позволяет предприятию разработать более эффективные стратегии маркетинга и управления рекламными бюджетами. Регрессионный анализ также может помочь предприятию прогнозировать будущие результаты на основе имеющихся данных.

Пакет статистика может быть использован в организации для анализа данных и принятия решений на основе полученных результатов. Например, регрессионный анализ может быть использован для изучения взаимосвязи между продажами и рекламными затратами, чтобы определить, какие виды рекламы наиболее эффективны для увеличения продаж. Также пакет статистика может быть использован для анализа клиентской базы и выявления факторов, которые влияют на лояльность клиентов. Результаты анализа могут помочь организации разработать более эффективные стратегии маркетинга и улучшить качество обслуживания клиентов [3]. Изучение на этапе получения высшего образования статических пакетов для анализа данных, в частности разделов кластерного, факторного, многомерного, дискриминантного анализа, позволит вывести на конкурентоспособный уровень будущих специалистов.

Список литературы

1. Torkunova J.V., Apanasyuk L.A., Lisitzina T.B., Zakirova Ch.S., Baranova N.V., Nizamutdinova G.F., Kurdyumov V.I., Buslaev S.I. Factors and Conditions of Student Environmental Culture Forming in the System of Ecological Education. Ekoloji.Issue: 107, Pages: 191-198, Article No: e107075, Year: 2019.
2. Куценко С.М., Малацон С.Ф. Влияние цифровизации образования на процесс обучения студента. В сборнике: Цифровизация инженерного образования. Сборник материалов международной онлайн-конференции. Ижевск, 2021. С. 19-22.
3. Эшелиоглу Р.И., Салтанаева Е.А. Применение пакета анализа статистических данных STATISTICA в маркетинговой деятельности. В сборнике: Инновации в современной науке. материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Нефтекамск, 2021. С. 54-57.

2.3.1.

¹Е.А. Салтанаева, ¹Р.И. Эшлиоглу, ²Э.А. Набиуллина¹Казанский государственный энергетический университет,
институт цифровых технологий и экономики,
кафедра информационных технологий и интеллектуальных систем,²Казанский государственный аграрный университет,
институт экономики,
кафедра цифровых технологий и прикладной информатики,
Казань, elena_maister@mail.ru, ralyarose@yandex.ru, enzhe.nabiullina.95@mail.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Статья рассматривает перспективы развития использования языка программирования Python в оптимизации процессов обработки информации. В ней описываются основные возможности и функциональность языка Python, которые позволяют эффективно обрабатывать и анализировать данные. Также рассматривается использование библиотек и инструментов Python, которые помогают улучшить процессы обработки информации. Описывается интеграция Python с другими технологиями и инструментами для эффективной обработки информации, а также использования языка программирования Python в оптимизации процессов обработки информации.

Ключевые слова: библиотеки Python, процессы обработки информации, интеграция, пакеты прикладных программ, анализ данных.

В настоящее время используется большое количество языков программирования. Особое место среди них занимает язык программирования Python, который нашел применения в различных сферах. Разработка Python началась еще в 80-е годы XX столетия, и, несмотря на столь длительную историю, этот язык является самым быстрорастущим. Большой популярностью сегодня пользуются мобильные приложения. Несмотря на растущее количество программистов, разработчики этого направления на рынке труда очень востребованы. Python является одним из них инструментов, средствами которого реализуется серверная часть приложения.

Python является ведущим языком в таком большом сегменте как анализ данных, создание рекомендательных систем, создание анимации и социальных сетей, и поэтому используется в работе крупных компаний [1,2]. Такую популярность языку программирования обеспечивает его главная особенность – его уникальная философия программирования – простота и ясность. Причем, простота, как в использовании, так и в изучении. Достаточно простой синтаксис позволяет работать на Python даже новичкам в программировании. В то же время, разработчики, имеющие опыт программирования на других языках, найдут широкие возможности в использовании разнообразных подключаемых библиотек.

Среди принципов Python согласно «TheZenofPython» звучат практические истины с философским окрасом: «Красивое лучше, чем уродливое», «Простое лучше, чем сложное», «Читаемость имеет значение». Например, идея «меньше кода» (по сравнению, допустим, с такими языками программирования как позволяет Java или C) позволяет начинающему программисту намного быстрее получить свой первый рабочий код или приложение [3]. Философия «TheZenofPython» является приемлемой и для других языков программирования. Принципы простоты, практичности и ясности не только сделают код более эффективным, но и существенно улучшат работу программистов и сообщества разработчиков в целом.

Опытные разработчики получают в свой арсенал подключаемые библиотеки – от классической математической (Math, Matplotlib) до наиболее востребованных на сегодня библиотек анализа данных и машинного обучения (Pandas, Numpy, TensorFlow, PyTorch), а также неожиданно интересных, например, библиотека для красивого оформления и вывода таблиц (PrettyTable) или для получения эмодзи по его текстовому названию (Emoji). Всё это позволит разработчику достичь своих целей в программировании намного быстрее [4].

По сравнению с другими языками программирования интерес к Python не угасает со временем, язык постоянно «растет», обновляются и выпускаются новые версии призванные улучшить и оптимизировать язык. Стоит отметить, что данный язык помимо плюсов, всё-таки имеет некоторые ограничения: зависимость от системных библиотек, интерпретатор не позволяет выполнять несколько потоков одновременно, не подходит для задач, требующих большого объема памяти.

Однако, озвученные выше преимущества Python являются определяющими при изучении языка программирования. Взяв, его изучение на первой ступени знакомства с программированием, будущий специалист сможет намного быстрее освоить другие языки. Поэтому стоит знакомить школьников с программированием именно на языке Python [5].

Также в расчёт следует взять перспективы – быстрое развитие и постоянное обновление языка обеспечат неугасающий спрос на рынке труда на его разработчиков.

Сегодня ни одна крупная компания не обходится без исследований в области анализа данных. С помощью Python можно собирать данные об активности покупателей, анализировать ситуацию в компании и делать прогнозы ее развития. В условиях растущей конкуренции и расширения бизнеса, подобные программы будут пользоваться большим спросом в будущем.

Еще одно перспективное направление – парсинг данных – скрипты на Python позволяют собрать информацию из сети о ссылках, картинках и многое другое. Существует множество способов оптимизации процесса обработки данных на Python. Одним из наиболее эффективных методов является использование библиотеки Pandas. Также можно применять параллельную обработку, которая позволяет увеличить скорость выполнения операций. Python также обладает возможностями для работы с базами данных, что позволяет эффективно хранить и обрабатывать большие объемы информации. Библиотеки, такие как SQLAlchemy и Django ORM, предоставляют удобные средства для работы с различными типами баз данных. Помимо перечисленного Python поддерживает параллельное выполнение кода. Данный прием позволяет разделить процессы обработки информации и значительно ускорять их выполнение. Модуль multiprocessing позволяет создавать и управлять процессами, а модуль threading – потоками выполнения.

Интеграция Python с другими технологиями является одной из ключевых возможностей языка, которая позволяет эффективно обрабатывать информацию, позволяя создавать мощные и эффективные системы обработки информации, которые могут быть легко масштабированы и адаптированы к различным требованиям и потребностям организации. Python может быть легко интегрирован с такими технологиями, как базы данных, веб-серверы, облачные сервисы и другие инструменты для обработки информации. Он также обеспечивает доступ к различным сервисам облачных провайдеров и позволяет эффективно обрабатывать информацию в облачной среде.

Распространенная интеграция Python и Excel позволяет автоматизировать такие задачи, как чтение и запись данных в электронные таблицы, обработка данных, создание отчетов и графиков. Python имеет множество библиотек, специально созданных для работы с Excel, таких как openpyxl, xlrd и xlwt. С их помощью можно легко управлять данными в Excel и создавать автоматические рабочие процессы. Интеграция Python и Excel может быть полезной во множестве сценариев, начиная от простого импорта данных в Python для анализа, до создания сложных отчетов с использованием мощных аналитических библиотек, таких как Pandas и NumPy. Python также может быть использован для управления макросами в Excel, что может значительно повысить эффективность работы.

Интеграция Python и 1С хорошо подходит для автоматизации процессов. Этому способствуют минималистичность синтаксиса, разнообразие стандартных библиотек (меньшая потребность в сторонних модулях), кроссплатформенность — с большой вероятностью, код, написанный в ОС Linux, успешно заработает в Windows. Интеграция Python с другими технологиями позволяет создавать мощные и эффективные системы обработки информации, которые могут быть легко масштабированы и адаптированы к различным требованиям и потребностям организации.

Таким образом, в рамках оптимизации процессов обработки информации, хорошо себя зарекомендовала интеграция Python с другими пакетами прикладных программ. Еще одним вариантом оптимизации является подключение и использование специальных библиотек Python (как для работы с базами данных, так и анализа данных), что позволит решить более массивные и сложные задачи. Также в Python не следует забывать о возможности использования параллельного выполнения кода.

В целом, использование языка программирования Python, как наиболее быстрорастущего и развивающегося, в оптимизации процессов обработки информации имеет множество преимуществ. Он обладает широкими возможностями, удобным синтаксисом и богатым набором инструментов, что позволяет разработчикам создавать эффективные и масштабируемые программы для обработки данных.

Список литературы

1. Хабибрахманова А.И., Ялмурзин А.З. Рекомендательная система для решения задач сбалансированного питания // В сборнике: Мировые научные исследования в эпоху цифровизации и трансформации: теории и практики. материалы XII Международной научно-практической конференции. Рязань. – 2023. – С. 85-88.
2. Хасанов А.У., Хамитов Р.М. Автоматизация бизнес-процессов в интернет-торговле // Интернаука. – 2022. – № 11-1(234). – С. 37-38.
3. Куценко С.М., Дубовиков И.И. Сравнительный анализ языков программирования // Ученые записки ИСГЗ. – Выпуск №2(17). – 2020. – С.170-177.
4. Петрова Н.К., Мухачев А.П., Загидуллин А.А., Куценко С.М. Реализация электронного курса по программированию на языке PYTHON для платформы ANDROID // Программная инженерия. – 2021. – Т. 12. – № 4. – С. 216-222.
5. Салтанова Е.А., Эшелиоглу Р.И., Логинова И.М. Изучение пакета MICROSOFT EXCEL как первой ступени использования анализа данных для инженерных специальностей // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 5. – С. 155-157.

2.3.1.

А.А. Сатаев, Е.Д. Ковтун, Н.А. Иванов

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева»,
Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической физики
им. академика Ф.М. Митенкова,
Нижний Новгород, sancho_3685@mail.ru

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ
МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫСОКОМ СОЛЕСОДЕРЖАНИИ**

В статье рассматривается постановка задачи применения методов системного анализа к вопросам экспериментального исследования процессов работы обратноосмотических мембранных элементов при высоком солесодержании. Основной целью исследования является комплексное рассмотрение влияния воздействия различных внешних факторов, создание инструментов идентификации, визуализации и моделирования данных процессов для повышения точности оценки и прогнозирования процессов работы обратноосмотических мембранных элементов при высоком солесодержании.

Ключевые слова: обратный осмос, мембрана, селективность, высокое солесодержание.

Введение.

Технологии обратного осмоса находят широкое применение в быту и промышленности. Суть данной технологии в применении полупроницаемой мембраны, которая является селективно разделяемой перегородкой, позволяющей отделять определенные компоненты, размер которых варьируется от долей микрон до истинно растворенных веществ (молекулы, ионы). Разделение растворов происходит благодаря движущей силе (градиенту потенциала), то есть различным процессам по обе стороны мембраны. Данная технология хорошо зарекомендовала себя для опреснения солоноватой и морской воды.

Преимуществом обратного осмоса перед другими методами опреснения и обессоливания [1] является то, что он происходит без энергоемких фазовых превращений воды, характеризуется относительно меньшими затратами энергии. В ряде случаев для очистки и концентрирования стоков (с целью получения ценных элементов), фильтратов полигонов хранения твердых бытовых отходов, шахтных вод используют последовательный «каскадный» подход и мембраны, предназначенные для опреснения морской воды. Среди существующих конструкций мембранных элементов (волоконные, трубчатые, плоские мембраны), благодаря компактности и относительной простоте, наиболее распространены рулонные мембранные аппараты со спирально накрученными на пермеатотводящую трубку мембранными пакетами (по разным данным их доля на рынке составляет 80-90%). В то же время аппараты такого типа являются наиболее сложными для расчета. Толщина длинных спиральных напорных каналов в рулонных модулях не превышает 1 мм, при этом отношение эквивалентного диаметра канала к его длине неизвестно, так как по длине напорного канала имеются разделяющие турбулизирующие поток сетки. Это делает сечение переменным, перемешивает поток и снижает влияние концентрационной поляризации. Проведение расчета таких аппаратов затруднительно [2]. Поэтому для практики и исследования рабочих режимов таких мембран необходимо экспериментальное моделирование на пилотных установках и создание обобщенных методик, основанных на опыте работы.

Для реализации такого подхода была создана пилотной установки для исследования работы обратноосмотических мембранных элементов при высоком солесодержании. Так как установка пилотная и предназначена для отработки различных режимов, то она содержит несколько большее количество арматуры и устройств, трубопроводов и дополнительного оборудования, нежели коммерческие установки обратного осмоса.

Экспериментальная установка состоит из: бака исходной воды объемом 200 литров, двух дополнительных баков для концентрата и пермеата (по 100 литров), бака промывки/химмойки с нагревательным ТЭНом и датчиком температуры, фильтродержателя усиленного типа с установленной обратноосмотической мембраной морского исполнения, ротаметров концентрата и пермеата, манометров цифрового и аналогового исполнения на линии после насоса и после мембраны, насоса низкого давления для подпитки и насоса высокого давления плунжерного типа для создания давления на мембрану, фильтра предварительной очистки с рейтингом фильтрации 5 мкм., а также необходимой арматуры. Гидравлическая схема представлена на рисунке 1.

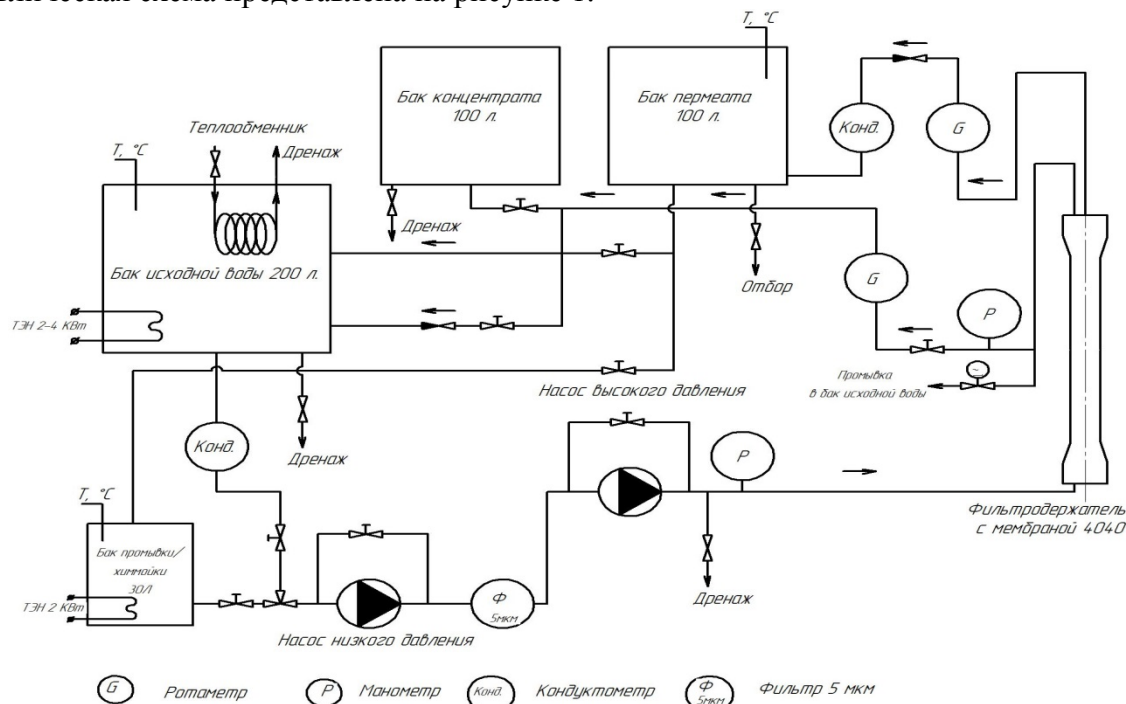


Рис. 1 – Гидравлическая схема пилотной установки для исследования работы обратноосмотической мембраны при высоком солесодержании

Исходными данными при экспериментальном моделировании работы обратноосмотических мембранных элементов являются: тип мембран (могут быть рассмотрены рулонные, а также радиальные мембраны), параметры солесодержания, температура (не должна превышать граничный параметр, согласно паспорту мембраны), давление, объемные расходы сред и другие параметры. В качестве выходных параметров, определяющих эффективность мембранного разделения и ее производительность, были рассмотрены селективность и коэффициент конверсии.

Селективность мембраны может быть рассчитана по формуле:

$$\varphi = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{п}}}{C_{\text{исх}}} \times 100\% \quad (1)$$

где $C_{\text{исх}}$, $C_{\text{п}}$ - солесодержание (ppm) исходной воды и пермеата соответственно.

Коэффициент конверсии (recovery) может быть рассчитан по формуле:

$$R = \frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{конц}} + Q_{\text{п}}} \times 100\% \quad (2)$$

где $Q_{\text{конц}}$, $Q_{\text{п}}$ - объемные расходы концентрата и пермеата (л/мин) соответственно.

Блок-схема системного анализа процессов обратноосмотической фильтрации представлена на рисунке 2.



Рис. 2 – Блок-схема системного анализа процессов обратноосмотической фильтрации

Средняя селективность по результатам проведенного эксперимента составила 95,97%, а средний коэффициент конверсии составил 27,28%. Однако, не смотря на хорошие средние результаты основной проблемой данных испытаний явилось снижение производительности мембраны с течением времени, что связано с явлением поляризации (увеличением локальной концентрации ионов в пограничном слое). Увеличить время работы мембраны (без долгосрочной остановки и химмойки) при таком сложном режиме возможно при использовании периодической промывки мембраны специальным отдельным промывочным насосом обессоленной водой, а также физическим воздействием на мембрану [3]. При анализе литературы по тематике исследования видно, что в качестве физических воздействий на работу мембранных элементов могут применяться ультразвуковые, вибрационные и другие типы физических воздействий. По результатам проведенного литературного обзора можно сделать следующие выводы:

1. Применение методов вибрационного воздействия может быть целесообразным и давать определенный эффект. Требуется исследование поведения различных типов мембран при вибрационном воздействии.

2. При воздействии ультразвука мембраны могут стать уязвимыми для повреждения из-за интенсивного кавитационного коллапсирования, зависящего от мощности, частоты и времени облучения ультразвуком. Исходя из высокой стоимости мембран, их типа наиболее примененными в промышленности (спиральные и радиальные), сложности реализации, данные воздействия видятся не результативными и сложно применимыми в реальном секторе.

Исходя из этого, именно воздействия вибрационного характера целесообразно рассмотреть далее и работать над их моделированием.

При рассмотрении всех этих аспектов в комплексе у инженера появляется возможность выбрать правильное управляющее воздействие на систему обратноосмотической фильтрации (как в процессе ее проектирования, так и в процессе эксплуатации) и достичь повышения надежности, экономичности и эффективности.

Список литературы

1. Слесаренко В.Н. Опреснение морской воды. М.: Энергоатомиздат, 1991. 278 с
2. Бобе Л.С., Сальников Н.А. Анализ и расчет процесса низконапорного обратного осмоса при регенерации санитарно-гигиенической воды // Космическая техника и технологии. 2019. №2 (25). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-raschet-protsesta-nizkonapornogo-obratnogo-osmosa-pri-regeneratsii-sanitarno-gigienicheskoy-vody>.
3. Сизоненко О.Г. Инновации в способах очистки обратноосмотических мембран = Innovations in methods of cleaning of return-observation membranes / О. Г. Сизоненко, Д. С. Соколов, И. В. Гриневич ; науч. рук. В. А. Романко // Актуальные проблемы энергетики - 2021 [Электронный ресурс]: материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня, Т. А. Петровская ; редкол.: Е. Г. Пономаренко (пред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – С. 619-624.

2.3.1.

¹Е.С. Соколова, ¹Е.А. Басуматорова, ²С.В. Пелькова¹Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
кафедра энергообеспечения сельского хозяйства,²ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет,
кафедра экономики и финансов,

Тюмень, sokolova.evs@gausz.ru, basumatorovaea.21@mti.gausz.ru, svepelkova@yandex.ru

УКРЕПЛЕНИЕ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Актуальность данного обзорного исследования обусловлено показателями платежеспособности компании, которая демонстрирует стремительный рост, однако наблюдается тенденция к их снижению, обусловленная резким увеличением кредиторской задолженности. При этом коэффициенты абсолютной и промежуточной ликвидности остались значительно выше установленных для них пороговых значений. Следовательно, в течение анализируемого периода компания оставалась платежеспособной, и была в состоянии погасить свои краткосрочные обязательства.

Ключевые слова: *платежеспособность, промышленная организация, компания, показатели, актив, кредитная политика, денежные средства, обязательства.*

Введение. Объектом исследования послужило общество с ограниченной ответственностью «ИНОТЕРМ», являющееся официальным дистрибьютором компании Абрадокс, одной из основных производителей трубопроводной арматуры. Целью исследования является изучение сложившейся кредитной политики в обществе, определение негативных моментов и рекомендации, способствующие их устранению.

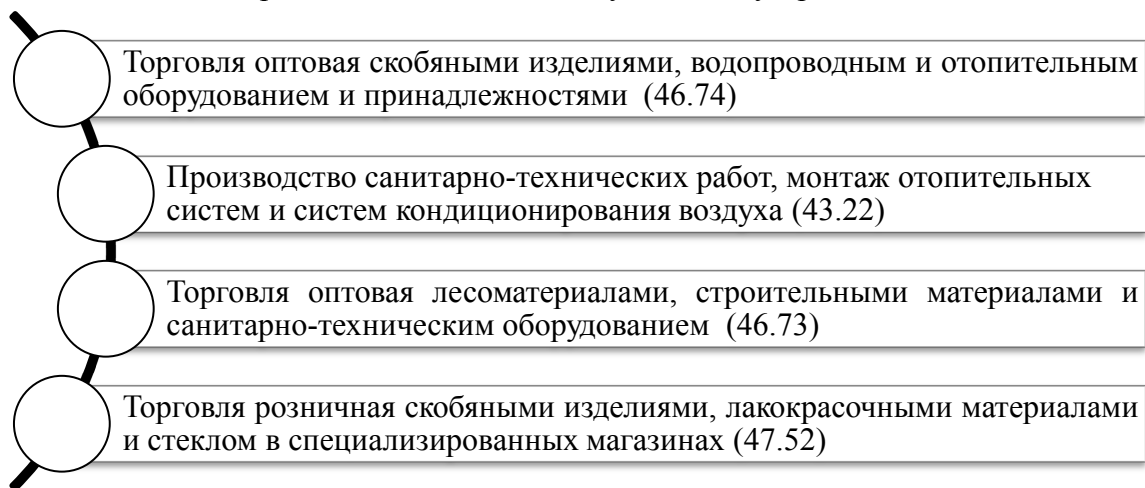


Рис. 1 – Перечень осуществляемых видов деятельности ООО «ИНОТЕРМ»

Любой хозяйствующий субъект заинтересован в повышении эффективности своей деятельности, кредиторы же оценивают финансовую устойчивость заемщика по величине собственного капитала, на рисунке 2 представлена динамика показателей платежеспособности организации, являющихся маркером устойчивого финансового состояния и вероятности банкротства [1,2].

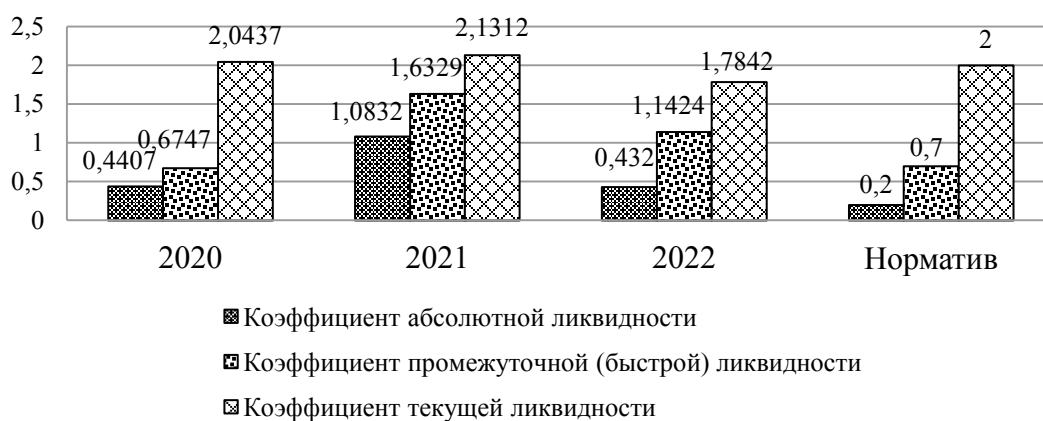


Рис. 2 – Соотношение значений показателей платежеспособности с нормативами

Материалы и методы. Проведенная оценка ликвидности и платежеспособности ООО «ИНОТЕРМ» показала, что у компании есть определенные проблемы в управлении ликвидностью и платежеспособностью, к числу которых следует отнести: сформировался дефицит наиболее ликвидных активов; в 2021 г. наблюдалось значительное снижение показателей, вызванное резким ростом кредиторской задолженности, что стало следствием неудовлетворительной структуры бухгалтерского баланса. Перечисленные проблемы связаны в основном с двумя обстоятельствами:

– во-первых, с нерациональной структурой активов компании. Основным недостатком размещения средств в ООО «ИНОТЕРМ» является их значительное отвлечение в дебиторскую задолженность (39,82% в 2021 г.). Увеличение дебиторской задолженности за анализируемый период составило 4 раза;

– во-вторых, кредиторская задолженность компании за последние три года увеличилась на 40%.

Даже незначительное увеличение дебиторской задолженности, а также появления в ее структуре «статей, ухудшающих качество», отразится на финансовом результате компании, снижая платежеспособность.

Структура дебиторской задолженности ООО «ИНОТЕРМ», представленная в таблице 1, на протяжении 2020-2022 гг. была стабильной. Краткосрочная задолженность составляет 100%. В структуре краткосрочной дебиторской задолженности большую часть составляет задолженность покупателей.

Таблица 1 – Динамика состава и структуры дебиторской задолженности

Показатели	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	тыс. руб.	в % к итогу	тыс. руб.	в % к итогу	тыс. руб.	в % к итогу
Дебиторская задолженность	1930	100	4069	100	7912	100
Краткосрочная дебиторская задолженность	1930	100	4069	100	7912	100
в том числе:						
покупатели и заказчики	1351	70,00	2482	60,99	4905	61,99
авансы выданные	579	30,00	1587	39,01	3007	38,01

Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности, являющийся показателем эффективности управления данной статьей оборотных средств, имеет тенденцию к возрастанию, при этом период оборота составляет в среднем 16 дней. Важной задачей кредитной политики является сокращение до минимальных значений дебиторской задолженности, как следствие высвобождение из оборота свободных денежных средств (таблица 2) [3].

Таблица 2 – Анализ эффективности управления дебиторской задолженностью

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Изменение /+,-/	
				2021 г. к 2020 г.	2022 г. к 2021 г.
Выручка, тыс. руб.	54961	72512	97996	17551	25484
Средняя дебиторская задолженность, тыс. руб.	1848	3000	5991	1152	2991
Средняя кредиторская задолженность, тыс. руб.	7987	7657	9270	-330	1613
Средняя стоимость активов, тыс. руб.	16612	15972	17824	-640	1852
Оборачиваемость дебиторской задолженности, обороты	29,741	24,171	16,357	-5,570	-7,814
Оборачиваемость дебиторской задолженности, дн.	12	15	22	3	7
Отношение дебиторской задолженности к выручке	0,034	-	0,061	-0,034	+0,061
Отношение дебиторской задолженности к активам	0,111	0,188	0,336	0,077	0,148
Отношение дебиторской задолженности к кредиторской задолженности	0,231	0,392	0,646	0,161	0,254

Отношение дебиторской задолженности к выручке растет в 2022 г., что говорит о неэффективности кредитной политики. Этот же вывод следует и из соотношения дебиторской и кредиторской задолженности.

Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности в таблице рассчитан по классической формуле, в тоже время, существует альтернативный способ расчета, когда коэффициент представлен как частное от деления объема поступивших денежных средств за отгруженную продукцию к сумме дебиторской задолженности. Такой способ расчета оборачиваемости позволяет более точно спрогнозировать денежный поток и дебиторскую задолженность на предстоящий период, включает прогноз сезонных колебаний спроса на продукцию. В следствии чего, более точно оценивается потребность в заемных средствах и возможность их погашения. В соответствии с данной методикой, в коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности изменился с 29,058 оборотов, до 15,682 оборотов в 2022 г. Оборачиваемость дебиторской задолженности по данному критерию сократилась, следовательно, можно сделать вывод, что эффективность кредитной политики компании снизилась.

Результаты исследования. Анализ коэффициента отвлечения оборотных активов в дебиторскую задолженность, представленный в таблице 3, из года в год возрастает, в то время как оптимальным считается коэффициент менее 25%.

Таблица 3 – Анализ коэффициента отвлечения оборотных активов в дебиторскую задолженность

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Изменение /+,-/	
				2021 г. к 2020 г.	2022 г. к 2021 г.
Дебиторская задолженность, тыс. руб.	1930	4069	7912	+2139	+3843
Оборотные активы, тыс. руб.	16166	15777	19871	-389	+4094
Коэффициент отвлечения оборотных активов в дебиторскую задолженность, %.	11,94	25,79	39,82	+13,85	+14,03

В результате проведенного исследования, сделаны выводы, что в Обществе отсутствует не только система внутреннего контроля за уровнем задолженности, но и в целом системный подход, позволяющий минимизировать дебиторскую задолженность, обеспечить требуемую

скорость ее оборачиваемости. В связи с чем, очевидны следующие изменения в кредитной политике:

1. Внедрение принципов расчета с контрагентами.
2. Предоставлять товарный (коммерческий) или потребительский кредит покупателям, с заранее определенной суммой средств, возможных для отвлечения из оборота.
3. Лимитирование размеров предоставляемого кредита.
4. Расчет возможных финансовых потерь, в результате отвлечения оборотных активов и возможностей их компенсации.
5. Определение условий обеспечения взыскания дебиторской задолженности, в том числе формирование системы штрафных санкций за просрочку исполнения обязательств.
6. Определение процедуры взыскания дебиторской задолженности.
7. Применение методов рефинансирования дебиторской задолженности.

Для установления этих требований ООО «ИНОТЕРМ» необходимо разработать кредитную политику, охватывающую совокупность организационной структуры, методик и процедур, принятых руководством экономического субъекта в отношении управления дебиторской задолженностью[4].

Решением данной проблемы может служить Положение о кредитной политике, представленное на рисунке 3, в котором помимо целей и задач, будут отражаться критерии оценки потенциальных покупателей, системы кредитных условий, основные направления работы с дебиторской задолженностью.

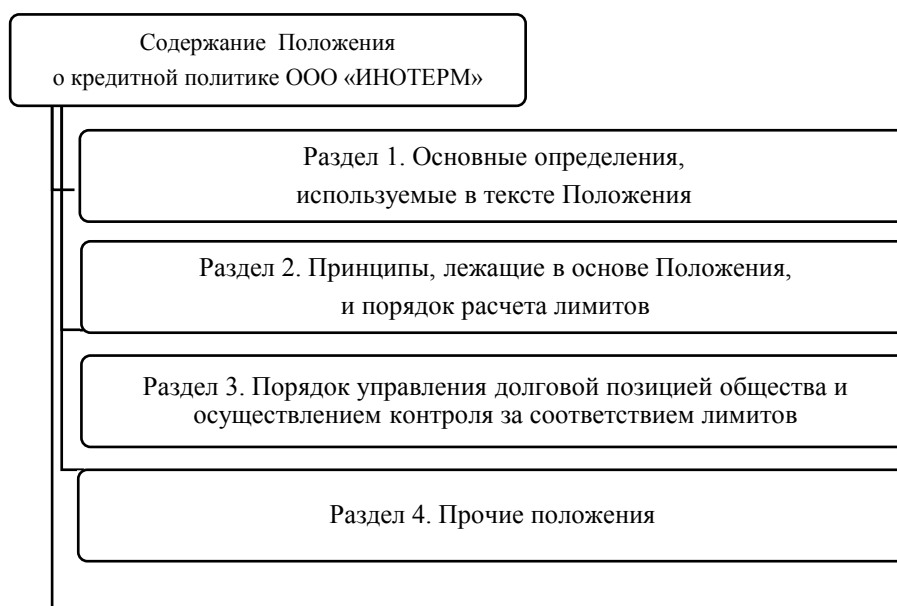


Рис. 3 – Предлагаемое содержание Положения о кредитной политике

Важным аспектом Положения является описание методики расчета лимитов. Базой для их расчета являются данные бухгалтерского учета и бухгалтерская отчетность Общества.

Вывод. Таким образом, разработка Положения о кредитной политике ООО «ИНОТЕРМ» и применение ее положений на практике позволит Обществу минимизировать дебиторскую задолженность, обеспечить требуемую скорость ее оборачиваемости, выйти на планируемый финансовый результат.

Список литературы

1. *Гиляровская Л.Т., Ендовицкая А.В.* Анализ и оценка финансовой устойчивости коммерческих организаций: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. 159 с.
2. *Олейник А.Н.* Анализ и управление ликвидностью и платежеспособностью организации / А.Н. Олейник, А.А. Овсиенко, А.А. Кулак, Е.А.Пак // Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 38 (6). С. 441-446.
3. *Пелькова С.В.* Оценка рентабельности финансовых результатов организации – поставщика сельскохозяйственной техники / С.В. Пелькова, Е.С. Соколова // Агропромышленный комплекс в условиях современной реальности. Сборник трудов международной научно-практической конференции – Тюмень, 2023. - С.19-27.
4. *Соколова Е.С.* Оценка платежеспособности и финансовой устойчивости на примере сельскохозяйственной организации // Сборник: Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. 2017. С.295-298.

2.3.1.

А.С. Хачиров,¹ М.А. Иванова канд. физ.-мат. наук,² А.Н. Дьячковская

¹Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Институт математики и информатики,

²ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»,
Инженерный факультет,
Якутск, iv_mari@mail.ru, an_dyachkovskaya@mail.ru

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ CRM
В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АГЕНТСТВА НЕДВИЖИМОСТИ**

В научной статье приведены этапы разработки CRM системы на примере агентства недвижимости. При разработке использовалась технология "клиент-сервер". Она дает пользователю большую безопасность, устойчивость, согласованность, масштабируемость, повышенную конфиденциальность и надежность обработки и хранения информации.

Ключевые слова: CRM система, клиент-сервер, база данных, структура, модуль.

CRM (Customer Relationship Management) системы остаются актуальными и важными для бизнеса в наше время по нескольким причинам [1]: 1) Повышение удовлетворенности клиентов. 2) Увеличение продаж; 3) Анализ данных; 4) Оптимизация процессов; 5) Маркетинг и реклама; 6) Конкурентоспособность; 7) Мобильность и доступность.

Целью данной работы является проектирование и разработка CRM системы учета клиентов агентства недвижимости.

Анализ исходных данных и выбор варианта построения системы

WEB-технологии представляют собой развитие традиционной клиент-серверной архитектуры. В сущности, каждая веб-система построена на основе этой архитектуры, где одним клиентом является веб-браузер, предоставляющий удобный пользовательский интерфейс. С его помощью пользователь может взаимодействовать с несколькими серверами [2]. Для лучшего понимания преимуществ такой архитектуры давайте подробно рассмотрим классическую клиент-серверную систему.

Безусловным плюсом использования технологии "клиент-сервер" является близкое размещение данных и операций. Вся обработка данных происходит на сервере, что приносит ощутимый прирост в скорости, ускоряя процессы на десятки и сотни раз.

В отличие от файл-серверной архитектуры, технология "клиент-сервер" предоставляет пользователям значительно большую степень безопасности, устойчивости, согласованности, масштабируемости, повышенную конфиденциальность и надежность в обработке и хранении информации [3].

Архитектура "клиент-сервер" разбивает информационную систему на два ключевых уровня: уровень представления и уровень хранения данных. На первом уровне находятся клиентские устройства с прикладными программами, которые по сети обращаются к базе данных. Второй уровень представлен сервером, на котором размещена база данных.

Архитектура "клиент-сервер" может быть как двухуровневой, так и трехуровневой, включая веб-решения. Давайте рассмотрим схему двух и трехуровневой архитектуры веб-решения.

В двухуровневой архитектуре взаимодействие между веб-браузером и веб-сервером четко разграничено. Веб-сервер предоставляет HTML-страницы, и браузер отображает их, интерпретируя HTML-теги.

В трехуровневой архитектуре браузер работает на клиентском уровне, сервер базы данных находится на уровне сервера, а промежуточный уровень включает в себя веб-сервер и программное расширение сервера. Это уменьшает сетевой трафик, делает компоненты более

взаимозаменяемыми и повышает уровень безопасности. Однако она также может затруднить обработку транзакций в базе данных из-за протокола HTTP, который не поддерживает сохранение состояния.

Таким образом, трехуровневая архитектура клиент-сервер, применяемая при разработке информационной системы управления ИТ-продуктом на основе веб-технологий, упрощает распределенные вычисления, обеспечивая надежность и доступность. Средства, такие как PHP и JavaScript, упрощают связь между сервером приложений и клиентами, а объектно-ориентированные менеджеры транзакций обеспечивают согласованную работу сервера приложений с базами данных. Это создает условия для разработки сложной распределенной информационной системы, эффективно использующей преимущества современных веб-технологий.

В результате автоматизации на основе веб-технологий изменится процесс сбора, обработки информации и формирования отчетов. Часть данных для внесения в базу данных будет автоматически импортироваться специализированными модулями системы. Импорт будет производиться через промежуточные файлы XML и CSV, а сама система сможет напрямую получать данные из внутренней системы статистики. Часть данных будет вводиться ответственными сотрудниками через веб-интерфейс. Все вычисления необходимых показателей будут автоматизированы, и отчеты можно будет формировать и печатать в окне браузера, обеспечивая кроссплатформенный доступ к актуальным данным в режиме реального времени.

Информационная модель системы

Информационная модель представляет собой схему движения входных, промежуточных и результативных потоков и функций предметной области. Кроме того, она объясняет, на основе каких входных документов и какой нормативно-справочной информации происходит выполнение функций по обработке данных и формирование конкретных выходных документов. Информационная модель представлена на рисунке 1.

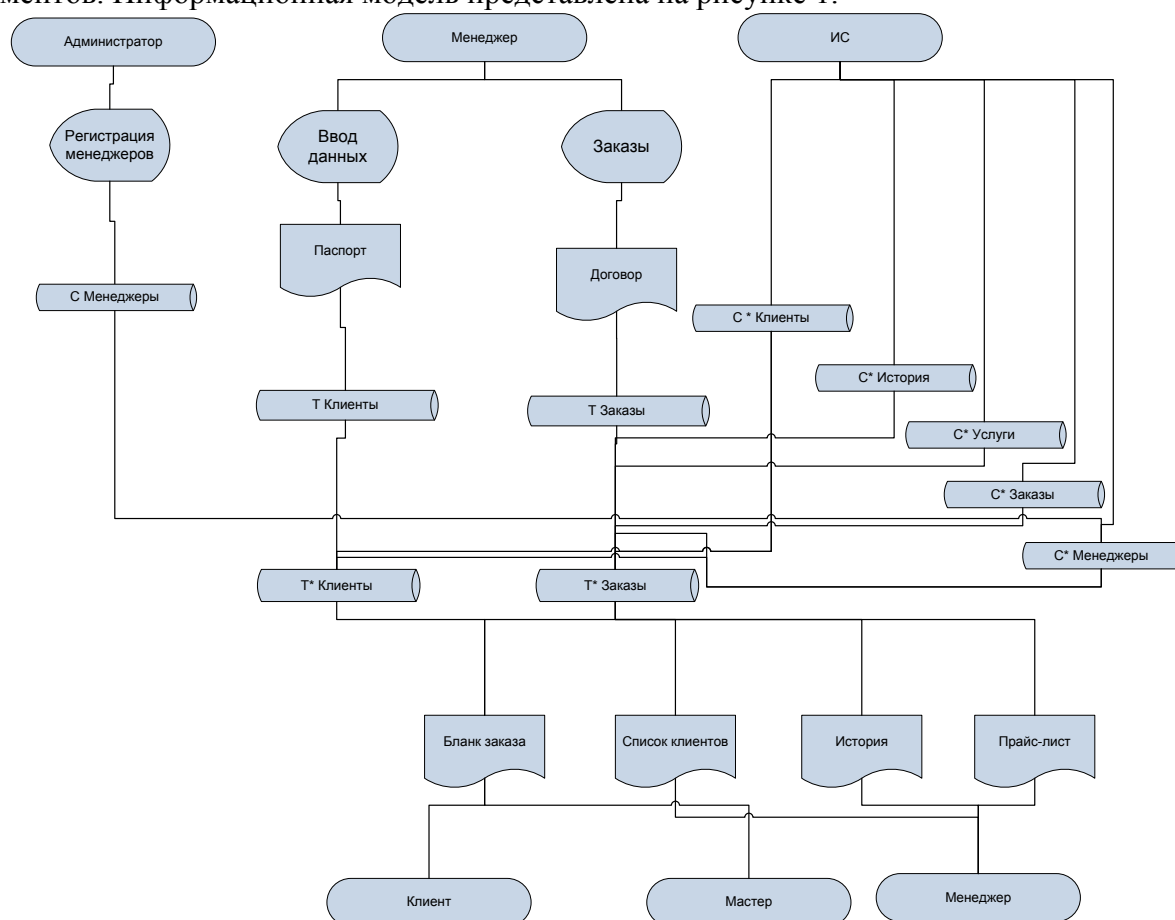


Рис. 1– Информационная модель

Разработка интерфейса и структура программной оболочки

Интерфейс пользователя - это та часть программы, которая находится у всех на виду.

Формы — это строительные блоки интерфейса пользователя. Хороший дизайн форм включает нечто большее, чем просто добавление элементов управления и программирование процедур обработки событий.

Особый вид форм - формы, предназначенные для ввода данных. Они позволяют пользователю идти в нужном ему темпе, не оглядываясь на программиста. В форме ввода данных необходимо максимально использовать свободное пространство, поскольку открытие и закрытие дополнительных форм существенно замедляет работу. При разработке форм ввода данных основное внимание следует уделить скорости их работы.

Программная реализация проекта

1. Характеристика базы данных

В системе используется СУБД MySQL. База данных состоит из 5 таблиц. Схема связи таблиц базы данных приведена на рисунке 2:

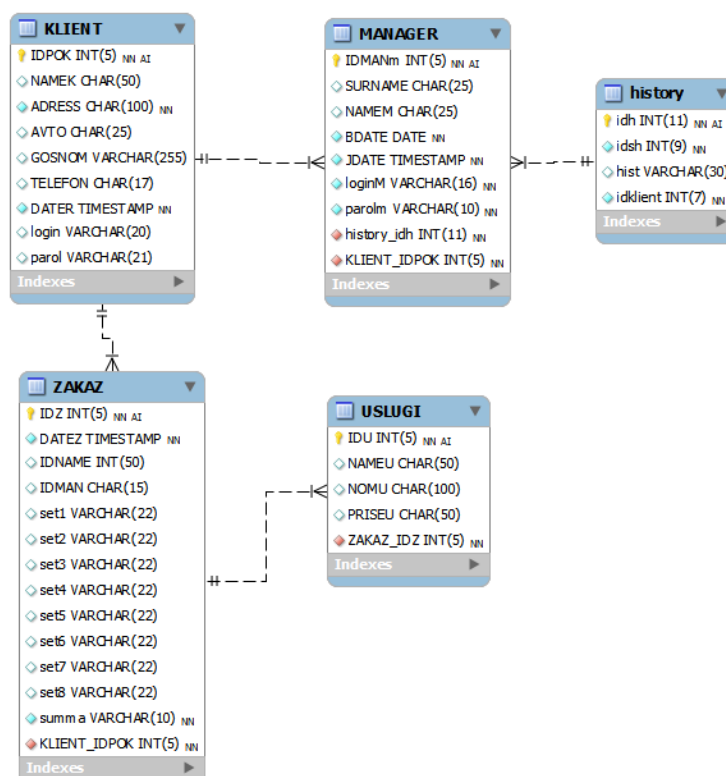


Рис. 2 – Схема реляционной базы данных

2. Структурная схема пакета (дерево вызова программных модулей)

Система состоит из двух модулей – базы данных MySQL и приложения для взаимодействия с базой данных, реализованного на языке программирования PHP и с использованием HTML.

Работа с системой осуществляется через любой браузер. Для работы необходимо установить локальный сервер в локальной сети предприятия, где будет также расположена база данных. Доступ к базе будет осуществляться с помощью набора адреса в адресной строке браузера.

Дерево вызова программных модулей менеджера модуля программы представлено на рисунке 3.

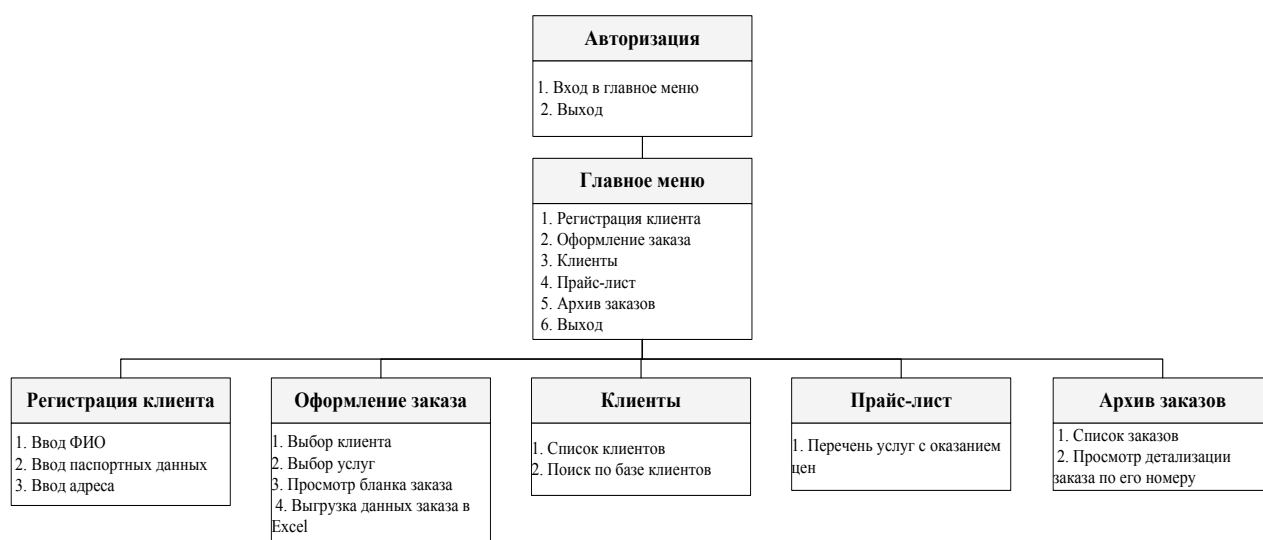


Рис. 3 – Дерево вызова программных модулей модуля менеджера системы

Дерево вызова программных модулей модуля администратора системы приведено на рисунке 4.



Рис. 4 – Дерево вызова программных модулей модуля администратора системы

Описание программных модулей

Как уже указывалось, система состоит из модуля менеджера и модуля администратора. Работа обоих модулей строится на взаимодействии с базой данных.

Назначение каждого элемента модуля менеджера представлена на таблице 1.

Таблица 1 - Описание элементов модуля менеджера

Наименование	Назначение
loginman.php	Страница авторизации (ввода пароля и логина)
authman.php	Скрипт проверки правильности введенных данных
zakaz.php	Страница оформления заказа
klient.php	Страница со списком клиентов
search.php	Страница поиска по базе клиентов
sname.php	Страница с результатами поиска
admin.php	Прайс-лист
archiv.php	Архив заказов
archivezakaz.php	Детализация заказа
gen.php	Скрипт выгрузка данных в Excel

index.php	Страница регистрации клиента
blank.php	Бланк заказа
Style.css	Файл CSS
jquery.validate.min.js	Java-скрипт проверки правильности введенных данных

Назначение каждого элемента модуля администратора представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Описание элементов модуля менеджера

Наименование	Назначение
loginadmin.php	Страница авторизации (ввода пароля и логина)
authadmin.php	Скрипт проверки правильности введенных данных
klientm.php	Страница со списком клиентов
historu.php	Страница просмотра истории
regman.php	Страница регистрации менеджеров
hist.php	Страница просмотра статистики конкретного менеджера
manager.php	Список менеджеров
Style.css	Файл CSS

Таким образом, на основании анализа CRM технологии управления были сформированы цели и назначение разрабатываемой автоматизированной системы учета клиентов, произведено сравнение с аналогичными системами решения данной задачи, проведена формализация расчетов результатных показателей, выбрана технология проектирования, а также принят ряд проектных решений по техническому, информационному, программному и технологическому обеспечению.

Список литературы

1. *Рязанцев А.* CRM-система. Порядок в продажах за 6 недель / А. Рязанцев. – М.: Издательство 1000 бестселлеров, 2019. - 200 с.
2. *Агапов О.* Основные принципы работы CRM / О. Агапов, Д. Спиридонов. – М.: Издательство Граф, 2010. - 420 с.
3. *Кудинов А.* CRM: российская практика эффективного бизнеса / А. Кудинов. – М.: Издательство 1С-Публишинг, 2009. - 374 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ — 2.3.3.****2.3.3.**

**Г.А. Алексеев д-р техн. наук, В.Н. Кудашов канд. физ - мат. наук,
Е.Г. Селина, В.А. Селин, Н.А. Селин**

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
факультет ПИиКТ,
Санкт-Петербург, lena_selina@mail.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПОКРЫТИЙ
ВДАВЛИВАНИЕМ ИНДЕНТОРА**

Рассматриваются вопросы определения пластичности и микротвердости тонких покрытий, применяемых в процессе автоматизированного образования прецизионного регулярного микрорельефа с применением алмазного индентора специальной формы.

Ключевые слова: прецизионный регулярный микрорельеф (ПРМ), микротвердость, бицилиндрический индентор, пластичность.

Одной из основных особенностей автоматизированного процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа (ПРМ) являются особые требования к износостойкости используемого инструмента, обусловленные необходимостью выполнения жестких требований к постоянству формы и размеров микрогеометрии с одновременным обеспечением стабильности работы машины в течение длительного времени без вмешательства оператора в автоматическом режиме [1]. В связи с этим возникает необходимость тщательного анализа качества используемых слоев и заготовок с целью выбора и обеспечения оптимальных механических, отражающих и других свойств, в том числе их микротвердость и пластичность в значительной мере влияющих на износостойкость инструмента и определяющих качество ПРМ [2]. Оценить пластичность тонких покрытий можно зная зону распространения пластических деформаций около вдавливаемого индентора, которая может быть охарактеризована высотой наплывов пластически деформируемого материала. На этом принципе основан метод определения пластичности поверхностных слоев материалов путем вдавливания алмазного конического индентора, при котором для одинаковой глубины s , отсчитываемой от недеформируемой поверхности, зона распространения пластических деформаций вокруг индентора тем больше, чем выше пластичность материала. Пластичность в этом случае характеризуется s/d , где d , s - диаметр и глубина отпечатка. Это отношение определяется высотой наплывов, которая тем меньше чем, чем выше пластичность. Для определения пластичности тонких покрытий этот метод не может быть применен вследствие того, что параметры s и d малы и могут находиться вне пределов разрешимости оптических средств измерений. Это связано также с тем, что при вдавливании индентора необходимо выдерживать соотношение толщины образца к глубине отпечатка не менее определенного критического значения, характерного для каждого материала, а несоблюдение этого условия приводит к искажению значений характеристик материала вследствие влияния подложки. Для определения пластичности тонких покрытий может использован наконечник для испытания материалов, лезвие которого образовано пересечением двух поверхностей вращения – цилиндрических или конических. Индентор такой формы повышает точность измерения при малых глубинах вдавливания, однако его применение для определения пластичности имеет существенный недостаток: линейный размер, характеризующий в данном случае высоту наплывов – наибольшая ширина

отпечатка, недостаточно различим при малых глубинах вдавливания. Определить высоту навалов при вдавливании бицилиндрического или биконического индентора можно путем вдавливания в зону наплывов криволинейного лезвия с характерным для указанных инденторов большим значением $\frac{\partial d}{\partial c}$, характеризующего изменение длины отпечатка с изменением его глубины. Практически это можно осуществить в том случае, если имеет дополнительное лезвие, которое начинает вдавливаться с момента достижения определенной глубины вдавливания основного лезвия. При этом глубина вдавливания дополнительного лезвия при глубине вдавливания основного лезвия c_0 равна высоте наплывов около основного лезвия. Длина отпечатка дополнительного лезвия d_1 учитывая достаточно большое значение параметра $\frac{\partial d}{\partial c}$, будет достаточно велика, что дает возможность определить соответствующее ей значение высоты наплыва. Геометрические характеристики дополнительного лезвия могут быть рассчитаны в соответствии с зависимостями, полученными при анализе геометрии резцов трапецеидального профиля, а пластические деформации аналогичны деформациям, исследованным при вдавливании двухпрофильного резца с несимметричным трапецеидальным профилем [3]. При вдавливании индентора, имеющего дополнительные лезвия пластичность материала на глубине c_0 характеризуется отношением $\frac{d_1}{d_0}$, которое может быть вычислено теоретически для жесткопластического материала, если известна взаимосвязь глубины вдавливания и линейных размеров отпечатка лезвий.

Зависимость линейного размера основного лезвия от глубины вдавливания определяется также как и в случае биконического и бицилиндрического индентора, а для дополнительного лезвия соответствующая зависимость определяется также как для второго лезвия двухпрофильного резца.

При вдавливании основного лезвия индентора на глубину c , вспомогательное лезвие вдавливается в образовавшиеся наплывы. Рассмотрим далее определение соотношения размеров отпечатков лезвий в зависимости от высоты наплывов исходя из геометрических характеристик бицилиндрических резцов. Зависимость длины отпечатка от глубины вдавливания индентора для основного лезвия найдем, используя взаимосвязь глубины вдавливания и длины следа бицилиндрического резца в виде:

$$c = \frac{R_1 \sin \alpha + R_2 \sin \beta}{2R_1 R_2 \cos \alpha \cos \beta (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)} S^2 \quad (1)$$

Соответственно для вспомогательного лезвия используем соответствующую зависимость для второго лезвия бицилиндрического резца трапецеидального профиля:

$$c = \frac{R_3 \sin \alpha_1 - R_1 \sin \alpha}{2R_1 R_3 \sin \alpha \sin \alpha_1 (\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \alpha)} S^2 \quad (2)$$

В выражениях (1), (2) приняты следующие обозначения: R_1, R_2, R_3 - радиусы цилиндрических поверхностей, образующих рабочую и нерабочую грани бицилиндрического резца и вторую грань резца трапецеидального профиля; α, β, α_1 - углы наклона соответствующих поверхностей к плоскости заготовки.

Из (1) и (2) при значениях $\alpha = \beta, R_1 = R_2, R_3 = R_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_1}$ определяются зависимости длины отпечатка основного $l_{\text{осн}}$ и вспомогательного $l_{\text{всп}}$ лезвий индентора от глубины вдавливания:

$$l_{\text{осн}} = \sqrt{8R_1 \cos \alpha c_{\text{осн}}} \quad l_{\text{всп}} = \sqrt{8R_3 \cos \alpha_1 c_{\text{всп}}} \quad (3)$$

где $c_{\text{осн}}$ - глубина вдавливания основного, а $c_{\text{всп}}$ - вспомогательного лезвия.

Для трехлезвийного индентора, основное лезвие которого вдавлено на глубину c_1 , а второе лезвие соответственно в наплывы, запишем уравнения для определения h_0 и ψ , как и в случае бицилиндрического алмазного резца трапецеидального профиля при $c_1 = c_0$ [3]:

$$\sin(\theta_0 - \psi) \left(h_0 + \frac{c_1}{\cos \theta_1} \right) = h_0 \cos \theta_0 \quad (4)$$

$$h_0 \cos \theta_0 \left[\left(h_0 + \frac{c_1}{\cos \theta_1} \right) \cos(\theta_0 - \psi) + (h_0 \cos \theta_0) \operatorname{tg} \theta_0 \right] = c_1^2 \operatorname{tg} \theta_1 \quad (5)$$

Из уравнения (4) найдем значение h_0 :

$$h_0 = \frac{\sin(\theta_0 - \psi)c_1}{[\cos\theta_0 - \sin(\theta_0 - \psi)]\cos\theta_1}$$

Из уравнения (2) в результате построения линий скольжения для жесткопластического тела найдем, что значение угла $(\theta_0 - \psi)$ при вдавливании индентора на глубину c_0 , отсчитываемую от недеформированной поверхности образца, и высоту наплывов $\Delta = h_0 \cos\theta_0$.

Т. о. из уравнений (3), (4) находим ψ , h_0 и высоту наплывов, в которые вдавливается вспомогательное лезвие, а из (3) найдем длину его отпечатка. Соответственно, длина отпечатка основного лезвия определяется, как и в случае бицилиндрического индентора. Так для индентора с $\theta_1 = 68^\circ$, $\theta_0 = 58^\circ$, $R_1 = 2$ мм, $c_0 = 0,5$ мкм получим значения $l_{всп} = 83$ мкм, $l_{всп} = 0,67$ мкм, их отношение составляет 0,81. Таким образом, при вдавливании трехлезвийного индентора на глубину c_0 в жесткопластическую среду составляет ориентировочно 70%, что позволяет определять показатель пластичности с применением оптических средств измерений.

При определении микротвердости бицилиндрическим индентором учитывается условная боковая поверхность, зависящая от глубины вдавливания, которая отсчитывается от недеформируемой поверхности. Поэтому, если мы будем измерять микротвердость трехлезвийным индентором по основному лезвию, то условная боковая поверхность не будет отличаться от используемой для бицилиндрического индентора при одной и той же глубине, и соответствующих геометрических параметрах. Отличие будет в том, что бицилиндрический индентор вдавливается в наплывы цилиндрической поверхностью наклоненной под углом α с радиусом R_1 , а трехлезвийный индентор вдавливается в наплывы цилиндрической поверхностью наклоненной под углом α_1 с радиусом R_3 . При вдавливании бицилиндрического индентора в жесткопластическую среду образовавшиеся наплывы можно определить исходя из расположения полей линий скольжения в частном случае задачи о вдавливании индентора трапецеидального профиля при $\theta_0 = \theta_1$ [3]. Соответствующие уравнения для определения угла ψ и высоты навалов примут вид:

$$h \cos\theta - c = h \sin(\theta - \psi) \quad (6)$$

$$h \cos\psi - c \cos(\theta - \psi) = c \sin\theta \quad (7)$$

Определяя из этих уравнений угол ψ и высоту навалов находим площадь боковой поверхности бицилиндрического индентора, в процессе определения микротвердости в соответствии с ГОСТ 9450. Это позволяет ценить влияние вспомогательных лезвий на точность определения микротвердости по основному лезвию индентора. Обозначив через $\Delta_{биц} = h \sin(\theta - \psi)$ высоту наплывов, определенную из (6), (7), а через $\Delta_{пласт} = h_0 \cos\theta_0$ высоту наплывов при вдавливании трехлезвийного индентора, найдем соответствующие им площади боковых поверхностей:

Из (6), (7) определяем площадь поверхности трехлезвийного индентора $F_{всп}^{тр}$ при вдавливании его вспомогательной поверхности в наплывы и соответствующую ей площадь бицилиндрического индентора $F_{н}^{биц}$ при измерении микротвердости.

$$F_{всп}^{тр} = \frac{l_{всп}^3}{4R_3 \sin\theta_0} \quad (8)$$

$$F_{н}^{биц} = \frac{l_{н}^3}{4R_1 \sin\alpha_0} \quad (9)$$

Выбором геометрических параметров трехлезвийного индентора можно получить близкие значения этих площадей для того, чтобы измерения микротвердости этими инденторами были идентичными.

Таким образом возможность одновременного определения пластичности по длине отпечатков вспомогательных лезвий и микротвердости соответственно по длине отпечатка основного лезвия определяется величиной отношения площади боковой поверхности бицилиндрического индентора $F_{н}^{биц}$, определяемой наплывами, образуемыми при его вдавливании, к соответствующей площади боковой поверхности вспомогательного лезвия

трехлезвийного индентора:

$$\frac{F_{\text{н}}^{\text{биц}}}{F_{\text{всп}}^{\text{тр}}} = \frac{\sqrt{R_1 \cos \alpha}}{\sqrt{R_3 \cos \alpha_1}} \sqrt{\left(\frac{\Delta_{\text{биц}}}{\Delta_{\text{всп}}}\right)^3} \quad (10)$$

где $\Delta_{\text{биц}}$, $\Delta_{\text{всп}}$ – высота наплывов при вдавливании бицилиндрического индентора и трехлезвийного соответственно.

Анализ соотношения площадей боковых поверхностей в первом и втором случае показывает, что если разность в углах наклона цилиндрических поверхностей трехлезвийного индентора находится в пределах 10-12 градусов, то соответствующие площади боковых поверхностей, приходящиеся на деформацию наплывов не существенно различаются при вдавливании бицилиндрического и трехлезвийного индентора и не окажут влияния на определение микротвердости.

Список литературы

1. Алексеев Г.А. Обеспечение качества процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. СПб.: СПбГПУ, 2012.- № 2-1.(147) - с.131 -137.
2. Селина Е.Г. Точность формообразования прецизионного регулярного микрорельефа. // Материалы XVIII международной научно-технической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество», СПб: СПбГЭТУ, 2012, т.1 с 206-208.
3. Алексеев Г.А., Кудашов В.Н., Селина Е.Г., Селин В.А., Селин Н.А. Особенности автоматизированного процесса образования прецизионного регулярного микрорельефа алмазными монокристалльными резцами трапецеидального профиля // Научно-технический вестник Поволжья. -2023. - №4 – С. 112-115

2.3.3.

О.В. Воркунов, В.В. Максимов, П.В. Тарасенко

Казанский государственный энергетический университет,
кафедра «Электроэнергетические системы и сети»,
Казань, vorcunov_oleg@mail.ru, viktor.maksimov.1968@mail.ru, chigibam@gmail.com

**КОММУТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИНХРОННОМ ВАКУУМНОМ
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ 6(10) кВ**

В данной работе с помощью программной среды MATLAB-Simulink разработана имитационная модель вакуумного выключателя, учитывающая реальные характеристики аппарата и способная реализовать принципы управляемой коммутации. Проведена проверка его работы в виртуально созданной электрической сети 6(10) кВ. Путем компьютерного моделирования получены данные, которые позволяют проводить сравнение, анализ, а также оценку эффективности снижения коммутационных перенапряжений для конкретного энергетического объекта.

Ключевые слова: модель синхронного выключателя, высокочастотные перенапряжения, управляемая коммутация, характеристики выключателя.

В последнее время в РФ при выборе защитно-коммутационного оборудования в электрических сетях среднего напряжения предпочтение отдается вакуумным выключателям. Они надежны, просты в обслуживании, имеют относительно небольшую стоимость и габаритные размеры. Однако их особенностью, проявляющихся при коммутациях электрооборудования является возникновение высокочастотных перенапряжений, которые при определенных обстоятельствах могут приводить к еще большим перенапряжениям, превышающим номинальные значения напряжения в несколько раз[1]. Экспериментальные исследования данных процессов достаточно сложно реализовать, поэтому наиболее простым способом их анализа является имитационное моделирование. В качестве программной среды авторами был использован программный комплекс MATLAB-Simulink.

Одним из основных физических параметров современных вакуумных выключателей является: мгновенный обрыв тока (срез тока). Он появляется при отключении индуктивных элементов, таких, как реакторы и трансформаторы, что приводит к высоким перенапряжениям. В настоящее время для большинства вакуумных выключателей величина среза тока составляет примерно $I_{ср} = 4 - 6$ А [2]. Существенный интерес представляет также исследование электрической прочности межконтактного промежутка, особенно его зависимость от материала контактов и силы отключаемого тока. Согласно [3] закон изменения электрической прочности при имитационном моделировании может быть описан линейной зависимостью. Скорость восстановления электрической прочности межконтактного промежутка для современных вакуумных выключателей составляет $k = 20 - 80$ кВ/мс [4].

На рис. 1 представлена модель одной фазы выключателя, являющаяся частью созданной имитационной модели, с использованием стандартных блоков из библиотеки Simulink. Начальный момент времени коммутации задается в блоке *Step1*. Контакты выключателя и электрическая дуга моделируются блоками *Ideal Switch1* и *Ideal Switch2* соответственно. Ток в фазе измеряется амперметром *Current1*, и сравнивается с заданным током среза $I_{ср}$. Если неравенство выполняется, блоком *Enabled Subsystem3* подается сигнал на погашение дуги.

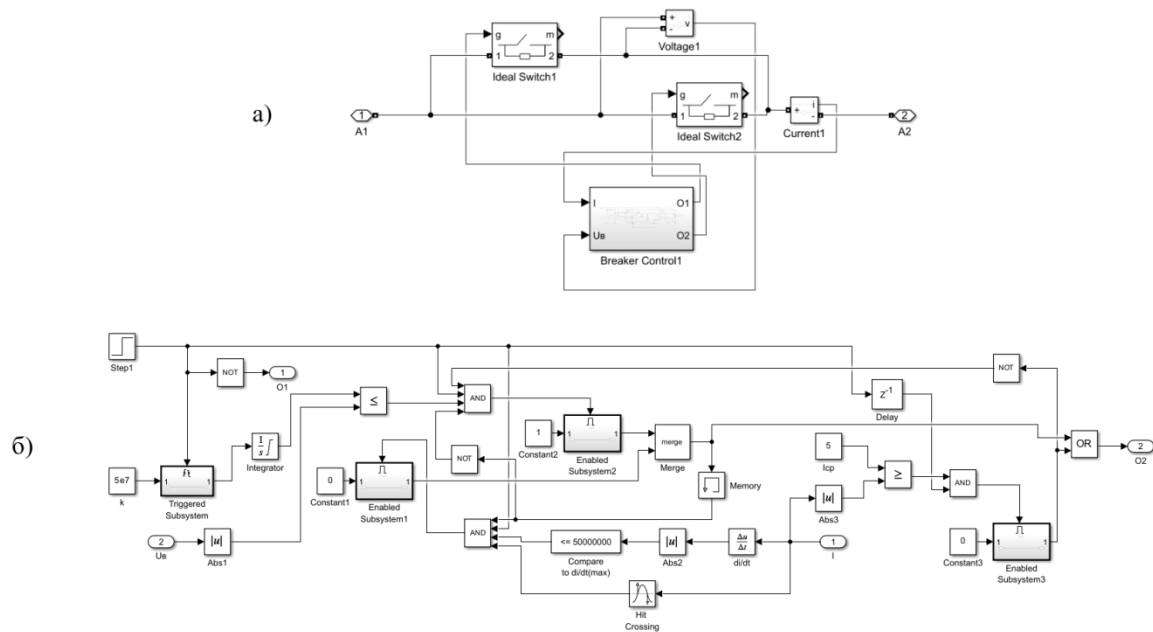


Рис. 1 - Модель одной фазы вакуумного выключателя:
а – общий вид; б – структура блока *Breaker Control*

После первого погасания дуги начинает исполняться алгоритм проверки на повторные зажигания. Восстанавливающееся напряжение между контактами измеряется вольтметром *Voltage1*. Оно сравнивается с электрической прочностью межконтактного промежутка, моделируемой блоком *Integrator*, и в случае выполнения неравенства блоком *Enabled Subsystem2* подается единичный сигнал на зажигание дуги. Дуга гаснет при прохождении кривой тока через ноль в случае не превышения заданной скорости тока di/dt . Блок *Enabled Subsystem1* формирует сигнал на погашение повторного зажигания дуги. Процесс зажигания и погасания дуги может повторяться до тех пор, пока электрическая прочность межконтактного промежутка окончательно не превысит восстанавливающееся напряжение между контактами.

Моделирование выполнялось в виртуально созданной электрической сети 6 кВ, содержащей ненагруженный трансформатор мощностью 2500 кВА. Осциллограмма напряжений при отключении ненагруженного трансформатора путем неуправляемой коммутации показана на рис. 2.

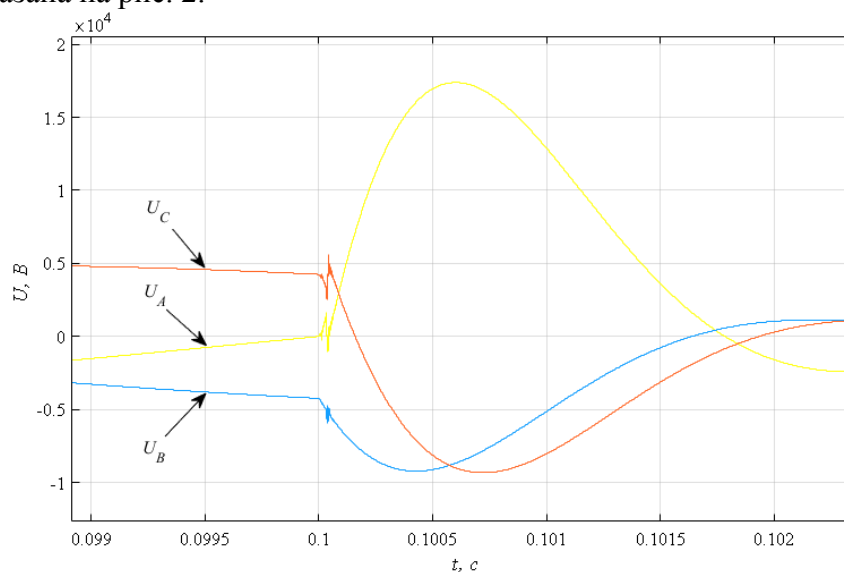


Рис. 2 - Осциллограмма напряжений на контактах вакуумного выключателя
в момент операции неуправляемого отключения ненагруженного трансформатора
мощностью 2500 кВА

Из графика видно, что процесс отключения сопровождается повторными зажиганиями дуги и срезом напряжения амплитудой порядка 17 кВ. Данный уровень перенапряжений может вызывать постепенное снижение электрической прочности изоляции трансформатора при многократном воздействии на нее.

Процесс отключения управляемого трансформатора в случае системы с изолированной нейтралью осуществляется следующим образом: коммутация первой фазы производится при прохождении тока через ноль. Токи в оставшихся включенных фазах становятся равными друг другу и направленными противоположно. Отключение оставшихся полюсов выключателя производится при прохождении тока в этих фазах через ноль [5].

Осциллограмма напряжений при управляемом отключении трансформатора представлена на рис. 3. Повторные зажигания дуги и срезы напряжения в данном случае отсутствуют. Процесс отключения происходит при переходе тока в фазах через ноль. В соответствии с рис. 3 для фазы А это момент времени 0.0845 с, для фаз В и С - момент времени 0.0895 с.

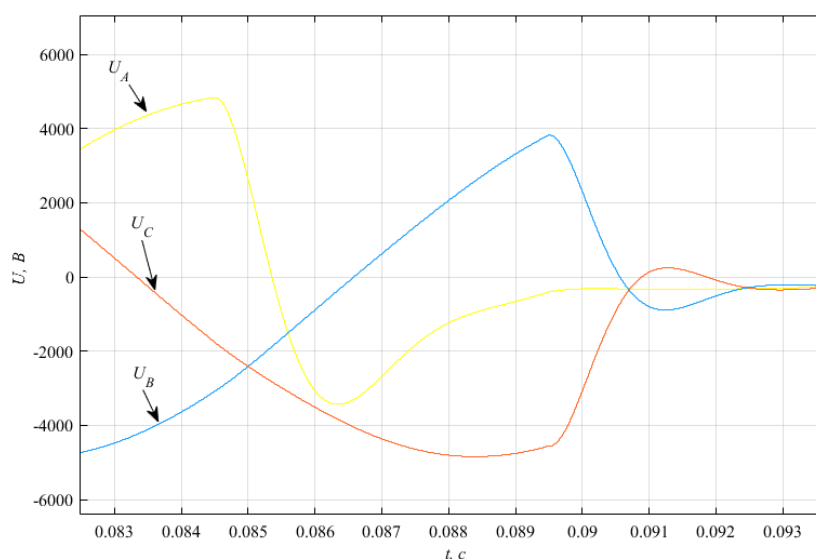


Рис. 3 - Осциллограмма напряжений на контактах вакуумного выключателя в момент операции управляемого отключения ненагруженного трансформатора

Полученные данные, соответствующие реальным физическим процессам, возникающим при отключении ненагруженного трансформатора вакуумным выключателем, имеют хорошее соответствие с экспериментальными данными, сравненными с литературными источниками. С помощью разработанной имитационной модели можно проводить сравнение, анализ, а также оценку эффективности снижения коммутационных перенапряжений для конкретного энергетического объекта.

Список литературы

1. Воркунов О.В., Афанасьева Т.И. Физические процессы в вакуумных выключателях при возникновении коммутационных перенапряжений // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 5. – С. 7-17.
2. Борисов С.А., Качесов В.Е., Кукавский А.В., Шевченко С.С. Перенапряжения при коммутации вакуумными выключателями двигательной нагрузки // Электрические станции. – 2006. – № 11. – С. 51 –59.
3. Helmer J, Lindmayer M. Mathematical modeling of the high frequency behavior of vacuum interrupters and comparison with measured transients in power systems. Proc 17th Int Symp Discharges Electr Insul Vac IEEE 1996;1:323–31.
4. Евдокунин, Г.А. Корепанов А.А. Перенапряжения при коммутации цепей вакуумными выключателями и их ограничение // Электричество. – 1998. – № 4. – С. 2–14.
5. Павлюченко, Д.А., Шевцов Д.Е. Особенности управляемой коммутации при нормальных и аварийных режимах в электрических сетях среднего напряжения // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2015. – № 5. – С. 41-44.

2.3.3.

¹Г.А. Гареева канд. педагог. наук, ²Р.Р. Басыров канд. техн. наук,
¹М.В. Южаков, ¹А.А. Галимов, ¹А.И. Габидуллина

¹Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ, кафедра информационных систем,
Набережные Челны,

²Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Набережночелнинский институт,
кафедра автомобилей, автомобильных двигателей и дизайна,
Набережные Челны, gagareeva1977@mail.ru, basr@mail.ru, mikasalmx@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК КЛИЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

В статье предложен вариант повышения эффективности деятельности предприятия в сфере автомобилестроения путем автоматизации процесса обработки заявок клиентов посредством Telegram бота. Продемонстрирован алгоритм создания базы данных и реализация кода программы.

Ключевые слова: разработка, эффективность, оптимизация, бот.

В современном обществе информационные системы играют ключевую роль в организации бизнес-процессов, обеспечивая автоматизацию и эффективное управление различными видами деятельности. Диверсификация и многообразие предложений на предприятиях автомобилестроения, а также изменение потребительского спроса являются сложной задачей для ведущих производителей в традиционном сегменте рынка, как с технической, так и с коммерческой точки зрения [1].

Боты обеспечивают удобный и эффективный способ взаимодействия с клиентами, позволяя им отправлять заявки и получать необходимую информацию в режиме реального времени.

Для создания телеграм бота для обработки заявок клиентов выполняются следующие шаги: ввести поле поиска Telegram: @BotFather и запустить его; отправить команду newbot; создать имя для бота, зарегистрировать никнейм, получить токен, который понадобится в дальнейшем для взаимодействия с Telegram API [2].

Обычно предприятию с помощью бота требуется реализовать следующие функции:

1. Оставить заявку на товар или услугу предприятия.
2. Поиск ответа на часто задаваемые вопросы.
3. Найти контакты специалиста.

Для управления миграциями базы данных выбран инструмент Alembic, а для работы с БД на уровне кода – SQLAlchemy.

Для хранения данных о “диалогах” понадобится Redis – key-value БД, держащая данные в памяти для быстрого доступа к ним

Для взаимодействия с платформой Telegram был выбран фреймворк aiogram. Он предоставляет удобные средства для разработки телеграм-ботов, включая обработку входящих сообщений, настройку команд и обработчиков, отправку ответов и взаимодействие с пользователем. Дополнительно, для реализации диалогового взаимодействия с пользователем была использована библиотека aiogram-dialog. Она позволяет создавать диалоги с определенной последовательностью шагов, облегчая процесс взаимодействия и обработки информации от пользователя [3].

Для работы с текстами используется `fluent.runtime` (Project Fluent). Project Fluent - это библиотека для работы с локализацией текстовых ресурсов. Она предоставляет возможность хранить тексты в отдельных файловых ресурсах (например, `.ftl` файлы) и использовать функции для получения локализованных файлов [4].

Далее создается структура для проекта. Для чтения переменных окружения и их удобного хранения используем библиотеку `Rydantic`, создается модуль `configparser.py`, в котором создается класс `Config`. Настройка конфигурации файла и проверка работы представлена на рисунке 1.

```
config.postgres_dsn=PostgresDsn('postgresql+asyncpg://Bot:WutXJkgy3rI@127.0.0.1:5432/vcstiv_bot', )
config.redis_dsn=RedisDsn('redis://127.0.0.1:6379', )
config.bot_token='5978657370:AAEtFcBgxAsEJkoLnB00frpug6pc0D0iY4w'
config.admin_group_id=-1001956720336
```

Рис. 1 – Настройка конфигурации

Для создания SQLAlchemy моделей создадим в пакете `bot.db` 2 модуля: `base.py` и `models.py`. Импортируем функцию `declarative_base` и создадим базовый класс модели, который будет использоваться в дальнейшем (рис.2).

```
from sqlalchemy.orm import declarative_base

Base = declarative_base()
```

Рис. 2 – Создание базового класса модели

Чтобы `alembic` работал с БД и моделями нужно настроить `Alembic: sqlalchemy`. Реализуем классы, которые будут отвечать за каталоги услуг и товаров, чтобы затем использовать их в диалогах. Создадим пакеты `products_catalog` и `services_catalog`, которые будут содержать два модуля: `hero.py` и `service.py`.

Вынесем всю логику работы с базой данных в отдельный класс-репозиторий, это поможет отделить слой данных от бизнес-логики. Уже внутри сервиса будем использовать репозиторий и получать необходимые данные.

Перед тем, как приступить к написанию работы с Telegram – необходимо реализовать передачу сервисов в обработчики сообщений. Лучшим вариантом будет использование `Middleware` – это механизм, который позволяет выполнять определенные действия перед или после выполнения основного кода обработчиков.

Всё взаимодействие с Telegram основано на фреймворке `aiogram-dialog`. Основным элементом диалогов является окно. Каждое окно представляет собой сообщение, отправляемое пользователю.

Каждое окно содержит виджеты и обработчики нажатий. Виджеты могут представлять текстовое сообщение, медиафайл или клавиатуру.

В форме обратной связи запрашивается имя пользователя, контакты и комментарий к заявке. Точка входа в диалоги: в момент, когда пользователь начинает диалог с ботом, бот получает сообщение с командой `start`. Обработчик данной команды представлен на рисунке 3.

```
from aiogram import Router
from aiogram.filters import Command
from aiogram_dialog import DialogManager

from bot.dialogs.states import MenuSG

router = Router()

@router.message(Command("start"))
async def cmd_start(_, dialog_manager: DialogManager) -> None:
    await dialog_manager.start(MenuSG.main)
```

Рис. 3 – Обработчик команды start

Чтобы создать соединение с БД используется библиотека `SQLAlchemy`.

Диспетчер выполняет роль посредника между Telegram API и данным ботом, определяя, какие действия должны быть выполнены в ответ на различные события [3]. Создание бота и диспетчера показано на рисунке 4.

```
bot = Bot(token=config.bot_token, parse_mode="HTML")
dp = Dispatcher(storage=redis_storage)
```

Рис. 4 – Создание бота и диспетчера

Роутеры представляют собой механизм для группировки хендлеров входящих сообщений по определенным критериям. Они позволяют структурировать код и упростить организацию обработки различных команд и сообщений. Роутеры используются для определения, какой обработчик должен быть вызван в зависимости от типа сообщения, команды или других условий.

Для постоянной работы бота требуется его установка на удаленном сервере, который обеспечивает непрерывную работу бота даже в случае выключения компьютера или разрыва локального соединения.

Для установки бота на сервер нужно арендовать VPS сервер. Использование удаленного сервера для размещения бота может повысить безопасность, поскольку можно настроить дополнительные уровни защиты, такие как брандмауэр или шифрование, чтобы обезопасить бота и данные, с которыми он работает.

После настройки SSH-соединения вводим необходимые команды для установки. Команды для установки представлены на рисунке 5.

```
# Обновление сервера, добавление репозитория и установка нужных
приложений
sudo apt update
sudo apt install software-properties-common -y
sudo add-apt-repository ppa:deadsnakes/ppa
sudo apt install python3.10 python3.10-venv python3-pip redis-server
postgresql postgresql-contrib

# Загрузка исходников на сервер
mkdir vcstiv_bot
cd vcstiv_bot
python3.10 -m venv venv
source venv/bin/activate

# * Заливаем исходники в папку /root/vcstiv_bot/ любым удобным способом
*
pip install -r requirements.txt

# Создаём пользователя для бота, базу данных и даём к ней доступ
sudo -u postgres psql
CREATE ROLE "Bot" WITH LOGIN PASSWORD 'WutXJkgy3rI';
CREATE DATABASE "vcstiv_bot";
GRANT ALL PRIVILEGES ON DATABASE "vcstiv_bot" TO "Bot";
exit

# Генерируем и применяем миграции
alembic revision --autogenerate
alembic upgrade head

# Прописываем бота как сервис и запускаем
sudo mv vcstiv_bot.service /etc/systemd/system
systemctl daemon-reload
systemctl enable vcstiv_bot.service
systemctl start vcstiv_bot.service
systemctl status vcstiv_bot.service
```

Рис. 5 – Команды для установки

Таким образом, представленный код обеспечивает корректную работу, а подключение к удаленному серверу через приложение MobaXterm обеспечивает надежную работу и безопасность бота.

Внедрение разработанного компонента позволит предприятию значительно улучшить обработку заявок клиентов. Оптимизированный процесс и автоматизированные функции сократят время обработки заявок, повысят эффективность работы сотрудников и улучшат контроль над процессом. Разработанное решение является важным инструментом для дальнейшего развития компании и обеспечения ее конкурентоспособности. Таким образом, вопросы снижения конкурентоспособности и эффективности, потери привлекательности предприятий автомобилестроения, связанные с контактом с клиентом решаются путем автоматизации процесса обработки заявок клиентов посредством чат бота.

Список литературы

1. Козлов А.А. Телеграм-бот как простой и удобный способ получения информации [Электронный ресурс] / А. А. Козлов, А. В. Батищев // Территория науки. — 2017. — №5. — с. 55-64.
2. Модели и методы исследования информационных систем: монография / А.Д. Хомоненко, А.Г. Басыров, В.П. Бубнов [и др.]. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 204 с.
3. Аванесян Н.Л., Telegram, как пример мессенджера: возможности и перспективы развития. [Электронный ресурс] / Н. Л. Аванесян // Научный потенциал XXI века. — 2017.
4. Григорьева Д.Р., Шакиров А.Р., Салихова А.И., Басыров Р.Р. Аудит в it-инфраструктуре как важный элемент экономики / Вестник связи. 2022. № 1. С. 24-27.

2.3.3.

А.Г. Горюнов д-р техн. наук, Е.А. Суханов, А.Ю. Сапцына

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Инженерная школа ядерных технологий,
Отделение ядерно-топливного цикла,
Томск, alex1479@tpu.ru, eas70@tpu.ru, ays36@tpu.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ПОРТРЕТА ОПЕРАТОРА АСУ ТП

В работе рассмотрены вопросы математического моделирования цифрового портрета оператора автоматизированных процессов, применяемого в целях подготовки и повышения скорости реагирования в штатных и нештатных ситуациях. Предлагаемый подход позволит создавать и анализировать комплекс характеристик оператора и соответственно в дальнейшем подбирать индивидуальную траекторию обучения.

Ключевые слова: АСУ ТП, технологическая платформа, подготовка операторов, цифровой портрет оператора.

В современных технологических процессах и производствах активно применяются цифровые методы и инструменты, которые позволяют максимально обезопасить производство от чрезвычайных ситуаций. Несмотря на активное участие современных технологий, решение в автоматизированных системах остается за оператором, тем самым создавая зависимость эффективности работы системы от своевременности действий оператора и правильности введенных команд управления.

Поэтому подготовка людей, занятых в процессах управления автоматизированных систем, является на нынешний момент одним из важных направлений развития цифровых комплексов и устройств. Особенно это важно в опасных отраслях производств, где неправильные действия оператора могут привести к заражению окружающей среды или гибели населения. Отсюда следует, что человек при работе сталкивается с проблемами, связанными с психофизическими аспектами такой деятельности. К ним можно отнести: монотонность работы, быструю утомляемость, необходимость одновременного анализа большого количества информации с экранов и пультов. А скорость обновления информации на пультах и экранов может быть разной и довольно быстрой, что приводит к необходимости формировании у человека повышенной реакции и принятия решения.

Формирование умения, как и правильность применения профессиональных знаний в нештатных ситуациях достигается только в результате постоянных тренировок с разными параметрами, но в реальности такое решение может представлять угрозу, поэтому используются компьютерные моделирующие среды. Авторами уже был предложен новый подход к формированию тренажера, независимого от объекта тренировки [2], тем самым позволяя проводить подготовку персонала на различном оборудовании и ситуациях. За счет симуляции разного оборудования и ситуаций можно добиться подготовки высококвалифицированных специалистов, в результате снижения ошибочных действий, что реализуется благодаря оттачиванию навыков и накоплению необходимого опыта.

Таким образом, состоит необходимость в создании цифровой модели действий оператора с методами по оценке реакции в различных ситуациях. Под цифровой моделью будет пониматься набор индивидуальных характеристик оператора, отражающих его скорость, работу и накопленный опыт в штатных и нештатных ситуациях.

Для формирования цифровой модели предполагается использовать математическую модель, описывающую вероятность безошибочных действий оператора:

$$P_{\text{бд}} = P_T P_{\text{св}},$$

где P_T – вероятность освоенных оператором теоретических сведений;

$P_{\text{св}}$ – вероятность своевременных действий.

Время изменения вероятности освоенных оператором теоретических сведений по сравнению со временем протекания нештатной ситуации слишком длительное, поэтому его можно принять в виде константы. Но при этом важно понимать, что объем и полнота показателя будет вносить вклад в безошибочность действий оператором. Учитывая данный факт, все сводится к вероятности своевременных действий.

Время выполняемых действий оператором будет являться случайной величиной с нормальной плотностью распределения времени ее выполнения, причем время выполнения всех рабочих операций t_j случайная величина, которая зависит от вероятности достаточных знаний $P_{ДЗ}$, то вероятность своевременных действий $P_{СП}$ будет находиться как:

Если случайный параметр t_j имеет нормальное распределение с плотностью

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} e^{-(t-m_t)/2\sigma_t^2},$$

то нахождение вероятности сводится к нахождению табличной функции Лапласа [4]

$$\Phi_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-z^2/2} dt,$$

где m_t – математическое ожидание;

σ_t – среднеквадратичное отклонение случайной величины t .

Тогда вероятность своевременности предпринятых действий будет определяться с помощью выражения:

$$P_{СП} = \frac{1}{2} + \int_0^{t_j^{mp}} f(t) dt = \frac{1}{2} + \Phi_0\left(\frac{t_j^{mp} - t_{ij}}{\sigma_t}\right), \quad (1)$$

где t_j^{mp} – математическое ожидание времени выполнения операции j -типа;

t_{mp} – время, необходимое оператору для выполнения им функций при чрезвычайной ситуации.

Проведем моделирование ситуации, когда оператор тратит различное время на решение проблем, возникших при нештатной ситуации. Предположим, что у оператора есть некоторая последовательность действий и он выполняет её правильно, но за разные промежутки времени, то тогда в качестве входных данных возьмем данные, представленные в таблице в первом и во втором столбце. Для каждого промежутка времени рассчитаем свою вероятность, а затем общую и зафиксируем в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты вероятности своевременности предпринятых действий

Входные данные для моделирования		Вероятность своевременных действий на промежутке	Вероятность своевременных действий оператора в ЧС	Вероятность безошибочных действий
№ действия	Время реакций, с			
1-ая ситуация				
1	60	0,742	0,834	0,751
2	200	0,856		
3	240	0,864		
4	220	0,873		
2-ая ситуация				
1	63	0,899	0,888	0,799
2	52	0,920		
3	57	0,874		
4	102	0,860		

Таким образом, видим, что в первой ситуации, когда общее время реагирования составляет значительно больше, чем во второй, то соответственно вероятность ниже. Вероятность освоенных оператором теоретических сведений возьмем равно 0,9, что показывает хороший уровень подготовки оператора. Следовательно, вероятность безошибочных действий оператора для первого случая составила 75,1%, а во втором 79,9%. По полученным значениям видно, что безошибочность действий человека в автоматизированной системе будет в самом плохом случае выше 70%, что является высоким показателем. Но важно понимать, что при изменениях теоретических знаний, вероятность будет понижаться. Возьмём одинаковые промежутки времени реакции, но с разным уровнем подготовки, а именно 95% (высокой уровень знаний) и 60% (средний уровень знаний) и увидим на графике, что вероятность безошибочных действий сильно снижается при слабой базовой подготовке оператора.

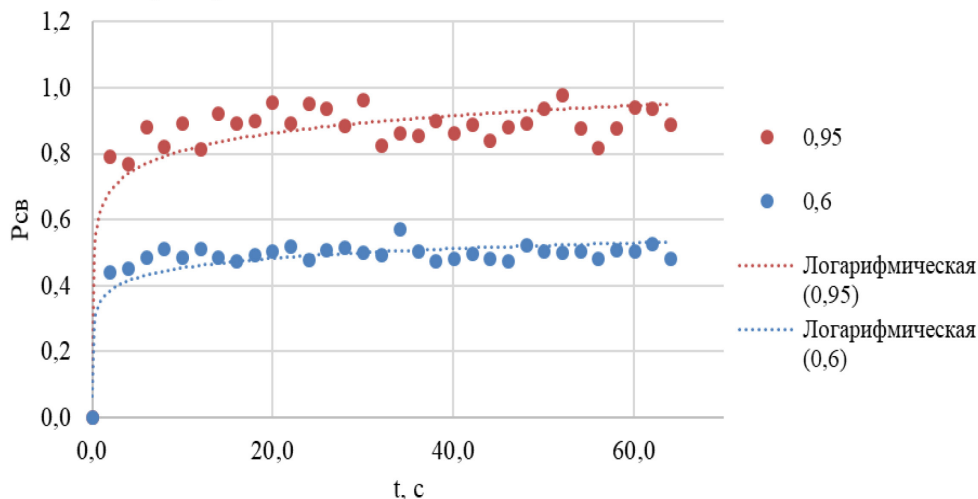


Рис.1 – График зависимости $P_{БД}$ от времени t при разном уровне подготовки оператора

Колебания на графике вызваны тем математическим ожиданием и не выходят за пределы доверительного интервала 0,95.

Применение цифровой модели действий оператора в технологической платформе поможет отследить динамику развития оператора и выстроить индивидуальный план обучения оператора и улучшить его реакцию в различных ситуациях. Такой подход позволяет практически убрать грань между теорией и практикой, тем самым повышая эффективность подготовки и переподготовки человека в автоматизированных системах технологического процесса. А качество получаемых знаний и возможность моделирование различных ситуаций подготовит к реальным ситуациям. Именно возможность улучшения своевременности действий может реализоваться за счет повышения реакции оператора благодаря постоянным тренировкам.

Список литературы

1. *Северцев Н.А.* Системный анализ и моделирование безопасности: Учеб. пособие / Н.А. Северцев, В. К. Дедков. – М.: Высш. шк., 2006. – 462 с.
2. *Горюнов А.Г.* Формирование способов управления при организации систем безопасности / А.Г. Горюнов, Б.П. Степанов, Е.А. Суханов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 2. – С. 75-78.
3. *Беренов Д.А.* Концептуальные аспекты внедрения индустрии 4.0 // Д.А. Беренов, Д.Н. Гайнанов // BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей V Международной научно-практической конференции, Минск, 13–14 марта 2019 г. : // Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богущ [и др.]. – Минск, 2019. – С. 90-99.
4. *Сергеев С.Ф.* Применение перспективных информационных технологий в тренажеростроении // Биотехносфера. 2015. №1 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-perspektivnyh-informatsionnyh-tehnologiy-v-trenazherostroenii> (дата обращения: 01.10.2023).
5. Структура сетевого тренажера для обучения и переподготовки операторов управляемых технологических объектов нефтегазовой промышленности / В. М. Дмитриев, Т. В. Ганджа, И. М. Долганов, М. О. Писарев // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2015. – № 1-2. – С. 279-284. – EDN VDDWXR.
6. *Болденков А.С.* Виртуальные приборы для применения в web-тренажёре / А. С. Болденков, Т. В. Ганджа // E-Scio. – 2022. – № 9(72). – С. 21-29. – EDN IPKWTC.

2.3.3.

Р.Р. Зиятдинов канд. техн. наук, И.Н. ХамматуллинНабережночелнинский институт КФУ,
rust.kfu@gmail.com**СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Современными тенденциями машиностроения являются автоматизация и роботизация производственных процессов. Это связано с необходимостью повышения качества выпускаемой продукции, а также острой нехваткой производственного персонала. Внедрение промышленных роботов, в том числе коллаборативных, требует использования соответствующих систем безопасности. В статье предлагается использование систем безопасности промышленных роботов на основе искусственных нейронных сетей и технического зрения.

Ключевые слова: системы безопасности промышленных роботов, искусственный интеллект, нейронные сети.

В условиях конкуренции и острой нехватки квалифицированных кадров промышленные предприятия вынуждены увеличивать темпы автоматизации и роботизации производственных процессов. Внедрение промышленных роботов сопряжено с опасностью для производственного персонала. Системы управления современных роботов имеют интегрированные контуры безопасности. Однако они не покрывают весь спектр возможных опасностей. Даже использование коллаборативных роботов не может гарантировать безопасного использования, например, по причине выхода из строя какого-либо датчика или ошибки в системе управления. Поэтому обеспечение безопасности работников робототехнических комплексов и гибких производственных систем является важной и актуальной задачей.

В работе предлагается использование системы безопасности промышленных роботов на основе технического зрения с использованием искусственных нейронных сетей. Общая идея заключается в распознавании человека в опасной зоне и блокировании движения роботов до исключения опасности.

Распознавание изображений с использованием искусственных нейронных сетей достаточно широко используется в технике, например, при разработке систем помощи водителю и систем управления беспилотных транспортных средств [1, 2]. В рамках данной работы стояла задача разработать структуру системы безопасности с интеграцией в существующую систему управления промышленным роботом и реализовать программную часть по распознаванию объектов в гибкой производственной системе.

Структура системы безопасности показана на рисунке 1. На основе получаемого видеопотока с камер производится распознавание объектов, далее система безопасности на основе заложенного алгоритма передает управляющие команды на шкаф управления робота.

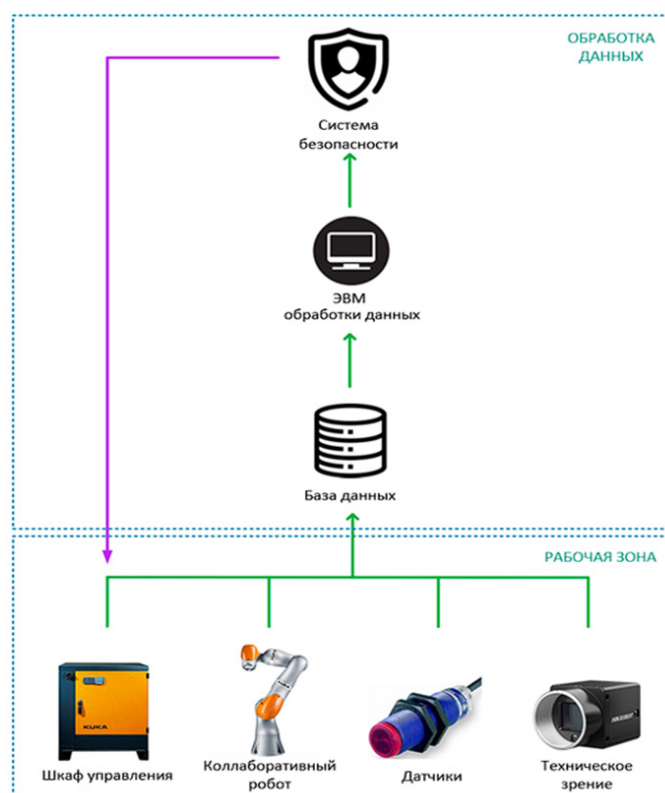


Рис. 1 – Структурная схема реализации системы безопасности

Алгоритм работы системы безопасности включает следующие шаги:

1) Проверка наличия человека в зоне работы промышленного робота. Осуществляется на основе распознавания изображений с камер (количество камер выбирается исходя из полного охвата всех зон робототехнического комплекса).

2) При обнаружении человека оценивается текущее положение робота и его следующие шаги на основе анализа его управляющей программы.

3) Если по результатам анализа управляющей программы выясняется сближение робота с человеком, запускается предупреждающая сигнализация и уменьшается скорость робота.

4) При приближении робота к человеку на критическое расстояние робот останавливается и запускается аварийная сигнализация.

Данный алгоритм системы безопасности предназначен для обеспечения безопасности при совместной работе коллаборативного робота в окружении людей. Его задача в обнаружении и предотвращении потенциально опасных ситуаций.

Если рассматривается работа классического промышленного робота (не коллаборативного), то при обнаружении человека в рабочей зоне робота дается команда на аварийный останов в независимости от будущих движений робота по программе. В этом случае, система безопасности выступает резервным уровнем безопасности на случай отказа или преднамеренного обхода производственным персоналом интегрированного контура безопасности промышленного робота.

Чаще всего в задачах распознавания изображений используют классические нейронные сети (сеть радиально-базисных функций, многослойный персептрон и др.). Однако, анализ экспериментальных данных, полученных с применением данных типов сетей, показывает, что применение классических нейронных сетевых архитектур в подобных задачах имеет низкую эффективность по следующим причинам [3]:

- изображения, как правило, имеют большой размер, что приводит к возрастанию размера нейронной сети;

- огромное разнообразие объектов повышает размеры системы и соответственно увеличивается необходимость в большей обучающей выборке, возрастает вычислительная сложность и время обучения системы;
- для более эффективной работы системы необходимо применение нескольких нейронных сетей, которые были обучены с разным порядком предоставления исходных образов и начальными значениями синаптических коэффициентов, что, в свою очередь, приводит к увеличению вычислительной сложности решения задачи и времени выполнения;
- отсутствие инвариантности к различным изменениям изображения: ракурсов съёмки камеры, масштаба и других различных искажений в геометрии входного сигнала [4].

При проведении сравнительного анализа в качестве основных моделей сверточных нейронных сетей для распознавания образов на изображении были использованы следующие: SSD (Single Shot MultiBox Detector) [5], YOLO (You Only Look Once) [6], HOG+SVM (Histogram of Oriented Gradients, Support Vector Machine) [7]. Лучшей моделью без учета точности распознавания по скорости работы оказался алгоритм сверточной нейронной сети YOLO.

Учитывая вышеперечисленное, для реализации программной части была выбрана сверточная нейронная сеть на архитектуре YOLOv4, так как она обеспечивает определенную устойчивость к небольшим изменениям масштаба, смене ракурса, поворотам, смещениям, и прочим искажениям.

Другим преимуществом данной нейронной сети является высокая скорость, что позволяет использовать ее в системах реального времени.

На рисунках 2 и 3 показаны результаты распознавания изображений людей и промышленных роботов на тестовых изображениях.

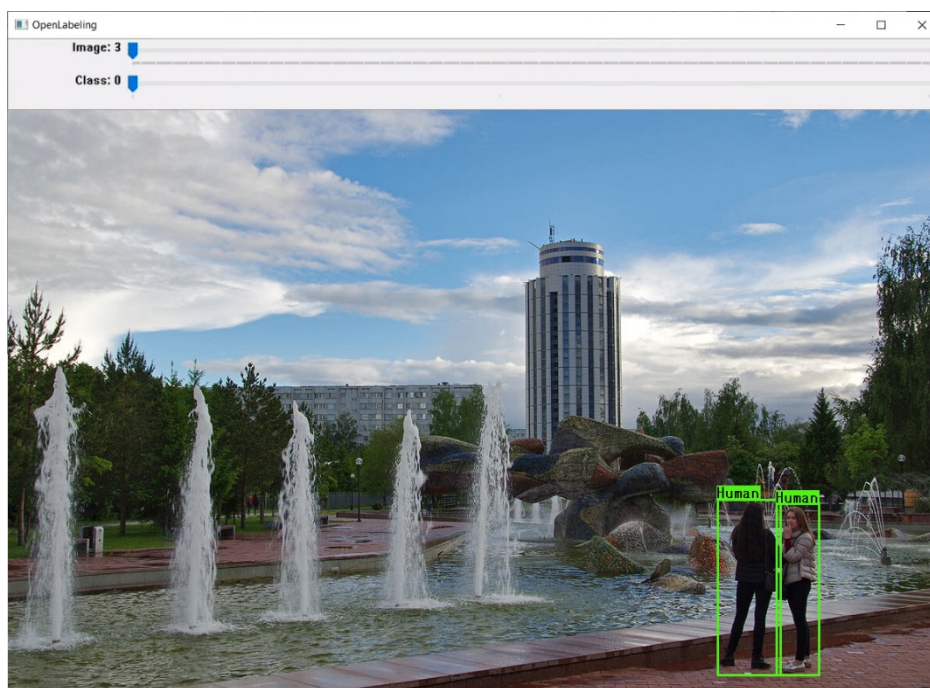


Рис. 2 – Результат распознавания людей на тестовом изображении

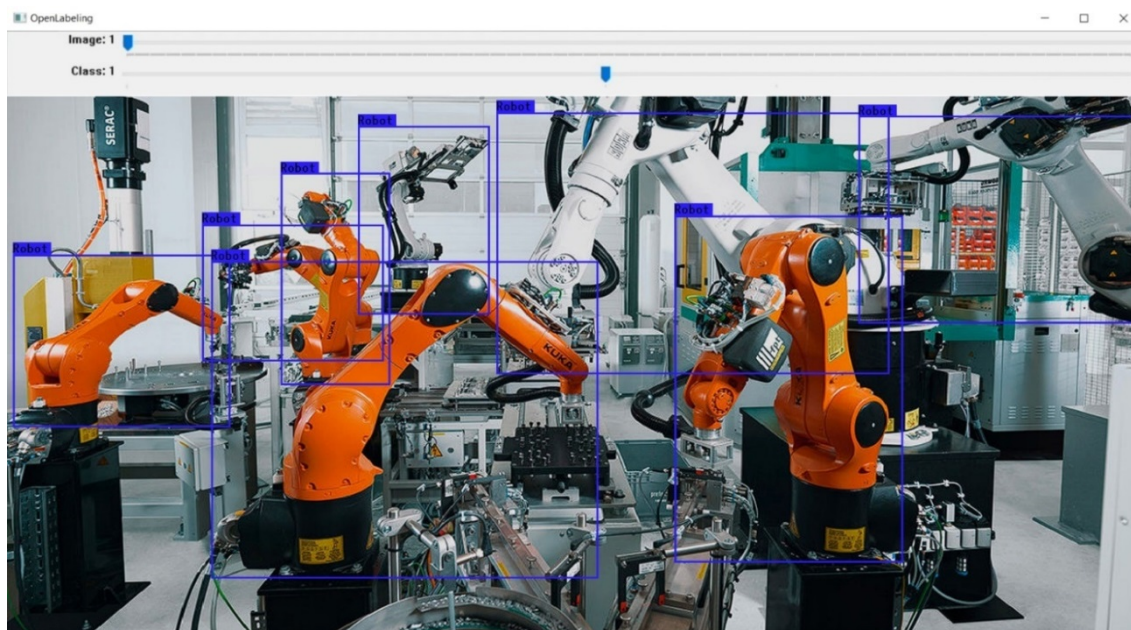


Рис. 3 - Результат распознавания промышленных роботов на тестовом изображении

На рисунке 4 показан кадр видеопотока с результатами совместного распознавания людей и промышленных роботов.

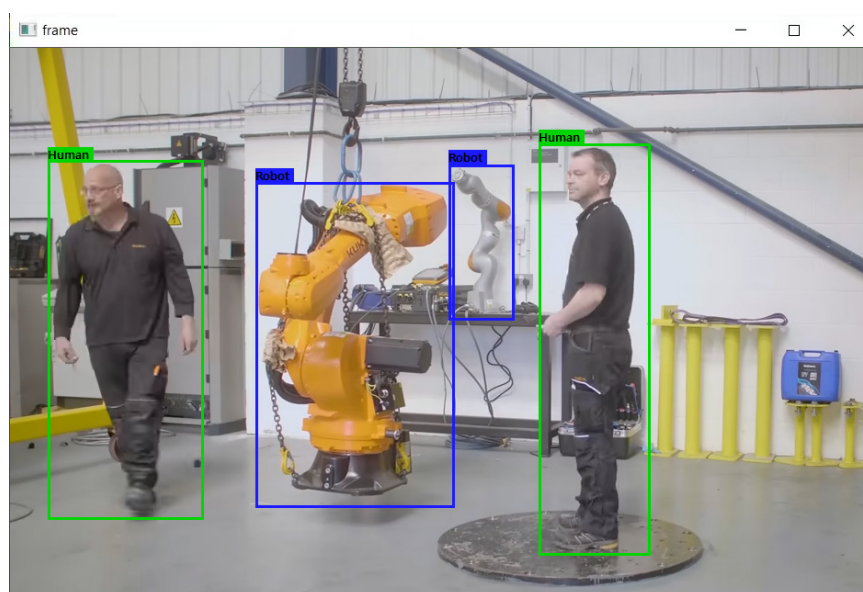


Рис. 4 – Результаты распознавания объектов с видеопотока

Результаты проверки разработанной системы на тестовом видеопотоке показали хорошую степень распознавания промышленных роботов и людей. Предложенная система безопасности на основе искусственной нейронной сети в дополнении с интегрированными контурами безопасности промышленных роботов позволит повысить уровень безопасности выполняемых работ на производствах с промышленными роботами.

Список литературы

1. Ziyatdinov R.R., Biktimirov R.A. Application of neural networks in object recognition tasks for ADAS systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, 570(1), 012107.
2. Ziyatdinov R.R., Biktimirov R.A. Automated system of recognition of road signs for ADAS systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 412(1), 012081.
3. Ziyatdinov R.R., Biktimirov R.A., Klochko K.V. The comparative analysis of methods for detecting pedestrians for unmanned vehicles // ИОАВ JOURNAL 10(2). – 2019. P. 60-64.
4. Yu N., Notkin B.S., Sedov V.A. Neuroiterative algorithm of tomographic reconstruction of the distributed physical fields in the fibreoptic measuring systems // Computer optics. – 2009. – V. 33. – № 4. – P. 446–455.
5. SSD: Single Shot MultiBox Detector. [Электронный ресурс]: URL:<https://github.com/weiliu89/caffe/tree/ssd> (дата обращения: 07.09.2023).
6. YOLO: Real-Time Object Detection. [Электронный ресурс]: URL:<https://pjreddie.com/darknet/yolo/> (дата обращения: 07.09.2023).
7. OpenCV: Open Source Computer Vision Library. [Электронный ресурс]: URL:<https://opencv.org/> (дата обращения: 11.05.2023).

2.3.3.

¹И.Д. Коновалов, ¹В.Н. Некрасова, ²М.А. Волков канд. техн. наук

¹Российский государственный профессионально-педагогический университет,
институт инженерно-педагогического образования,
кафедра энергетики и транспорта,

Екатеринбург, ikonada@bk.ru, vieronika.niekrasova@mail.ru,

²Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
институт новых материалов и технологии,
кафедра информационных технологий и автоматизации проектирования,
volkov80@yandex.ru

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Целью работы являлось обосновать актуальность применения интеллектуальной защиты линий электропередач (ЛЭП), показать преимущества внедрения ЛЭП 20 кВ для электроснабжения городских районов.

В работе были решены следующие задачи: выполнен анализ тенденций развития систем защиты линий электроснабжения, разработано современное техническое решение по защите выбранной линии, определен технико-экономический эффект.

Ключевые слова: *smart grid, интеллектуальная защита, реклоузер, напряжение 20 кВ.*

Внедрение класса напряжения 20 кВ

Одним из актуальных вопросов в электроснабжении является рост энергопотребления и связанные с ним задачи модернизации сетей и строительства новых.

В действующих сетях отмечается пониженный уровень надежности из-за высокого уровня физического и морального износа, высоких потерь при передаче электроэнергии, низкий уровень автоматизации, и, как следствие, снижение надежности электроснабжения из-за неправильного срабатывания защиты линий.

Активное развитие информационных технологий и систем искусственного интеллекта в городской инфраструктуре за последние 30 лет поставил вопрос о моральном устаревании отдельных элементов систем электроснабжения. На рисунке 1 представлены результаты анализа установленных защитных устройств в действующих сетях нашей страны. Три четверти из них представлены электромеханическими устройствами. Малую долю занимают микроэлектронные устройства, связано это с их относительной дороговизной и сложностью в эксплуатации. И только пятая часть сетей имеет микропроцессорную систему защиты, с помощью которой и реализуется интеллектуальная защита [1].

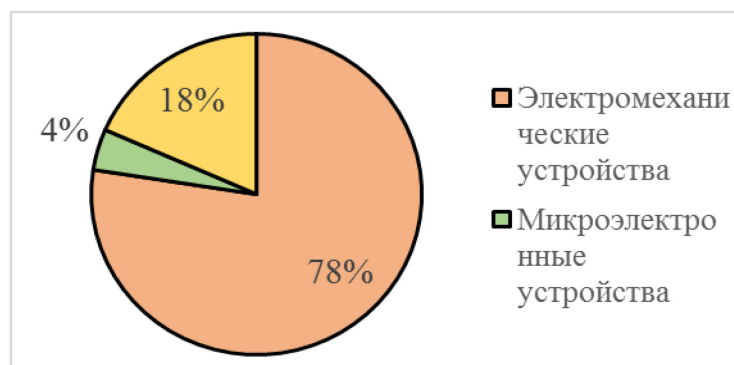


Рис. 1 – Распределение применяемых устройств защиты в Российской Федерации

Необходимость в модернизации распределительных сетей стоит остро в российской электроэнергетической отрасли. В существующих сетях были выделены следующие проблемы [2]:

– высокая степень физического и морального износа существующих линий электропередачи. Срок службы части оборудования доходит до 50 лет, а автоматизация большинства сетей отсутствует;

– высокие потери при передаче, которые могут достигать порядка 16 %;

– рост нагрузок на городские сети. Эти нагрузки способны преодолевать расчетные значения оборудования, что приводит к авариям и преждевременному износу, другими словами, наступает технологический предел. Для решения приходится строить дополнительные параллельные линии. Это решает вопрос временно и приводит к большим затратам на расширение сетей.

Решением обозначенных проблем может послужить повышение класса напряжения до 20 кВ. Применение обозначенной величины напряжения дает следующие преимущества:

1. Двукратное возрастание передаваемой мощности при одном и том же сечении проводников линии (до 13,6 МВА при 20 кВ).

2. Снижение потерь электроэнергии и уменьшение падения напряжения при передаче.

3. Увеличение расстояния обслуживания потребителей подстанции в два раза, что позволяет снизить их количество, и дополнительно экономит ресурсы на создание сетей и снижает потери.

4. Снижение срока окупаемости подстанции при средней загрузке линии более 75 %.

На рисунке 2 представлены графики приведенных потерь электроэнергии для напряжения 6, 20 и 35 кВ, а также пропускная способность линий 6, 10, 20 кВ. Анализируя данные, можно сделать вывод, что экономия при использовании класса напряжения 20 кВ составляет до 25 %.

Это делает применение сетей среднего напряжением 20 кВ более целесообразно, чем 6 и 10 кВ, т.к. 20 кВ имеет большую пропускную способность, в следствие чего потери электроэнергии ниже, увеличена дальность передачи электроэнергии. Линии же в 35 кВ хоть и имеют преимущества в виде уменьшенных потерь, но являются более дорогостоящими решениями, особенно при модернизации старых подстанций в 6 и 10 кВ.

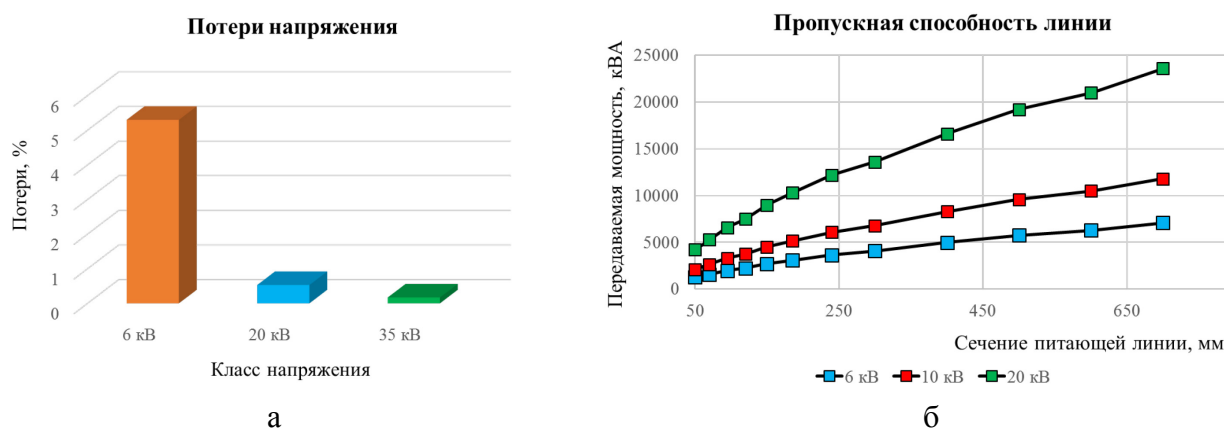


Рис. 2 – Сравнение классов напряжений по потерям и пропускной способности линий электропередач:

а) потери напряжения на различных классах среднего напряжения;

б) пропускная способность ЛЭП среднего класса напряжения

Применение интеллектуальной защиты

Требования, отвечающие современному мировому уровню, были сформулированы на основании системы *Smart Grid* [2].

Smart Grid — это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации о производстве энергии и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии. Сравнение традиционной системы энергоснабжения и *Smart Grid* приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Особенности традиционной энергосистемы и системы *Smart Grid*

Характеристика	Традиционная энергосистема	" <i>Smart Grid</i> "
1	2	3
Устройства защиты	Электромеханические, статистические и устаревшие микропроцессорные реле	Цифровые устройства, интегрированы в автоматизированную систему управления
Связь	Односторонняя и местная двусторонняя связь	Глобальная или встроенная двусторонняя связь
Тип генерации	Централизованная генерация	Централизованная и распределенная генерация
Обеспечение качества энергии	Ограниченная защита сети, контроль и система управления	Автоматизированная система сбора и обработки параметров сети и адаптивная защита сети
Автоматический контроль	Автоматический контроль отсутствует	Состоит из устройств, способных к самоконтролю и самодиагностике
Восстановление после аварии	Восстановление производится персоналом	Восстановление производится автоматически
Диагностика оборудования	Диагностирование оборудование производится по плану персоналом вручную	Диагностирование производится удаленно и автоматически
Широта системы управления	Ограниченное управление и наличие непредвиденных обстоятельств	Повсеместная система управления
Надежность	Надежность обеспечивается предполагаемыми параметрами	Надежность обеспечивается интеллектуальной защитой

Для поиска и устранения основных видов аварий и, соответственно, увеличения надежности электроснабжения в распределительных сетях среднего напряжения применяется контроль отдельных участков ЛЭП. Для его реализации предлагается использовать реклоузеры [3].

Реклоузер – это устройство, которое сочетает в себе микропроцессорную защиту и высоковольтный выключатель, применяющийся на воздушных линиях электропередачи. В функции входят оперативные переключения, автоматические отключения поврежденных участков и ввод резерва, и анализ информации о режиме работы сети и состоянии оборудования.

Для определения необходимости установки реклоузера на линию нужно рассчитать показатели ее надежности такие как среднее количество отключений линии в год (*SAIFI*), средняя время продолжительности перерывов в электроснабжении до и после внедрения реклоузеров (*SAIDI*). И рассчитать относительный эффект от модернизации (*RNRE*). При значениях *RNRE* меньше 0,25 применение реклоузеров нецелесообразно [4].

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) – показывает среднее количество отключений линии электропередач в год, откл./год.

$$SAIFI = \frac{\sum (\omega_i \cdot N_i)}{\sum N_i},$$

где ω_i – число отключений на участке i линии, отключ./год.;

N_i – потребители на участке i линии, шт.;

i – количество участков линии, шт.

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) – показывает среднее время продолжения перерывов системы, ч./год.

$$SAIDI = \frac{\sum (T_i \cdot N_i)}{\sum N_i},$$

где T_i – время перерыва электроснабжения за год на участке линии, ч./год.

N_i – потребители на участке i линии, шт.

RNRE (*relative network reconstruction efficiency*) – показывает относительный эффект от модернизации сети.

$$RNRE = 1 - \frac{SAIFI}{SAIFI_0} > 0,25,$$

где $SAIFI_0$ – показатель надежности до реконструкции;

$SAIFI$ – показатель надежности после реконструкции.

Для рассмотренных ЛЭП минимальным значением $RNRE$ было 0,76. Это позволяет сделать вывод о том, что установка реклоузеров окажет существенное положительное влияние на надежность электроснабжения.

От места установки реклоузеров напрямую зависит надежность электроснабжения. Качественное секционирование позволяет отключать наименьшее количество потребителей и наиболее точно понимать, на каком участке линии произошла авария. На основании проведенного анализа 60% времени устранения неисправности приходится на поиск места и определения типа неисправности. Автоматизация существенно сокращает этот процесс и поэтому аварии устраняются значительно быстрее.

Так, показатель $SAIFI$ (количество отключений в год) минимален, когда линия разделена на участки, соответствующие равенству, когда показатели длины участка умноженной на количество потребителей приблизительно равны на каждом участке между собой.

$$N_i \cdot L_i \approx const,$$

где N_i – количество потребителей на участке, шт.;

L_i – длина линии на участке i , км.

В целом для радиальных линий установка более двух реклоузеров не эффективна, а для кольцевых обычно применяется 2-3 реклоузера, так как система электроснабжения у них сложнее, то их необходимо большее количество. В таблице 2 представлено место выбора установки реклоузеров для трех линий электропередач.

Таблица 2 – Место установки реклоузеров на воздушных линиях электропередач

Номер воздушной линии	Количество потребителей, шт.	Длина участка, км
ВЛ 20-10	2	2
	4	1
ВЛ 20-12	6	5
	10	3
ВЛ 20-17	5	1,5
	3	2,5

Произведённые расчёты показали, что реклоузеры позволяют повысить надёжность электроснабжения. Так для линии ВЛ 20-10 показатель 0,28 отключения в год снижается до 0,064 отключений в год (рисунок 3), а показатель $RNRE$ составил 0,78. Аналогичное снижение количества отключений происходит и для других линий.

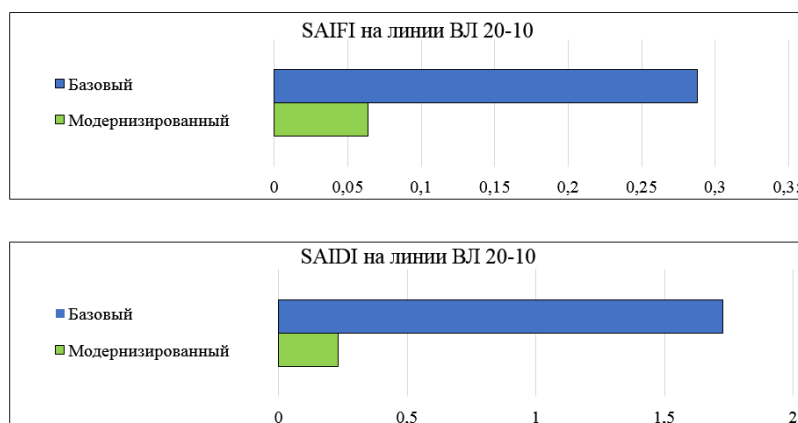


Рис. 3 – Улучшение показателей надежности линии ВЛ 20-10

Для модернизации можно выбрать комплексное решение от «Таврида электрик» – TER_Rec25 которое, помимо вакуумного выключателя, пункта секционирования (собирают информацию и позволяют производить решение об отключении повреждённого участка на месте) и измерительных трансформаторов также комплектуется ограничителями перенапряжения для надёжной работы, разъединителями для создания видимого разрыва, роутером для интеграции в АСУ по протоколу МЭК 60870-5-104, созданного специально для интеллектуальной защиты. Установка АВР между линиями способствует минимизации недоотпуска электроэнергии за счёт отключения только повреждённого участка сети.

Технический эффект от внедрения реклоузеров заключается в снижении недоотпущенной электроэнергии. Количество энергии определяется мощностью, передаваемой по линии и длительностью устранения аварии. Расчёты показывают, что на ВЛ 20-10 годовой недоотпуск составляет 1674 кВА, а при модернизации этот показатель может снизиться до 203,4 кВА. Снижение составляет 87% (рисунок 4).

Экономический эффект состоит в снижении двух параметров. К ним относятся ущерб от отключений для потребителя и для электросетевой компании. Ущерб потребителям точно оценить невозможно, поэтому он оценивается исходя из удельного ущерба от недоотпуска 1 кВА энергии, который определён специалистами ПАО «ФСК ЕЭС» [5].

Для электросетевой компании ущерб заключается в стоимости недоотпущенной энергии. Так, до модернизации среднегодовой ущерб оценивается в 1,7 миллиона руб., а после модернизации 250 тыс. руб. Исходя из снижения ущерба, срок окупаемости модернизации составит 4 года и 2 месяца.

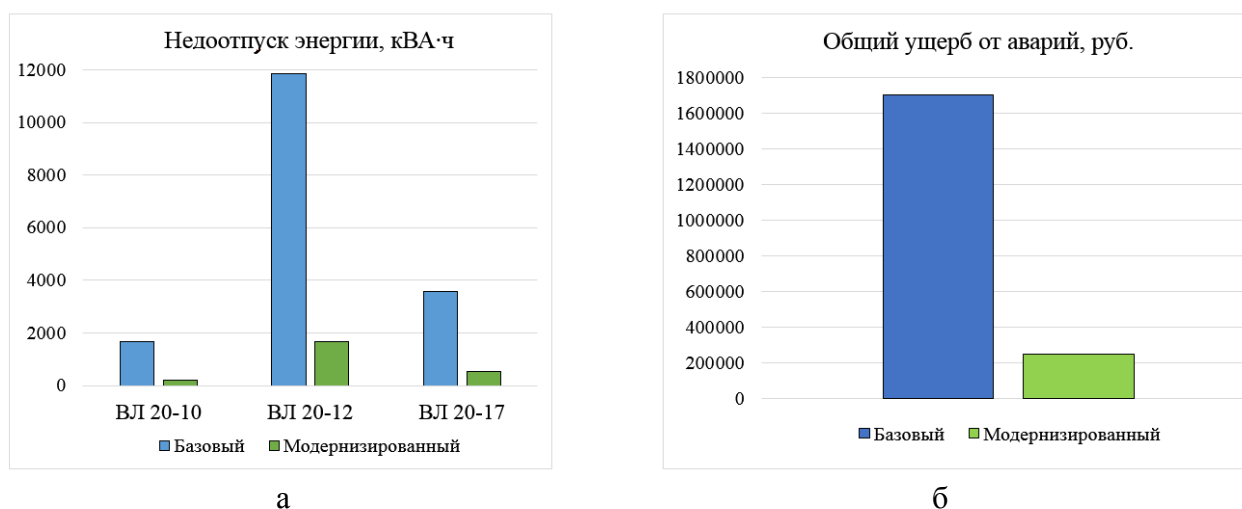


Рис. 4 – Технический и экономический эффект от внедрения реклоузеров:

а) недоотпуск энергии базовых и модернизированных ВЛ, кВА·ч; б) ущерб от возможных аварий на ВЛ

Поскольку главная цель от автоматизации и секционирования линии – это повышение надёжности высоконагруженных сетей электроснабжения, а также повышения эффективности эксплуатации то можно сделать вывод, что модернизация линий электропередачи с применением реклоузеров существенно повышает надёжность электроснабжения. А линии напряжением 20 кВ могут стать альтернативой сетям с напряжением 10 кВ, как при постройке новых подстанций, так и при модернизации старых.

Список литературы

1. *Салтовский Н.А.* Анализ статистики отказов микропроцессорных и электромеханических устройств релейной защиты / Н. А. Салтовский, А. С. Сундуков // *Science Time*. – 2017. – № 5(41). – С. 250–254.
2. *Врублевских А.А.* Технология smart grid и цифровая подстанция / А. А. Врублевских, Е. В. Горемыкин // *Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet»*. – 2020. – №12. – С. 9. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-smart-grid-i-tsifrovaya-podstantsiya/viewer> (дата обращения 06.09.2023 г.).
3. *Любимов М.К.* Комплексная автоматизация участка воздушной электрической сети на базе реклоузеров РВА/Tel / М. К. Любимов, И. В. Мясников, А. В. Потанин // *Master's Journal*. – 2014. – № 2. – С. 158–162.
4. Реклоузер REC15, REC25 – Техническая информация (Rec15_A11_L5M, Rec15_A11_R5M, Rec25_A11_L5M). [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tavrida.ru/upload/iblock/13b/nhmv9yffjzskaeo9-ca4hdd5aj8qoff0o/TER_RecDoc_PG_5.pdf (дата обращения 08.09.2023 г.).
5. СТО 56947007-29.240.01.271-2019 Методические указания по технико-экономическому обоснованию электросетевых объектов. Эталоны обоснований. ПАО ФСК ЕЭС, 2019. – 32с. [Электронный ресурс] – URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.240.01.271-2019.pdf (дата обращения 10.09.2023 г.).

2.3.3.

¹Нгуен Тхи Тху, ²Р.С. Зарипова, ¹Нгуен Фук Хау¹Университет Шао-До, Чи Линь, провинция Хай Зыонг, Вьетнам,²Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия,¹thunt832212@gmail.com, ²zarim@rambler.ru**ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: РЕВОЛЮЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОСТИ**

Интернет вещей (IoT) соединяет повседневные вещи с сетью Интернет, делая их интеллектуальными и интерактивными. Такие умные устройства делают жизнь людей комфортнее, удобнее, помогают экономить ресурсы. Всё больше организаций в разных отраслях используют Интернет вещей для более эффективной работы, улучшения обслуживания клиентов, улучшения процесса принятия решений и повышения дохода бизнеса. В статье проведен анализ преимуществ и недостатков технологии IoT. Приведены примеры применения IoT в быту и промышленности.

Ключевые слова: IoT, интеллектуальные устройства, индустрия 4.0, подключенные вещи, Интернет вещей, цифровые технологии.

Понятие IoT – термин, обозначающий соединение интеллектуальных устройств и технологий, облегчающих связь между устройствами и «облаком», а также между устройствами. Это поистине стало революцией в информационных технологиях. IoT соединяет электронные устройства через Интернет, позволяя передавать сигналы, обмениваться информацией и сетевыми данными, а также получать и обрабатывать информацию. Технология IoT делает жизнь умнее, удобнее и организованнее. Структура системы IoT включает 4 уровня: сенсорный, сетевой, прикладной и обработки данных (рис. 1). Сенсорный уровень – это первый уровень архитектуры IoT, отвечающий за сбор данных из разных источников. Сетевой уровень отвечает за обеспечение связи и подключение между устройствами в системе IoT. Уровень обработки данных относится к программным и аппаратным компонентам, отвечающим за сбор, анализ и обработку данных с устройств IoT. Прикладной уровень – это уровень, напрямую взаимодействующий с конечным пользователем. Он отвечает за предоставление удобных интерфейсов и функций, которые позволяют пользователям получать доступ к устройствам IoT и управлять ими.



Рис. 1 – Структура системы IoT

Сегодня компании применяют IoT для автоматизации ручных процессов, эффективного управления производством, снижения трудовых и операционных рисков. Таким образом, IoT является важной технологией в современной жизни и будет становиться все актуальнее в будущем. Появление дешевых компьютерных чипов и телекоммуникационных технологий с высокой пропускной способностью, когда миллиарды устройств подключены к Интернету, означает, что повседневные устройства: пылесосы, автомобили, системы освещения, гаджеты, бытовая техника и др., могут использовать датчики для сбора данных и интеллектуального реагирования на действия пользователей (рис. 2).

Системы IoT широко применимы в промышленности, но каждая отрасль имеет разные требования и характеристики. Основные характеристики IoT будут включать в себя следующие элементы:

1. Идентификация. Все элементы в IoT, идентифицируются уникальными кодами для разделения групп объектов.

2. Гибкость. Электронные устройства и машины гибко меняют рабочее состояние, подключаются или отключаются, меняется положение устройства и его скорость. Также меняется количество оборудования.

3. Подключение устройств. IoT – это сложная система со множеством разнородных устройств. Они могут взаимодействовать друг с другом благодаря сетевым протоколам на одной интернет-платформе.

4. Автоматизация. Элементы искусственного интеллекта интегрированы в автоматизацию и применяются в системах IoT.

5. Интеллектуальная аналитика данных. Это процесс преобразования аналоговых данных, получаемых от взаимосвязанных интеллектуальных устройств и датчиков, в полезную информацию, которую можно обрабатывать, интерпретировать и использовать для детального анализа. Интеллектуальный анализ данных с помощью технологии IoT необходим для управления и улучшения работы всей системы.

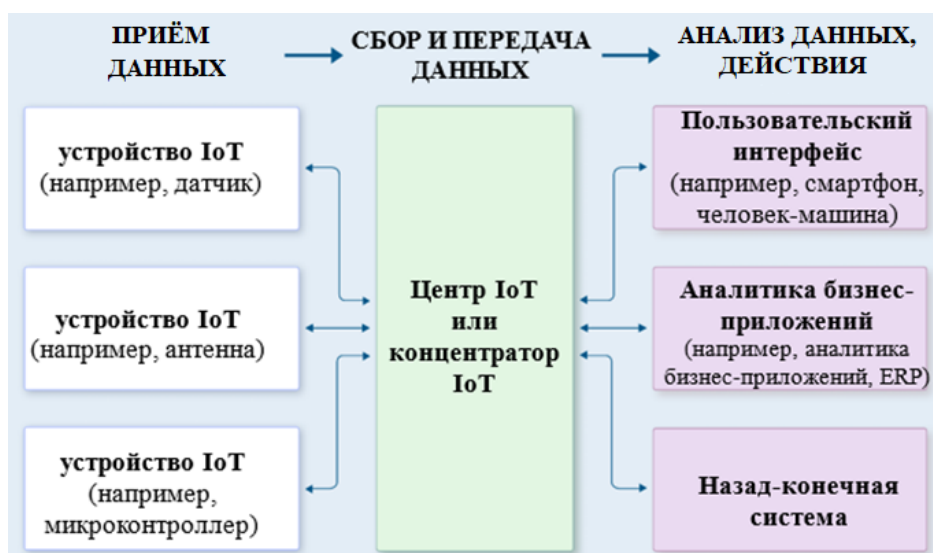


Рис. 2 – Пример системы IoT

Развитие IoT помогает управлять инфраструктурой, приложениями «Умный дом», «Умный транспорт» и т. д. Рассмотрим примеры.

Умные города. Чтобы удовлетворить потребности умных городов (измерение давления, радиации, ультрафиолетовых лучей, управление парковками и системой освещения города, минимизацией пробок на дорогах, обслуживание и содержание инфраструктуры, используется IoT, вносящий большой вклад в формирование умных и безопасных городов.

Здравоохранение. Интеллектуальные устройства поддерживают медицинское обследование и лечение пациентов посредством устройств удаленного мониторинга, отслеживания и проверки состояния здоровья. Они могут подстраиваться под человека без вмешательства врача.

Беспилотные автомобили. Самым выдающимся достижением IoT является подключение Интернета к автомобилям. Благодаря приложению видеорегистратора, многоканальному порту подключения и современной системе самостоятельного вождения ездить на транспорте становится проще. Можно определять время замены деталей, отслеживать историю эксплуатации для предупреждения о расходе топлива и масла, оповещать родственников или спасательные команды о несчастных случаях.

Умный дом обеспечивает высокий уровень безопасности, если система безопасности включает дверные замки, термодатчики, камеры, которые могут обнаруживать и предотвращать потенциальные опасности. Устройства умного дома обеспечивают автоматическое отключение оборудования [1]; осуществляют поиск потерянных вещей со звуком и миганием; автоматизируют повседневные задачи: стирку, уборку и др.

Применение IoT в промышленности стало тенденцией, популярной частью инноваций на предприятиях [2]. Рассмотрим примеры.

1. Удаленный автоматизированный мониторинг производства и управление оборудованием осуществляется с помощью централизованной системы, которая контролирует все процессы компании удаленно с помощью компьютеров, цифровых машин, камер и программного обеспечения. IoT позволяет менеджерам отслеживать рабочее состояние оборудования, контролировать уровень топлива в режиме реального времени без необходимости идти непосредственно на завод. Полученные данные используются для улучшения эффективности производства.

2. Контроль качества применяется в системах измерения и управления оборудованием в сложных условиях окружающей среды, к которым труден или невозможен доступ человека, а также контроль качества выпускаемой продукции на любом этапе – от используемого сырья до способа его транспортировки с помощью приложений отслеживания и отзывов клиентов при получении продукта.

3. Управление и автоматическое отслеживание запасов товаров, проверка соблюдения графиков поставок, отправление оповещения в случае отклонений. Например, для розничной торговли компании разрабатывают интеллектуальные полки, оснащенные датчиками веса, которые помогают собирать информацию на основе RFID и отправлять данные на платформу IoT для автоматического отслеживания запасов и запуска предупреждений, если товары на исходе. Это помогает продавцам оптимизировать цепочку поставок и снизить эксплуатационные расходы.

Система IoT всё больше применяется в умной промышленности, быту и т. д. Рассмотрим преимущества и ограничения, имеющиеся у IoT.

К преимуществам IoT относятся:

- сокращение бизнес-расходов за счет того, что рутинные задачи будут автоматизированы и количество сотрудников будет уменьшено [3].

- удаленное управление бизнесом позволяет осуществлять мониторинг в режиме реального времени из любой точки мира.

- повышение безопасности труда за счет того, что интеллектуальное оборудование, подключение к камерам наблюдения и датчикам движения снижает количество человеческих ошибок на опасном производстве.

- улучшение качества обслуживания и удержание клиентов за счет отслеживания данных послепродажного обслуживания, таких как автоматическое напоминание о графиках технического обслуживания, рассылка периодических рекламных акций, сбор соответствующих данных, связанных с потребительскими привычками. Это помогает предприятиям лучше охватить целевую аудиторию.

- IoT создан на интернет-платформе для обмена данными в любое время и в любом месте. Для него характерны высокая скорость обмена данными, экономия времени, денег и человеческих усилий. Это интеллектуальная система, обеспечивающая автоматизацию процессов, улучшающая качество обслуживания и эффективность производства.

- повышение эффективности работы компьютеров, обеспечение точности и уменьшение количества инцидентов, вызванных работниками.

Ограничения IoT: высокие требования к возможностям оперативного управления, сбора и обработки больших объемов данных; высокие первоначальные затраты; системные ошибки влияют на все подключенные устройства. Риск утечки данных актуален. Ненадежные меры безопасности подвергают компании риску краж данных. Для формирования надежной системы IoT нужна инфраструктура, требующая вложения финансов в её установку,

обслуживание и расширение. Также для создания и поддержания системы IoT необходимы профессиональные кадры.

Таким образом, IoT позволяет предприятиям, домам, городам стать умнее, способствует созданию автоматизированной и простой в эксплуатации производственной системы, помогая предприятиям повысить эффективность производства и минимизировать риски. В будущем IoT станет важной частью повседневной жизни, а также умной индустрии.

Список литературы

1. Нгуен Фук Хау, Зарипова Р.С., Нгуен Тхи Тху. Применение технологии распознавания голоса для управления системой включения/ выключения электричества в доме / Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 7. С. 167-170.
2. Гнездицкий М.А., Зарипова Р.С. Промышленный интернет вещей как механизм реализации концепции "Индустрия 4.0" / Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 5. С. 193-196.
3. Овсеенко Г.А. SMART-решения и системы искусственного интеллекта / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 2 (24). С. 71-74.

2.3.3.

**Р.К. Нургалиев д-р техн. наук, А.В. Чупаев канд. техн. наук,
Р.Р. Галямов А.Ю. Шарифуллина**

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
кафедра Систем автоматизации и управления технологическими процессами,
nurgalievr@gmail.com, sautp@yandex.ru, roman-grr@mail.ru, aprilrain91@yandex.ru

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ПЛК АБАК»

В данной статье дается описание учебного стенда «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК». Стенд предназначен для проведения лабораторных занятий со студентами профильных специальностей института Управления, автоматизации и информационных технологий ФГБОУ ВО КНИТУ. На рассматриваемом стенде могут быть реализованы различные алгоритмы управления объектом автоматизации.

Ключевые слова: *программируемый логический контроллер, технические средства автоматизации полевого уровня, АБАК К2, лабораторный стенд.*

Учебный стенд «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК» (рис.1) предназначен для проведения лабораторных занятий, направленных на изучение принципов работы систем управления технологическими процессами.



Рис. 1 – Лабораторный стенд

Схема лабораторного стенда, представлена на рисунке 2.

Стенд включает в себя технологическое оборудование, комплекс технических средств автоматизации полевого уровня, а также силовой шкаф и шкаф управления с программируемым логическим контроллером АБАК К2 производства компании ЗАО НИЦ «ИНКОМСИСТЕМ».

Технологическая часть стенда включает в себя: две емкости объемом 200 л (Е-1, Е-2), два циркуляционных насоса Wilo TOP-S производительностью 5 м³/ч (Н-1, Н-2), воздушный теплообменник KORF (Т-1), теплоэлектронагреватель СТЭН (Т-2), каналный вентилятор KORF (В-1).

В качестве датчиков полевого уровня используются термопреобразователи сопротивления Rosemount 0065 в комплекте с преобразователем измерительным Rosemount 3144 (ТТ1, ТТ4),

датчик температуры Rosemount 248 (TT2), термопреобразователь сопротивления Rosemount 0085 в комплекте с беспроводным измерительным преобразователем Rosemount 648D (TT3), расходомер электромагнитный Rosemount 8700 (FT21), преобразователь давления Rosemount 3051S с клапанным блоком модели 0306(PT11), уровнемер волноводный Rosemount 5302 (LT31), преобразователь гидростатического давления Rosemount 3051SAL (LT32) и сигнализаторы уровня Rosemount 2120 (LSA 33...36).

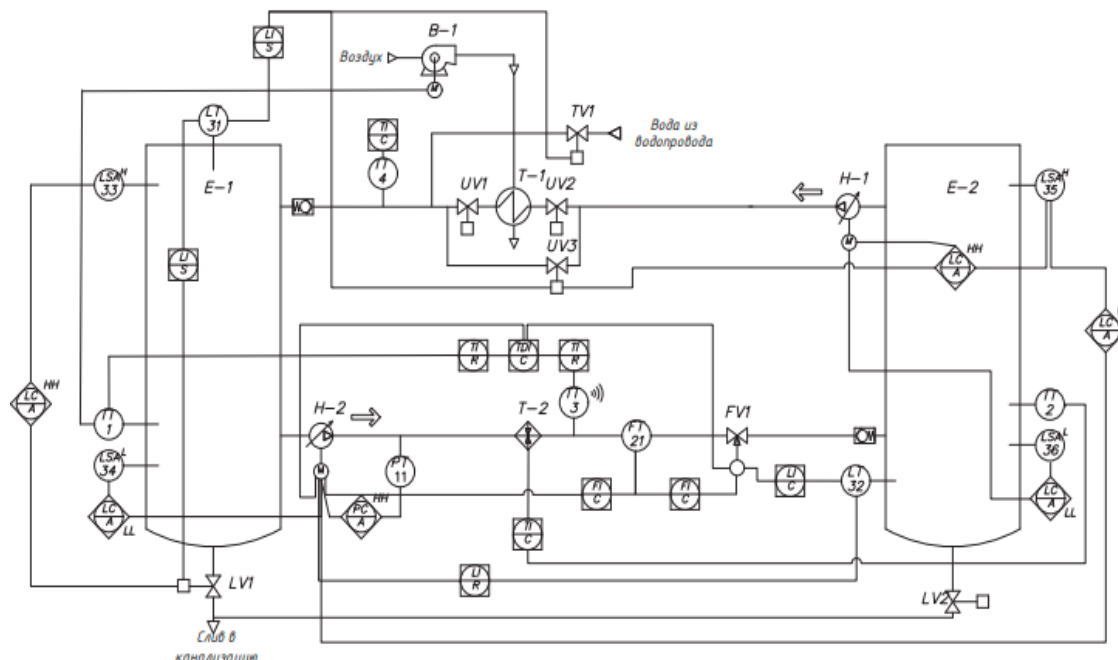


Рис. 2 – Схема лабораторного стенда

В качестве запорной и регулирующей арматуры используются регулирующий клапан FISHER GX (FV1) и клапаны соленоидные ASCO SCG238 (LV1, LV2, TV1, UV1, UV2, UV3).

Измерительная информация, формируемая датчиками в виде соответствующих стандартных сигналов, поступает в ПЛК. В качестве программируемого логического контроллера используется ПЛК АБАК К2 (рис.3) компании ЗАО НИЦ «ИНКОМСИСТЕМ».

Особенностями контроллера «АБАК ПЛК» являются:

- Модульность и расширяемость (до 1600 каналов и до 100 модулей ввода/вывода, скорость опроса всех модулей 10 мсек);
- Гибкость при работе в сети (OPC UA, МЭК 61850 Client/Server, МЭК 60870-5-101, 104 Client/Server с готовым механизмом восстановления данных на верхнем уровне при обрывах связи с ПЛК, MQTT, PROFINET Controller/Device и др.);
- Улучшенная надежность (функционирование без принудительного охлаждения, средняя наработка на отказ составляет 100 000 часов, обеспечение «горячей замены» модулей, повышенная устойчивость к электромагнитным помехам, резервирование блока центрального процессора, интерфейсов связи, модулей ввода-вывода и др.);
- Диапазон рабочих температур от -40 до 70° С.

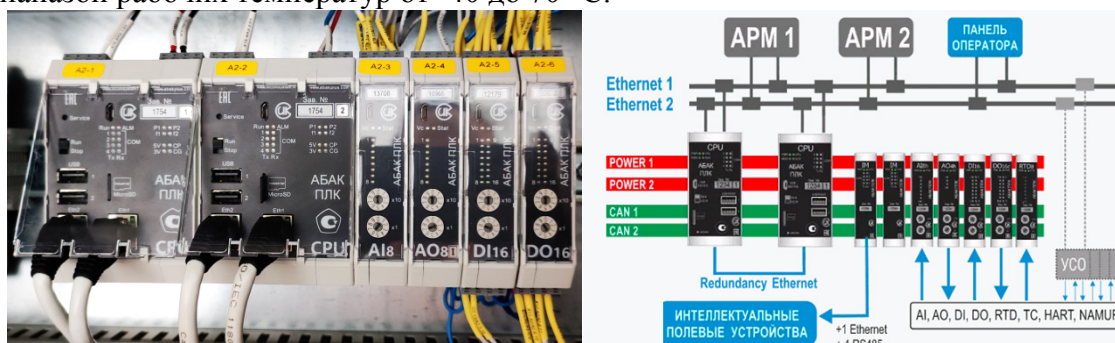


Рис. 3 – Внешний вид ПЛК АБАК К2 и схема его подключения.

Программирование и конфигурирование контроллера осуществляется с помощью программного обеспечения CoDeSys версии 3.5 и собственного конфигурационного ПО.

ПЛК состоит из модулей центрального процессора (CPU) и набора модулей ввода-вывода, которые устанавливаются на одну или несколько DIN-реек шириной 35 мм. Все модули ввода-вывода подключаются к модулю CPU по шине, установленной на DIN-рейке, и обмениваются данными по CAN-шине.

Автоматизированная система управления на базе ПЛК АБАК К2 позволяет осуществлять контроль и регулирование уровня жидкости в емкостях, ее расхода, температуры в емкостях и магистралях.

В процессе выполнения лабораторных занятий на стенде могут быть реализованы следующие алгоритмы управления (рис. 4): 1) Алгоритм наполнения и опорожнения емкостей; 2) Алгоритм нагрева рабочей жидкости; 3) Алгоритм охлаждения рабочей жидкости; 4) Алгоритмы системы блокировок при переливе жидкости и системы блокировок насоса от сухого хода.

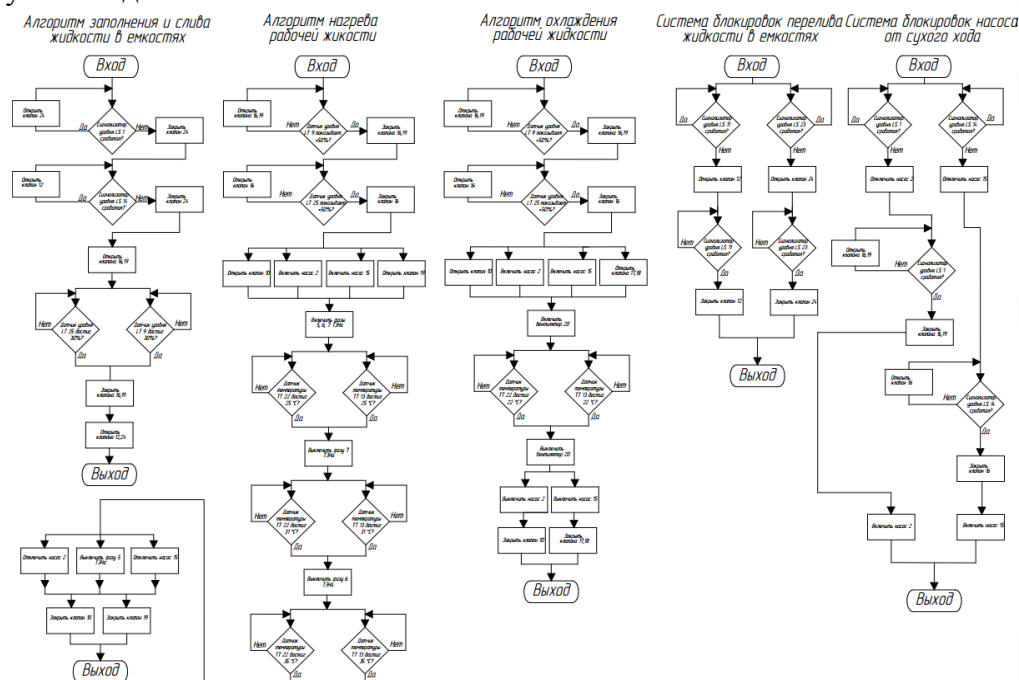


Рис. 4 – Алгоритмы управления режимами работы стенда

Алгоритмы управления определяют порядок подачи управляющих воздействий от ПЛК АБАК на исполнительные устройства стенда. Они должны обеспечивать функционирование лабораторного стенда в соответствии с заданным критерием оптимальности (целевой функцией).

Рассматриваемый стенд планируется использовать для проведения лабораторных занятий со студентами профильных специальностей института Управления, автоматизации и информационных технологий ФГБОУ ВО КНИТУ.

Список литературы

1. Контроллеры программируемые логические «АБАК ПЛК» (Исполнение К2): руководство по эксплуатации, 2022.-58с.
2. ОБЗОР МЭК-КОМПЛЕКСОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ. Чупаев А.В., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. В сборнике: Приоритетные направления развития науки и технологий. доклады XXXII международной научно-практической конференции. Под общ. ред. В.М. Панарина. 2023. С. 181-185
3. Чупаев А.В., Шарифуллина А.Ю., Галямов Р.Р., Основы систем автоматизации: учебное пособие/ А.В. Чупаев, А.Ю. Шарифуллина, Р.Р. Галямов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Казанский нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Отечество, 2022. – 111 с.

2.3.3.

^{1,2}И.С. Полевщиков канд. техн. наук, ¹Р.М. Романов, ¹М.В. Дмитрук, ²В.М. Недвецкий

¹Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет),
кафедра информационных систем и цифровых технологий,
Москва, i.s.polevshchikov@mail.ru,

²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
кафедра автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами,
Москва

ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И НАВЫКОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены результаты создания тренажерного комплекса (ТК) для обучения специалистов в области автоматизированных систем управления (АСУ) на примере задач по разработке и анализу программных модулей АСУ. Применение ТК позволит снизить трудоемкость процесса разработки индивидуальных вариантов задач для студентов, повысить качество результатов контроля знаний и навыков.

Ключевые слова: тренажерный комплекс, автоматизированные системы управления, программное обеспечение.

Программное обеспечение (ПО) представляет собой неотъемлемую составляющую автоматизированных систем управления (АСУ). Формирование навыков создания ПО на требуемом уровне качества необходимо при подготовке специалистов по разработке АСУ – студентов направлений подготовки «Информатика и вычислительная техника», «Управление в технических системах», «Автоматизация технологических процессов и производств» и др.

Программные продукты для компьютерного тестирования знаний (например, платформа Moodle [1]), как правило, требуют предварительной настройки преподавателем большой базы тестовых вопросов и ответов к ним, из которой далее каждому студенту выбирается случайным образом вариант задачи. Схематично данный процесс показан на рис. 1.

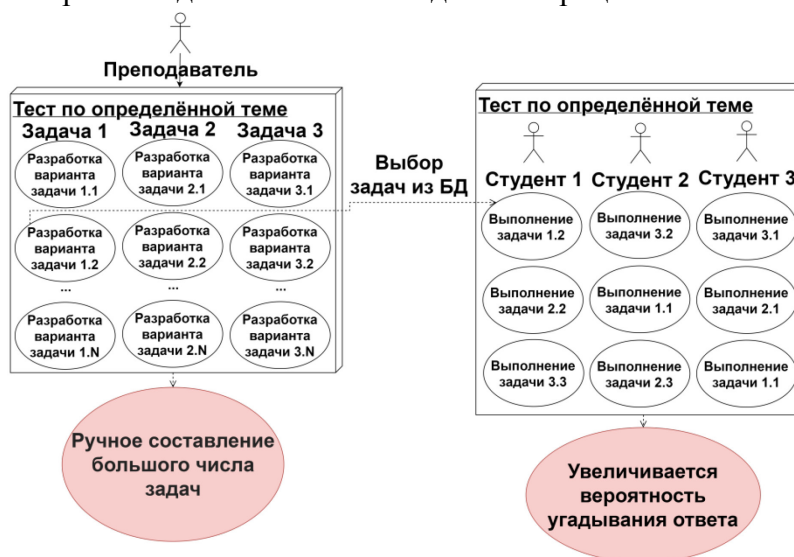


Рис. 1 - Процесс тестирования знаний в системах, подобных Moodle

Недостаток процесса тестирования согласно схеме на рис. 1 заключается в больших затратах времени преподавателя на составление и ввод в базу данных тестовых вопросов и в возможности угадывания студентом правильных ответов в виду ограниченного числа вариантов задач.

Для устранения обозначенных недостатков предложен подход к тестированию знаний и навыков студентов по разработке программных модулей АСУ с применением тренажерного комплекса (ТК), что схематично показано на рис. 2. Трудоемкость процесса контроля знаний и навыков для преподавателя снижается посредством настройки структуры программного модуля, на основе которой в каждом индивидуальном варианте задачи студенту генерируется уникальный фрагмент программного кода. Устраняется потребность в составлении большого комплекта заранее определенных задач.



Рис. 2 - Создание и настройка тестов с применением ТК

Соответственно, снижается возможность угадать ответ, поскольку отсутствует потенциальный доступ к «базе» правильных ответов на все задачи (вариант задачи, генерируемый для обучаемого, не доступен заранее даже преподавателю).

Рассмотрим примеры работы созданного прототипа ТК для задач по основам разработки программных модулей на Java [2]. На рис. 3 схематично показана связь веб-интерфейсов ТК: веб-интерфейс настройки структуры программного модуля в задаче на знание оператора ветвления и составных логических условий (слева) и веб-интерфейсы с двумя примерами индивидуальных вариантов задачи.

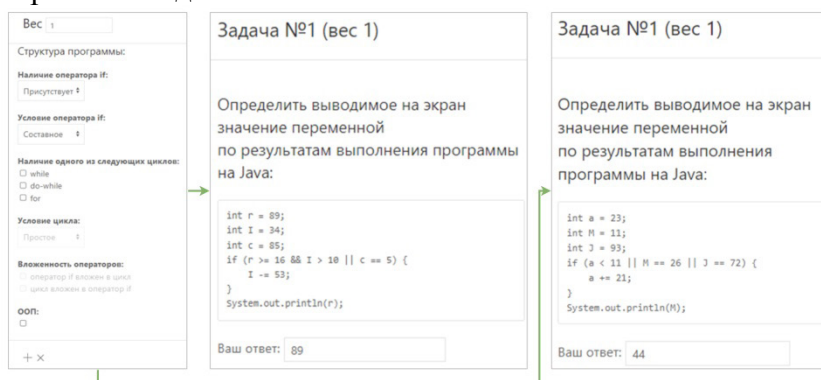


Рис. 3 - Веб-интерфейсы настройки и выполнения задачи на знание оператора ветвления и составных условий в Java

На рис. 4 показана связь веб-интерфейсов ТК для задачи на знание алгоритмов выполнения программных модулей на Java, содержащих операторы ветвления и циклы. Отсутствует вложенность данных видов операторов.

Вес: 2

Структура программы:

Наличие оператора if: Присутствует

Условие оператора if: Простое

Наличие одного из следующих циклов:

☒ while

☒ do-while

☒ for

Условие цикла: Простое

Вложенность операторов:

☐ оператор if вложен в цикл

☐ цикл вложен в оператор if

ООП: ☐

+ X

Задача №2 (вес 2)

Определить выводимое на экран значение переменной по результатам выполнения программы на Java:

```
int Q = 25;
int b = 45;
int A = 57;
while (A >= 95) {
    A /= 86;
}
if (b != 100) {
    Q += 3;
}
System.out.println(A);
```

Ваш ответ: 57

Задача №2 (вес 2)

Определить выводимое на экран значение переменной по результатам выполнения программы на Java:

```
int j = 89;
int y = 34;
for (int i = 5; i <= 8; i += 2) {
    j += 51;
}
if (y > 48) {
    j -= 48;
}
System.out.println(j);
```

Ваш ответ: 143

Рис. 4 - Веб-интерфейсы настройки и выполнения задачи на знание операторов ветвления и циклов в Java

На рис. 5 показана связь веб-интерфейсов ТК для более сложной задачи на знание алгоритмов выполнения программных модулей на Java, содержащих одновременно вложенные ветвления и циклы, составные условия.

Вес: 3

Структура программы:

Наличие оператора if: Присутствует

Условие оператора if: Составное

Наличие одного из следующих циклов:

☒ while

☒ do-while

☒ for

Условие цикла: Простое

Вложенность операторов:

☒ оператор if вложен в цикл

☒ цикл вложен в оператор if

ООП: ☐

+ X

Задача №3 (вес 3)

Определить выводимое на экран значение переменной по результатам выполнения программы на Java:

```
int u = 45;
int N = 1;
int Z = 41;
if (u == 45 || N != 83 || Z < 62) {
    u -= 24;
    for (int i = 1; i < 6; i += 2) {
        Z /= 89;
    }
}
System.out.println(u);
```

Ваш ответ: 21

Задача №3 (вес 3)

Определить выводимое на экран значение переменной по результатам выполнения программы на Java:

```
int d = 50;
int Q = 11;
while (Q < 41) {
    Q *= 94;
    if (d != 1 || Q >= 57) {
        Q -= 71;
    }
}
System.out.println(d);
```

Ваш ответ: 99

Рис. 5 - Веб-интерфейсы настройки и выполнения более сложной задачи на знание основных алгоритмических конструкций в Java

На рис. 6 показана связь веб-интерфейсов ТК для задачи на знание основ объектно-ориентированного программирования (ООП) в Java, в частности, особенностей структуры классов, создания объектов, передачи аргументов при вызове методов.

Вес: 4

Структура программы:

Наличие оператора if: Присутствует

Условие оператора if: Простое

Наличие одного из следующих циклов:

☐ while

☐ do-while

☐ for

Условие цикла: Простое

Вложенность операторов:

☐ оператор if вложен в цикл

☐ цикл вложен в оператор if

ООП: ☒

+ X

Задача №4 (вес 4)

Определить выводимое на экран значение переменной по результатам выполнения программы на Java:

```
class Example {
    byte h;
    Example(byte h) {
        this.h = h;
    }
    void f(byte h) {
        h /= 47;
    }
    void m(Example e) {
        3.h -= 15;
    }
}
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        byte h = -43;
        Example e = new Example(h);
        e.f(h);
        System.out.println(h);
    }
}
```

Ваш ответ: -1

Задача №4 (вес 4)

Определить выводимое на экран значение переменной по результатам выполнения программы на Java:

```
class Example {
    int v();
    return 72;
}
int v(short p) {
    return -82;
}
int v(long p) {
    return -8;
}
}
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        Example T = new Example();
        long t = -55;
        int p = T.v(t);
        System.out.println(p);
    }
}
```

Ваш ответ: -5

Рис. 6 - Веб-интерфейсы настройки и выполнения задачи на знание основ ООП в Java

В разрабатываемом ТК предусмотрены функциональные возможности хранения и просмотра результатов успеваемости, в том числе выполнения индивидуальных вариантов задач, по каждой из которых доступен просмотр исходной постановки задачи, верного ответа и ответа студента.

Развитие рассматриваемых исследований связано с совершенствованием моделей и алгоритмов ТК для контроля знаний и навыков в области разработки ПО и других компонентов АСУ.

Обозначенные выше подходы к разработке и применению ТК можно использовать при создании компьютерных средств обучения специалистов технического профиля для других сфер, например, с целью контроля знаний и навыков в области ремонта и эксплуатации различных технологических установок, транспортных средств [3-5]. Целями упражнений в данных средствах обучения будут, в частности, освоение знаний и навыков принятия решений, выполнения последовательности операций с учетом установленных критериев качества, определения наилучших параметров различных процессов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ
в рамках научного проекта № 23–79–10162.*

Список литературы

1. *Логинова А.В.* Модульная объектно-ориентированная среда обучения (Moodle): эффективная или несовершенная форма организации обучения? // Молодой ученый. 2015. №9. С. 1112-1114.
2. *Полевицков И.С., Белова Ю.Н., Романов Р.М.* Тренажерно-обучающая система для контроля знаний и навыков по основам программирования на языках высокого уровня // Инженерный вестник Дона. 2023. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8299.
3. *Дозорцев В.М.* Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ, 2009. 372 с.
4. *Чистякова Т.Б., Петров Д.Н.* Компьютерный тренажер для обучения управлению процессом синтеза фуллеренов // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2015. № 3 (73). С. 36-44.
5. *Файзрахманов Р.А., Хабибулин А.Ф.* Проектирование и разработка тренажерного комплекса оператора портального крана // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2014. №1(9). С. 80-92.

2.3.3.

Н.Н. Симченко

Оренбургский государственный университет,
институт математики и информационных технологий,
кафедра математики и цифровых технологий,
Оренбург, natalia_sim66@mail.ru

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

В работе рассматриваются вопросы моделирования индивидуальной рекомендательной системы на основе анализа выбора музыкальных композиций для прослушивания. Для реализации исследования были изучены существующие разработки, выявлены их достоинства и недостатки, выбраны современные инструментальные и вычислительные средства для разработки, описан функционал разрабатываемой системы.

Ключевые слова: *моделирование, анализ данных, индивидуальная рекомендательная система, API, веб-приложение, интерфейс.*

Стриминговые сервисы благодаря своему удобству стали основным средством прослушивания музыки. Наряду с быстро растущим проникновением Интернета по всему миру музыкальная индустрия гибко переняла цифровую тенденцию [1].

Исследования в области жанровых предпочтений позволили создать рекомендательные системы, которые стали помогать слушателям найти новые жанры и музыкальные композиции. Поэтому, прежде чем приступить к проектированию и разработке информационной системы необходимо изучение существующих решений, чтобы выявить их достоинства и недостатки.

Были выделены критерии сравнения и основные характеристики перечисленных сервисов. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика существующих сервисов

	Название сервиса				
	Receiptify	Obscurify	Stats for Spotify	DiscoverQuickly	Icebergify
Источник данных	Spotify, Apple Music	Spotify	Spotify, Apple Music	Spotify	Spotify
Критерий сравнения					
Необычное представление /визуализация данных	+	–	–	+	+
Вывод топов по трекам/исполнителям/жанрам	+	+	+	+	+
Показ малоизвестных исполнителей/треков	–	+	–	–	+
Наличие музыкальных рекомендаций	–	+	–	–	–

После поиска и изучения существующих систем по анализу музыкальных предпочтений пользователя можно сделать вывод, что все они работают с сервисами, имеющими открытые API, например, Spotify или AppleMusic. Сервисы в основном реализуют элементарный статистический анализ, то есть просто подсчитывают количество прослушиваний треков за конкретные периоды времени (критерий «Вывод топов» в таблице). Некоторые из перечисленных сервисов показывали более интересные результаты, например, малоизвестные треки или исполнители, которых предпочитает прослушивать пользователь, или же музыкальные рекомендации, то есть треки, которые, вероятно, понравятся слушателю.

Существующие сервисы по анализу музыкальных предпочтений пользуются внешними системами, имеющими открытые API. Открытый или общедоступные API – это способ предоставить сторонним разработчикам программный доступ к проприетарному программному приложению или веб-сервису. Открытые API предоставляются всем, кто в них нуждается и готов принять условия стороннего поставщика [2]. API определяют, как одно приложение может взаимодействовать с другим, какие внутренние функции программы будут использованы сторонней программой. API позволяет одной части программного обеспечения взаимодействовать с другой частью программного обеспечения с небольшими ограничениями. Ограничения могут включать необходимость регистрации в службе, предоставляющей API или же ограниченное количество запросов в системе.

Однако список сервисов, имеющих такие открытые API ограничен. Не было обнаружено систем, работающих с отечественными стриминговыми сервисами по прослушиванию музыки. Это связано с отсутствием у них открытых API или низкой популярностью самих сервисов, так как они относительно новые, а также не имеют мировой известности, и популярны только на территории нашей страны.

Большинство современных музыкальных сервисов имеют возможность выгрузки всей библиотеки в виде CSV документа, с подробной информацией о добавленных композициях, что позволяет использовать эти сервисы в полуавтоматическом режиме, то есть нужно будет экспортировать данные из сервиса и загрузить их в систему самостоятельно. При этом описанный способ даст меньше информации для анализа, так как такая выгрузка данных предоставляет только информацию о добавленных в медиатеку пользователя композициях. Это зависит от конкретной реализации используемого музыкального сервиса. Публичные API сервиса, если таковые имеются, могут предоставить гораздо больше информации, например, как часто слушали конкретно эту композицию, что пользователь добавил к себе в медиатеку за конкретный период времени и другие варианты, зависит, опять же, от реализации уже API.

Также было выявлено, что существующие системы занимаются статистическим анализом данных (подсчет статистики прослушиваний и вывод топов), что не представляет особого интереса для пользователя. Декомпозиция системы на отдельные компоненты позволяет разделить приложение на обособленные модули, это способствует ведению независимой разработки и развертыванию модулей в случае масштабирования системы. Структурная модель системы анализа музыкальных предпочтений пользователя представлена на рисунке 2.

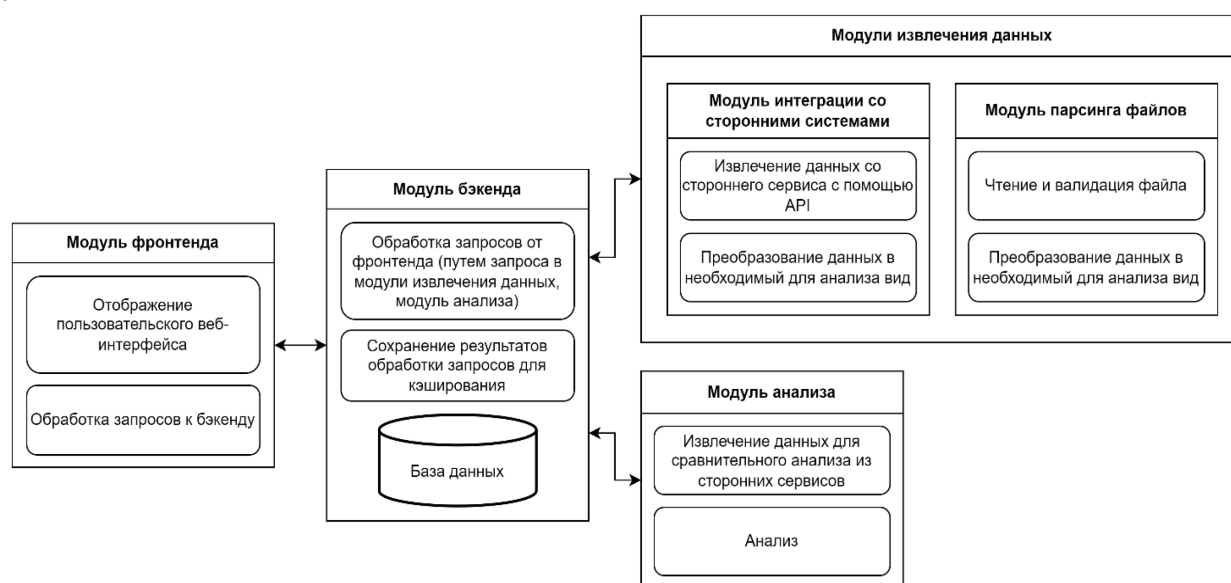


Рис.2 – Структурная модель системы анализа музыкальных предпочтений пользователя

Разработанная система анализа музыкальных предпочтений пользователя является веб-приложением, и состоит из 5 модулей: модуль анализа; модуль парсинга файлов; модуль интеграции со сторонними системами; модуль бэкенда веб-приложения; модуль фронтенда веб-приложения [4].

Модуль анализа отвечает непосредственно за анализ данных о прослушиваниях/любимых композициях. Результатом работы модуля является статистическая информация о том, какие жанры/исполнители чаще всего слушает пользователь в порядке убывания частоты прослушивания и рекомендации к прослушиванию.

Модуль парсинга файлов подготавливает данные для модуля анализа. На вход модуля идет файл пользователя с его добавленными (которые он предпочитает слушать) композициями в определенном формате.

Модуль интеграции со сторонними системами отвечает за получение данных о взаимодействии пользователя с сервисом, предоставляющим открытое API из внешних систем, которые в дальнейшем будут использоваться модулем анализа.

Модуль бэкенда веб-приложения обрабатывает запросы, поступающие из модуля фронтенда, а также этот модуль будет обеспечивать работу с модулями анализа, парсинга и интеграции с внешними системами.

Модуль фронтенда отвечает за взаимодействие с пользователями. Формы ввода для загрузки файла с данными или авторизации на стороннем музыкальном сервисе для выгрузки данных, отображение результатов анализа и другой информации – задачи фронтенда. Серверная часть приложения разрабатывалась на Golang. Golang (или кратко Go) – это современный язык общего назначения с открытым исходным кодом.

Для создания интерфейса клиентской части используется фронтенд фреймворк Vue.js (кратко Vue). Vue – прогрессивный фреймворк для разработки для разработки пользовательских веб-интерфейсов и одностраничных веб-приложений [3]. Данный фреймворк решает задачи уровня представления (view), если следовать модели MVC.

Механизмами информационной системы анализа музыкальных предпочтений пользователя являются аппаратно-программные средства. Программным средством является веб-приложение и сопутствующие необходимые данные (база данных, конфигурации и ключи доступа), в качестве аппаратных средств выступает сервер, где веб-приложение работает.

Разработанная информационная система, работает с отечественным стриминговым сервисом в полуавтоматическом режиме (ручная выгрузка данных). При использовании системы пользователь видит результаты анализа своих музыкальных предпочтений, статистику по прослушиваниям и получает рекомендации (альбомы/композиции), которые могут ему понравиться.

Список литературы

1. Mordor Intelligence, Music Market Landscape - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022 - 2027) / Mordor Intelligence. – Nanakramguda Rd, India : Mordor Intelligence, 2021. – 68 с.
2. Арно Лоре, Проектирование веб-API / Пер. с англ. Д. А. Беликова. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 440 с.
3. Vue.js в действии [Текст] / Эрик Хенчетт, Бенджамин Листоун ; [перевел с английского С. Черников]. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2019. - 304 с.
4. Симченко Н.Н. Теоретические основы реализации информационной системы анализа музыкальных предпочтений пользователя [Электронный ресурс] / Н. Н. Симченко, Д. А. Галушкин // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : сб. материалов Всерос. науч.-метод. конф., Оренбург, 26-27 янв. 2023 г. / Оренбург. гос. ун-т ; ред. А. В. Пыхтин. - Оренбург : ОГУ, 2023. - . - С. 1386-1392.

2.3.3.

**А.В. Старцев д-р техн. наук, И.И. Сторожев канд. техн. наук,
И.С. Цихалевский канд. техн. наук, Я.А. Мишин канд. техн. наук, А.Т. Шарапов**

Уральский государственный университет путей сообщения,
Екатеринбург, sav.63.10.04@mail.ru, IStorozhev@usurt.ru, ITsihalovsky@usurt.ru,
YaMishin@usurt.ru, ASharapov@usurt.ru

**ПЕРЕВОД МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА
НА КОМПРИМИРОВАННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ**

Предлагается применение альтернативного вида топлива – компримированного природного газа, взамен сжиженного, для маневровых тепловозов. Обосновывается его выбор, и предлагаются варианты компоновочных решений по переоборудованию маневровых тепловозов ТЭМ19 и ТЭМ18ДМ для работы двигателей на компримированном газе.

Ключевые слова: *газотепловоз, газомоторное топливо, компримированный газ, сжиженный газ, дизель, криогенная емкость.*

В настоящее время большой практический интерес представляет изыскание альтернативных видов топлив, применение которых позволяет уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и снизить затраты на топливо при сохранении мощностных показателей силовых установок [1–3].

Государственная политика и наличие больших разведанных запасов природного газа (метана) стимулируют его широкое использование в качестве замены традиционного топлива на железнодорожном транспорте [4]. Возможность осуществления заправки тепловозов из магистральной трубы по цене существенно ниже стоимости традиционного топлива становится достаточно привлекательной. В тоже время, существует множество проблем реализации известных методов перевода дизельных двигателей на газомоторное топливо и их эксплуатации применительно к подвижному составу РЖД [5].

Первый вопрос. Какие тепловозы нужно переводить на газомоторное топливо? На наш взгляд в первую очередь нужно переводить на природный газ маневровые тепловозы. Такой вывод назревает вследствие того, что маневровый парк РЖД представлен полностью тепловозами, в то время как магистральный парк – тепловозами и электровозами. Учитывая темпы электрификации железных дорог, магистральный тепловозный парк будет со временем сокращаться, в то время как парк маневровых тепловозов останется неизменным.

Второй вопрос. Какой газ лучше в использовании на маневровом тяговом подвижном составе РЖД? Ответ на данный вопрос неоднозначный. Использование СПГ позволяет увеличить временной интервал между экипировками с учетом ограничений по габаритам, однако, при его использовании возникает ряд проблем с заправкой. Беседа с группой специалистов по сопровождению газомоторных локомотивов СЛД «Артемовский» станции Егоршино, Свердловской железной дороги, осуществляющей подконтрольную эксплуатацию газового маневрового тепловоза ТЭМ19 и магистрального газотурбовоза ГТ1h-002, подтверждает эти трудности.

На основании высказанных экспертных оценок специалистов можно сделать вывод о том, что беспрепятственное использование СПГ остается достаточно отдаленной перспективой, требующей конструкторской проработки оборудования для очистки газа от СО и СО₂, а также оборудования для заправки криогенных емкостей. Поэтому в ближайшей перспективе следует направить усилия на переоборудование маневрового парка тепловозов на использование в качестве моторного топлива КПГ.

В сравнении с СПГ компримированный природный газ дешевле, имеет меньшее количество вредных выбросов в атмосферу при сгорании и обладает меньшей теплотворной

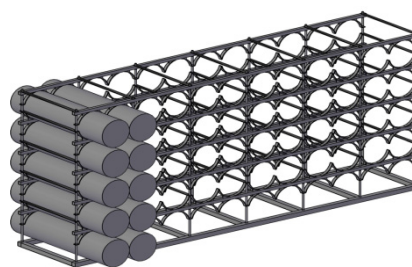
способностью газовоздушной смеси. Системы подготовки и подачи сжатого природного газа, а также внутренние и внешние газопроводы транспортных средств на КПП имеют более простую конструкцию. Элементы таких систем уже сегодня производятся серийно для автомобилей работающих на природном газе.

При решении обозначенных выше вопросов нами было предложено несколько проектов по переоборудованию маневровых тепловозов ТЭМ19 и ТЭМ18ДМ для работы двигателей на КПП. Наиболее простым вариантом является переоборудование маневрового тепловоза ТЭМ19. Проект предполагает замену криогенной емкости кассетой под газовые баллоны с КПП (рисунок 1).

Расположение оборудования на газотепловозе ТЭМ19, с учетом установки кассеты с газовыми баллонами, представлено на рисунке 2а. Одним из вариантов совершенствования предложенных компоновочных схем на рисунке 2 является уменьшение количества баллонов до 3 штук.

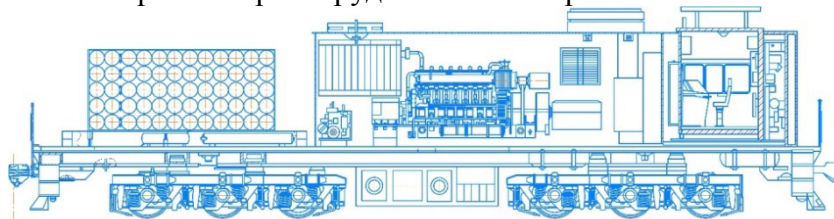


а) криогенная емкость ТЭМ19-001

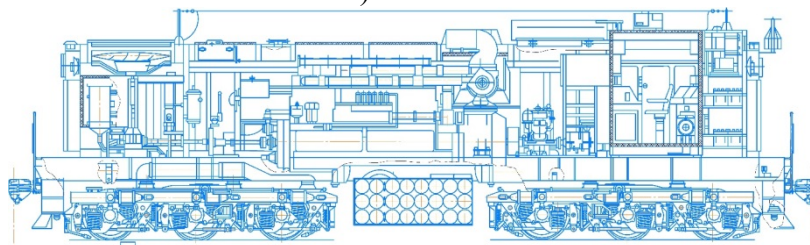


б) кассета под газовые баллоны с КПП

Рис. 1 – Вариант переоборудования маневрового тепловоза ТЭМ19



а) ТЭМ19



б) ТЭМ18ДМ

Рис. 2 – Расположение кассет с газовыми баллонами на тепловозах

Как показывает анализ представленной компоновочной схемы вся газовая арматура, приборы и система управления остаются без изменений. Недостатком такой схемы является то, что временной интервал между экипировками (заправками топливом) сокращается до 1,5...2-х суток. Однако, для маневрового тепловоза, который, как правило, не покидает пределы станции этого вполне достаточно. Кроме того, время заправки топливом составляет около получаса, что приемлемо, в сравнении с заправкой СПГ.

Переоборудование газотепловоза ТЭМ19 на работу на КПП вряд ли экономически оправдано, так как данная машина является единственной и уникальной. Лучшим вариантом будет серийный выпуск этих машин изначально на КПП в габаритах ТЭМ19.

Более сложный, но экономически выгодной является идея перевода на газомоторное топливо дизельного тепловоза ТЭМ18ДМ, который выпускается с 2007 года на Брянском машиностроительном заводе. На сегодняшний день построено 2079 тепловозов. Компоновочная схема такого переоборудования представлена на рисунке 2б.

В результате модернизации тепловоза ТЭМ18ДМ предполагается, по аналогии с тепловозом ТЭМ18Г расположить газовую кассету, только в композитном корпусе, на месте топливного бака. Баки для дизельного топлива уменьшить до объема 2000 л (2 бака по 1000 л) и расположить под боковыми площадками. Газовую арматуру, приборы и оборудование использовать аналогичное установленному на ТЭМ18Г, ЧМЭЗГ или ТЭМ19. Дизельный двигатель 1-ПД4Д перевести на газодизельный цикл работы с запальной дозой 15...20%. Приборы управления расположить по местам аналогичным ТЭМ18Г или ЧМЭЗГ.

Принципиальная схема подключения электрических и газовых соединений (рисунок 3), может быть модернизирована для тепловозного дизельного двигателя 1-ПД4Д. Номенклатура оборудования аналогична по исполнению применяемой на ТЭМ18Г, ЧМЭЗГ или ТЭМ19.

Увеличения временного интервала между дозаправками можно добиться путем применения топливного тендера, выполненного на отдельной платформе, аналогично газотурбовозам, но это, на наш взгляд, более актуально для магистральных тепловозов. Кроме того, наличие большого объема КПП на тепловозе, неминуемо приведет к увеличению количества газовых баллонов, которые должны быть обвязаны газовой арматурой. Увеличение числа соединений в газовой арматуре пропорционально увеличит риск утечки газового топлива, соответственно и риск аварийной ситуации на станции, где имеет место скопление подвижного состава и материальных ценностей. Поэтому вопрос необходимого количества газового топлива на маневровом тепловозе остается, на сегодняшний день, дискуссионным.

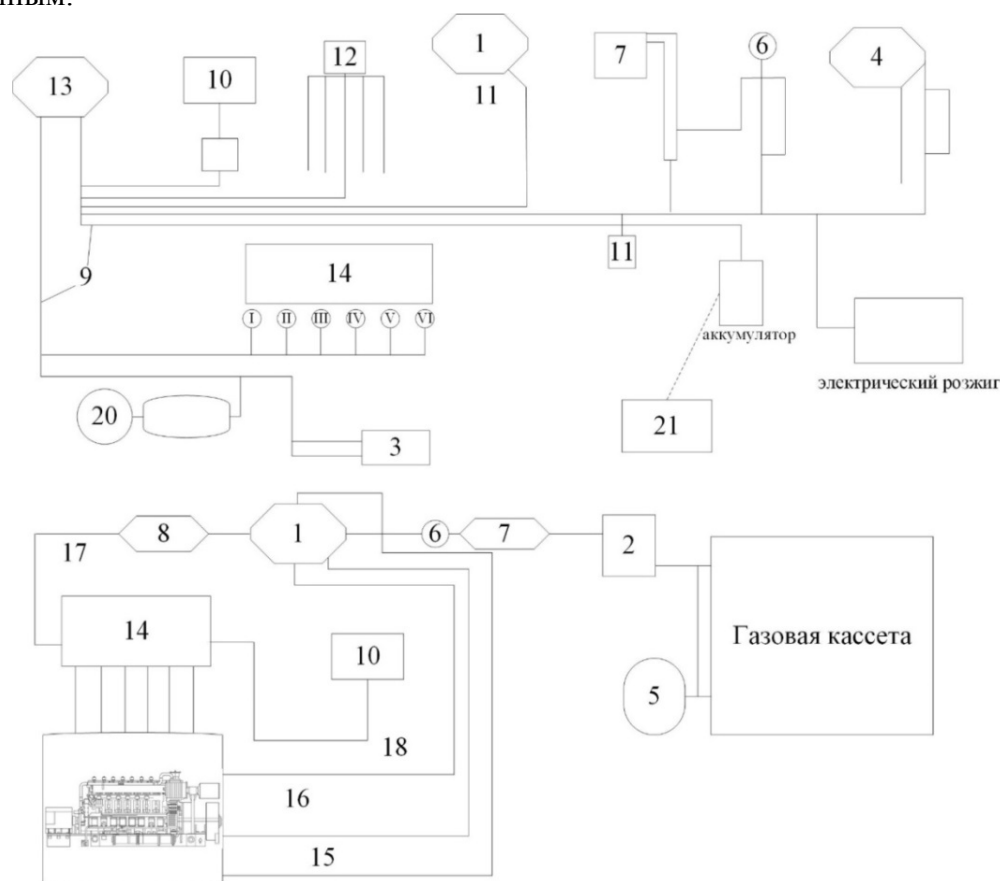


Рис. 3 – Схема подключения электрических и газовых соединений для тепловозного дизельного двигателя 1-ПД 4Д:

- 1 – редуктор; 2, 8 – фильтр; 3 – регулятор; 4 – датчик положения коленвала;
 5 – заправочное устройство; 6 – манометр; 7 – электроклапан; 9 – жгут проводов;
 10 – МАП-датчик; 11, 20 – датчики температуры ОЖ и ОГ; 12 – контроллер переключения режимов; 13 – блок управления; 14 – рампа с инжекторами; 15-18 – трубопроводы газа и охлаждающей жидкости; 21 – преобразователь напряжения

Список литературы

1. Колесников В.И. О научных разработках в области применения газовых систем для тяговых двигателей на железнодорожном транспорте / В. И. Колесников, И. В. Мартынюк // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2017. – № 5-6. – С. 1-15.
2. Танкеев С.В. Перспективы внедрения локомотивов, работающих на сжатом природном газе / С. В. Танкеев, Н. В. Грачев, М. А. Чернышев // Локомотив. – 2022. – № 4(784). – С. 9-12.
3. Метальников И.В. Теоретическое исследование перевода дизеля типа Д49 на сжиженный природный газ / И. В. Метальников, А. А. Свечников // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 3(69). – С. 19-27.
4. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 13.11. 2009 г. N 1715-р. Доступ через СПС "КонсультантПлюс" (дата обращения 13.09.2023 г.).
5. Коссов Е.Е. Пути решения проблемы перевода тепловозов на газообразное топливо / Е. Е. Коссов, В. В. Асабин, А. Г. Силюта [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2021. – Т. 80, № 4. – С. 191-200.

2.3.3.

¹А.А. Шакиров, ²Р.Р. Галямов, ²А.Ю. Шарифуллина¹Казанский государственный энергетический университет,²Казанский национальный исследовательский технологический университет
Казань, shakirov.aa@bk.ru**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ**

Статья рассматривает автоматизированный анализ данных георадарных измерений асфальтобетонных дорожных покрытий. Описывается процесс измерений, создания радиолокационных диаграмм и обработки данных для определения состояния покрытия. Подробно рассматриваются различные форматы представления данных и их анализ.

Ключевые слова: георадар, асфальтобетонные дорожные покрытия, автоматизированный анализ данных, дифракционные гиперболы, скорость сканирования, вывод данных, глубина слоя.

Для исследования асфальтовых покрытий георадар используется на основе метода отражения. Целью является достижение непрерывного измерения, при этом передающая и приемная антенны в основном используются с помощью конфигурации с общим смещением [1]. В зависимости от частоты повторения импульсов, частоты сканирования и скорости измерения, сетка дискретных точек измерения формируется как модель времени пути вдоль линии измерения.

Каждая точка измерения на поверхности дороги генерирует вертикальный А-скан, который состоит из определенного количества точек данных («выборок»). Количество выборок определяется частотой дискретизации при получении данных на приемнике [1]. Каждой выборке присваивается время прохождения импульса t (в [нс]) и амплитуда A (в [дБ]) с соответствующим направлением поляризации из-за диэлектрического контраста. А-скан может быть закодирован либо как временной ряд с графической амплитудой («колебание»), либо в виде цветowych полос (рис. 1).

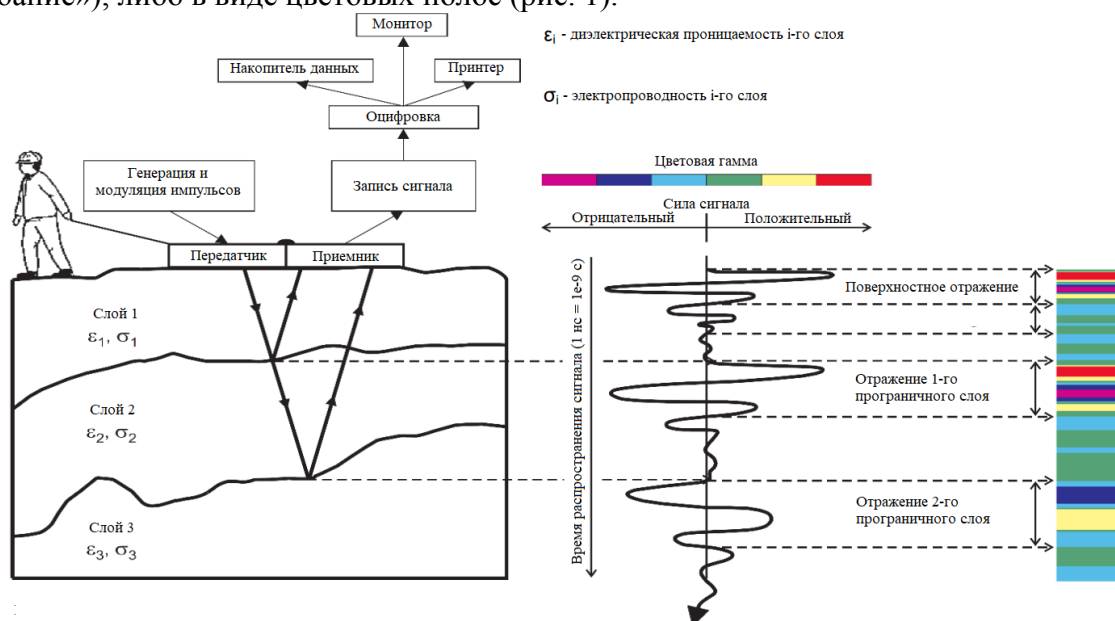


Рис. 1 – Компоненты георадарной системы и вывод данных измерений

Серия А-сканов в сетке дискретных точек измерения дает радиолокационную диаграмму (В-скан) или трассу вихребразования в виде продольного или поперечного сечения

асфальтового покрытия. В большинстве случаев радиолокационная диаграмма представлена в линейной шкале серого, при этом все более высокое значение белого присваивается положительным амплитудам, а более высокое значение черного присваивается все более отрицательным амплитудам. Масштаб абсциссы как пути измерения определяется скоростью сканирования, которая указывает количество сканирований за интервал времени. В данном контексте выбор скорости сканирования в значительной степени зависит от возможной или необходимой скорости измерения. Чем ниже скорость сканирования, тем ниже плотность данных в направлении измерения. Если скорость сканирования установлена слишком высокой по отношению к скорости измерения, то на фоне записи траектории возникают расхождения между сканированием и траекторией измерения и, следовательно, ошибки в данных измерения.

Существует также возможность отображения в 3D-формате в виде временных срезов или С-сканов. В этом случае мелкомасштабные профили создаются путем пересечения радарных программ в определенной сетке измерений. Временные срезы создаются за счет разного времени прохождения отдельных образцов во время записи измерительных линий и, таким образом, позволяют создавать секущие плоскости («срезы») как параллели к координатной плоскости для отслеживания пространственного положения объектов и структур [2].

Отражение электромагнитных импульсов на плоских поверхностях раздела создает волновую картину во времени А-сканирования с определенным распределением амплитуд, которая обычно состоит из трех полуволн, последовательность и поляризация которых в основном зависят от диэлектрического контраста и, следовательно, от соотношения ϵ_r соседних слоев. В большинстве случаев это можно охарактеризовать как «шляпа» (рис. 2). При этом средняя полуволна поляризована противоположно двум другим полуволнам и включает максимум амплитуды, который обычно считается определяющим для определения местоположения границы слоя. Амплитудный максимум поляризован положительно при условии, что $\epsilon_{r,i+1} > \epsilon_{r,i}$. При переходе в материал с более низкой относительной диэлектрической проницаемостью происходит соответствующее изменение направления поляризации полуволн [2].

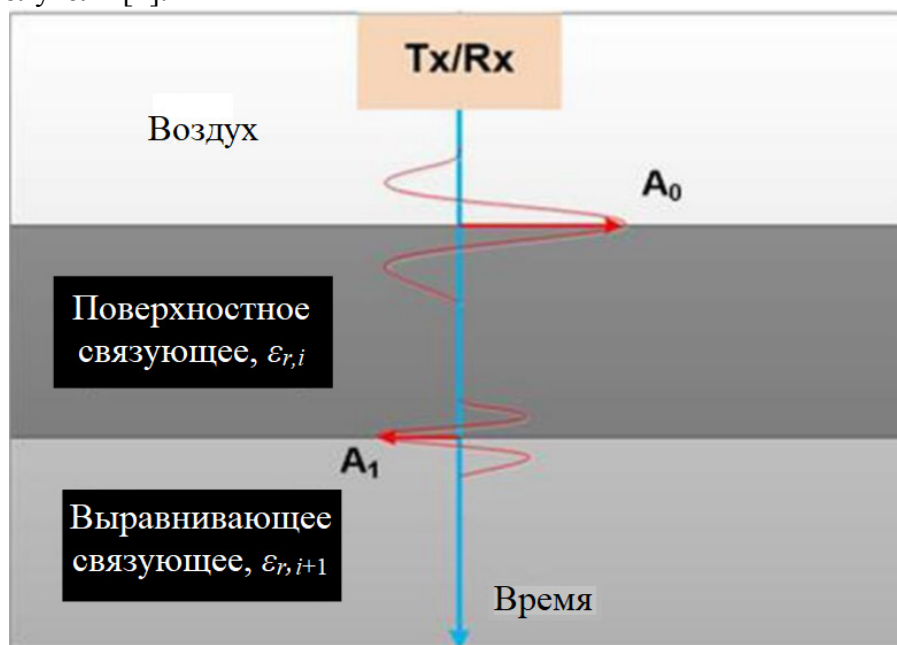


Рис. 2 – Характерные вейвлеты на границах раздела в асфальтовом покрытии ($\epsilon_{r,i+1} > \epsilon_{r,i} > \text{воздух}$)

Граничные поверхности локальных структур, которые проходят поперек направления измерения георадара, появляются на радиограмме в виде дифракционных гипербол, при условии, что их форма и геометрия примерно соответствуют длине электромагнитной волны или меньше [3]. К таким структурам относятся трубы и арматура, а также повреждения вещества, такие как поперечные одиночные трещины или швы.

Гиперболическая функция обусловлена пространственным распространением импульсов в асфальтовом покрытии, при котором уже обнаруживаются структуры с большим горизонтальным расстоянием до антенной системы [3]. В связи с тем, что отражения от граничных поверхностей на радарограмме строятся только по вертикали, наклонные отражения отображаются на большей глубине из-за увеличенного времени распространения импульса по отношению к положению приемной антенны. Таким образом, эти отражения дают искаженную глубину объекта. Истинная глубина определяется отражением, которое генерируется, когда антенная система находится в перпендикулярном положении над соответствующей структурой. Это соответствует вершине дифракционной гиперболы, которая имеет наименьшее время прохождения и, следовательно, расстояние до антенной системы.

Для правильного пространственного расположения дифракционные гиперболы можно мигрировать. При этом точки отражения и амплитуды смещаются в правильное пространственное положение, гипербола фокусируется относительно вершины и сворачивает нисходящие ветви. Используется алгоритм, который либо подгоняет идеальную гиперболическую функцию к форме дифракционной гиперболы, либо вычисляет степень смещения относительно истинного положения структуры. Для этого используются горизонтальные расстояния, а также время прохождения импульса для зависимости скорость-глубина [4]

Вывод данных георадарных измерений обычно происходит в рамках экспорта данных. Выбор наборов данных для вывода зависит от вопроса и цели георадарных измерений, принимая во внимание ограничения в отношении траектории измерений (ограничения по позиционированию) или плотности данных посредством выбора сеток данных. Как правило, дальнейшая обработка в программах обработки текста или электронных таблиц осуществляется через интерфейс. Форматирование зависит от используемого программного решения и может быть, например, в формате CSV. В данном контексте выходные данные должны включать информацию об интерпретированных слоях, такую как глубина слоя и производная толщина слоя, а также, в зависимости от системы измерения положения, о местоположении данных измерений. Для дальнейшего анализа также важна информация о конкретных точках данных, таких как амплитуда или скорость распространения.

Список литературы

1. Зарипова Р.С., Шакиров А.А. Использование сред схемотехнического проектирования и машиностроительных САПР для моделирования виртуальных прототипов приборов / Р.С. Зарипова, А.А. Шакиров / *International Journal of Advanced Studies*. 2018. Т. 8. № 4-2. С. 29-32.
2. Тиратуриян А.Н., Акулов В.В., Лобов И.В. Оценка однородности как элемент контроля качества устройства дорожной одежды // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе*. 2018. Т. 1. С. 203-206.
3. Пудова Н.Г., Дудник А.В. Методика определения погрешности измерения толщины слоев дорожной одежды высокочастотным георадаром // *Георадар* - 2019. С. 33-39.
4. Хамитов Р.М., Надеждина М.Е. Практика применения анализаторов спектра и лазерных триангуляционных датчиков в вузе // *Компетентность*. – 2021. – №. 4. – С. 14-19.

2.3.3.

¹А.Г. Шумихин, ²Д.К. Корнилицин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, atp@pstu.ru, kornilitsin.dima@mail.ru

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГАЗОВОЙ ТОПКИ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ РАБОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

На примере рассматриваемого производства параметризовано математическое описание зависимости температуры дымовых газов после газовой горелки от значений технологических переменных на её входе. Результаты позволяют использовать обученную нейронную сеть для быстрой параметризации эмпирической зависимости по результатам измерения технологических переменных процесса сжигания природного газа.

Оперативный мониторинг значения коэффициента потерь в топке позволяет практически мгновенно реагировать на изменение теплотворной способности топливного газа, зарастание или забивание стенок топочной камеры нагаром, неполное сгорание топлива. Это дает возможность оптимизировать работу аппарата горелки с целью обеспечения его эффективного и бесперебойного функционирования.

Ключевые слова: газовая горелка, эмпирическая модель, параметризация, искусственная нейронная сеть.

Газовые горелки широко применяются в промышленности. Они используются в процессах, где требуется быстрый нагрев сырья, продукта или вспомогательных материальных потоков, в частности для организации процессов сушки сыпучих материалов.

В общем случае аппараты газовых горелок оснащены автоматикой. В качестве законов регулирования процесса сжигания топлива традиционно используются ПИД регуляторы.

В последнее время в область автоматического управления технологическими процессами (ТП) активно внедряются методы и инструменты усовершенствованного управления (АРС системы). Такие инструменты обеспечивают высокое качество управления процессами на промышленных производствах. Однако они требуют наличия адекватной модели процесса.

На рис.1 приведена схема газовой горелки.

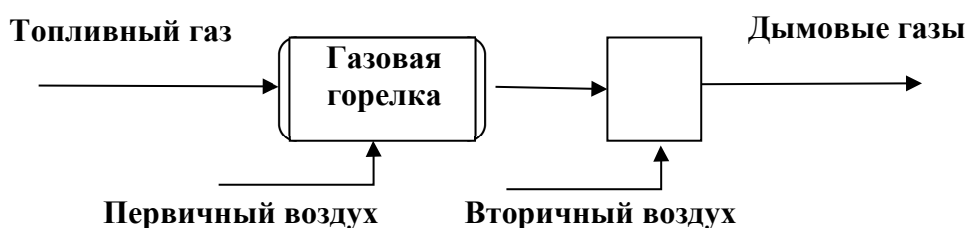


Рис. 1 – Схема газовой горелки

На вход горелки под давлением поступает топливный газ и первичный воздух. Первичный воздух в строгом соответствии с соотношением расходов с газом поступает на вход горелки и используется для поддержания факела горелки. Вторичный воздух примешивается к дымовым газам для увеличения объемного расхода потока дымовых газов и снижения его температуры.

Температура дымовых газов на выходе газовой горелки рассчитывается по эмпирической формуле согласно [1] следующим образом:

$$t_{dg} = 2920 \cdot \beta / \alpha + 0,43, \quad (1)$$

где t_{dg} - температура дымовых газов в подрешетном пространстве, °C; β – коэффициент, учитывающий потери тепла в топке; α вычисляется по формуле:

$$\alpha = L/(R \cdot 9,4) \quad (2)$$

где; α – коэффициент избытка воздуха; L – часовой расход вторичного воздуха, ($\text{м}^3/\text{с}$); R – часовой расход топливного газа, ($\text{м}^3/\text{с}$).

При известных значениях α и t_{dg} по выражению (1) можно определить коэффициент β .

При анализе аппарата газовой горелки как объекта управления на рассматриваемом производстве сформированы наборы данных, описывающие состояние процесса в виде измеренных значений технологических переменных.

В качестве входных параметров эмпирической модели (1) (ЭМ) используются значения параметров расхода вторичного воздуха и расхода топливного газа процесса сгорания на рассматриваемом производстве из диапазона значений исторических данных измеренных расходов из множества $X_{\text{диап. изм.}}$ [1]. Для проверки адекватности модели использованы исторические значения параметра температуры дымовых газов (t_{dg}), соответствующих значениям входных переменных модели (1). Данные о параметрах процесса измерены с периодом в 1 секунду.

ЭМ была просимулирована при входных данных при справочном значении коэффициента потерь тепла в топке [1], равном 0,87. Результаты симуляции модели представлены на рис. 2.

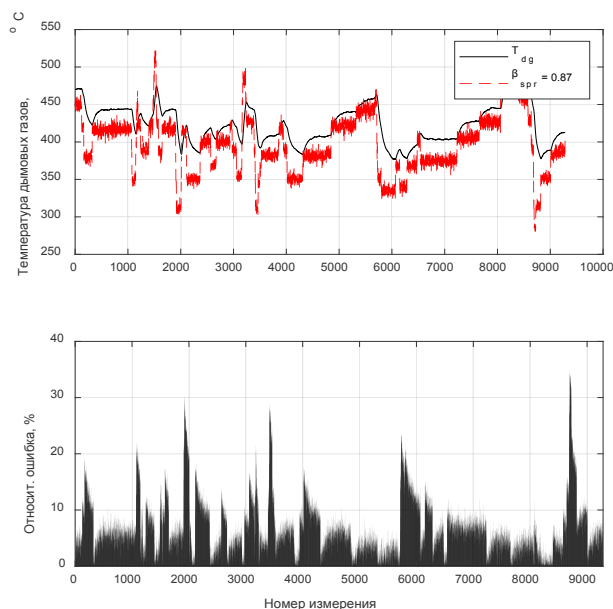


Рис. 2 – Результат вычислений по ЭМ при справочном значении коэффициента β_{spr}
Относительная ошибка рассчитана согласно формуле:

$$\varepsilon = 100\% * |y - \bar{y}|/y, \quad (3)$$

где ε – относительная ошибка расчета модели, %; y – измеренное значение t_{dg} из диапазона экспериментальных исторических данных; \bar{y} – рассчитанное моделью значение t_{dg} .

Рисунок показывает, что погрешность ЭМ значительна. Средняя относительная ошибка на основе наблюдаемых данных составляет 5,89 % (средняя абсолютная ошибка – 32,7151 °C), что говорит о неудовлетворительно подобранном значении коэффициента β .

Согласно определению авторов работы [2], коэффициент β в рассматриваемой ЭМ можно считать неопределенным. К неопределенным параметрам авторы также относят физико-химические константы, конструктивные параметры оборудования и пр. Процесс поиска адекватных значений неопределенных коэффициентов математического описания (МО) технологических процессов называется параметризацией или параметрической идентификацией.

На сегодняшний день существует множество различных методов параметризации (расчета неопределенных параметров) МО ТП. Так, среди них стоит выделить: метод подбора, вероятностные методы, методы нечеткой логики и интервальные методы.

В рамках вероятностного подхода [3] неопределенные параметры модели характеризуются функциями распределения. Математические модели, в состав которых входят такие параметры, имеют названия вероятностных. В этом случае функции распределения строятся на основании накопленных статистических данных о поведении стохастических параметров. Трудность применения вероятностных методов связана с необходимостью проведения большого числа экспериментов на объекте в ходе технологического процесса для определения параметров законов распределения стохастических величин.

Другой подход связан с использованием теории нечетких множеств [4] и уходит в сферу субъективной информации. Неопределенные параметры характеризуются функциями принадлежности, которые строятся на основе опросов экспертов. Модели, в которых неопределенные параметры характеризуются функциями принадлежности, получили название нечетких моделей представления знаний. Недостатком этой методики является то, что для качественного построения функций принадлежности требуется формализовать мнения нескольких экспертов и построить базу знаний.

Информация о значении неопределенного параметра может задаваться также в виде интервального параметра [2]. Использование интервала эффективно в случаях, когда неопределенные параметры модели имеют стохастическую природу и изменяются случайным образом в рамках определенного «коридора». Поиск оптимальных значений границ такого коридора и есть задача построения интервальной модели.

Рассматриваемые методы параметризации сводят задачу расчета значений неопределенных коэффициентов к оптимизационной задаче поиска значений неопределенных параметров МО или вспомогательных параметров (параметры функций распределения вероятности, функций принадлежности, границ коридора) и требуют проведения специальных экспериментов на моделируемом объекте, что не всегда возможно в условиях непрерывного производства.

В качестве альтернативы существующим подходам решения задачи параметризации МО ТП в работе [5] авторы предлагают использовать нейросетевой подход. Отмечается, что предлагаемый метод не требует проведения специальных экспериментов на объекте моделирования и занимает доли секунд, однако требует значительных затрат времени и количества данных для обучения искусственной нейронной сети (ИНС). Метод заключается в использовании ИНС модели в задаче расчета значений настраиваемых коэффициентов МО ТП в зависимости от измеренных входов и реакций моделируемого объекта.

Для обучения ИНС модели необходимо сгенерировать выборку обучающих данных. Схема вычислений по эмпирической модели представлена на рис. 3.

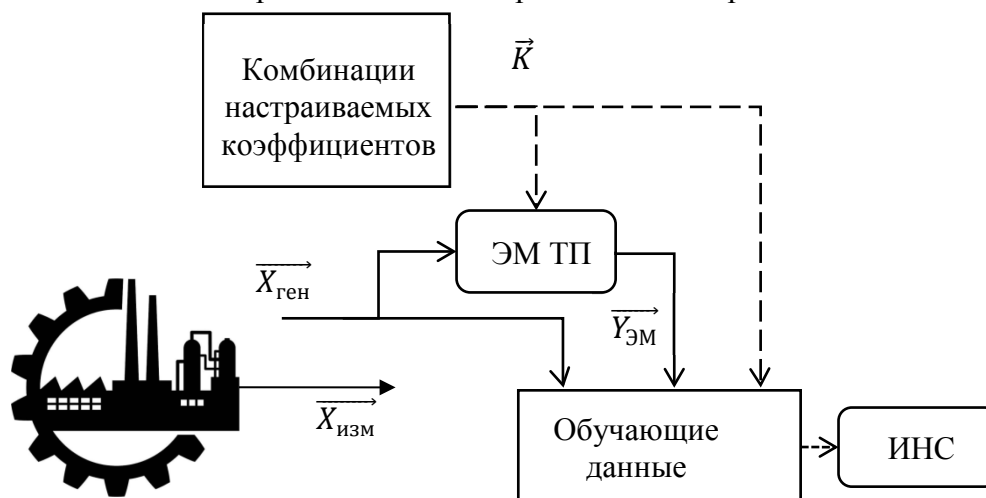


Рис. 3 – Схема вычислений по эмпирической модели

Сначала генерируется ряд комбинаций произвольных разумных значений коэффициентов моделей \vec{K} и формируется ряд моделей с различными коэффициентами. На основе измеренных данных с производства определяются диапазоны значений параметров технологического процесса.

Далее, на основе данных, сгенерированных в диапазоне измеренных данных ТП $\vec{X}_{\text{ген}}$ и имеющихся моделей генерируются выходные данные работы этих моделей $\vec{Y}_{\text{ЭМ}}$. После прогонки каждой из имеющихся моделей векторы $\vec{X}_{\text{ген}}$ и $\vec{Y}_{\text{ЭМ}}$ и им соответствующих K из вектора \vec{K} добавляются в обучающие данные ИНС прямого распространения.

В качестве входных параметров ИНС при обучении используется совокупность данных $\vec{X}_{\text{ген}}$ и $\vec{Y}_{\text{ЭМ}}$. При этом в качестве выхода ИНС («учителя») используются значения коэффициентов K , при которых рассчитывались значения компонент вектора выхода модели $\vec{Y}_{\text{ЭМ}}$. Выходом обученной ИНС служат, таким образом, значения настраиваемых коэффициентов \vec{K} модели.

Рассматриваемый метод параметрической идентификации использован для расчета оптимального значения коэффициента потерь в газовой горелке.

Исходные данные разделены на обучающую и тестовую выборки. Набор значений коэффициента β сгенерирован случайным образом в диапазоне $[0,7;1,0]$ в количестве двадцати значений.

В качестве архитектуры ИНС модели использована архитектура fitnet [6].

Параметры обучения:

1. Функция тренировки: алгоритм градиентного спуска с возмущением и адаптацией параметра скорости ('traingdx');
2. Количество слоев: 2 (входной и скрытый);
3. Количество нейронов в скрытом слое: 10;
4. Количество эпох обучения: 1000.

Обученная модель ИНС может использоваться в оперативном режиме и адаптировать модель (1) в каждый момент измерения входных и выходных переменных технологического процесса. Цикл работы ИНС при этом составляет 0,03 миллисекунд.

Средняя относительная ошибка работы модели (1) на тестовых данных с переменными значениями коэффициента β^{net} составляет 0,35 % (средняя абсолютная ошибка равна 0,64 °C).

Параметризованная модель протестирована на данных, описывающих другие режимы процесса. На рис.4 приведен график результатов работы модели (1) при различных значениях β на основе широкого диапазона изменения производственных данных.

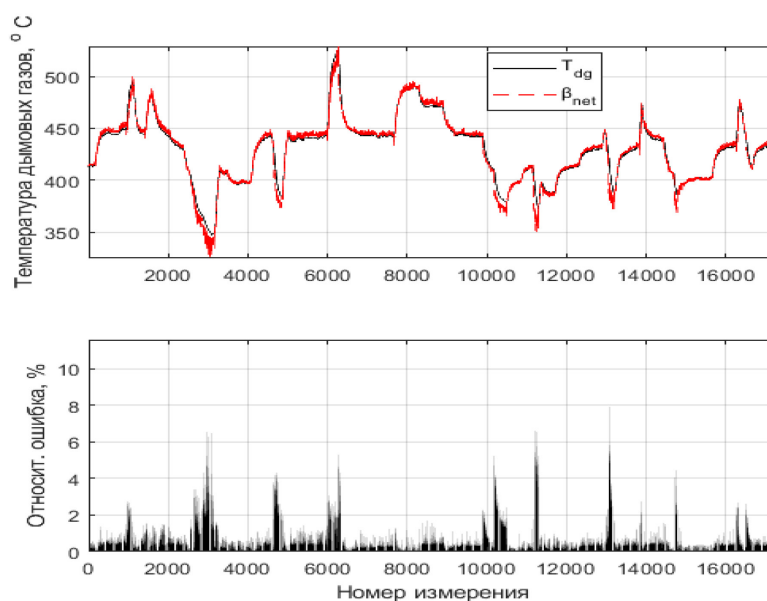


Рис. 4 – Результат работы параметризованной модели (1)

Параметризованная нейронной сетью модель (1) отвечает процессу при других производственных режимах. Средняя относительная ошибка работы модели (1) с адаптируемым коэффициентом β составила 0,43 % (средняя абсолютная ошибка - 1,39 °C).

Обученная ИНС модель позволила повысить точность ЭМ (1), относительная ошибка на наблюдаемых данных снизилась с 5.89 % до 0.35 %. Цикл работы ИНС модели составляет 0,03 миллисекунд, что позволяет использовать ее в оперативном режиме и адаптировать модель (1) в каждый момент измерения параметров технологического процесса.

Оперативный мониторинг значения коэффициента потерь в топке позволяет мгновенно реагировать на изменение теплотворной способности топливного газа и зарастание, забивание стенок топочной камеры нагаром, изменение степени полноты сгорания газа. Это дает возможность оптимизировать работу аппарата горелки с целью обеспечения её эффективной и бесперебойной работы.

Список литературы

1. Дадимов Р.Ю., Шумихин А.Г., Корнилицин Д.К. Виртуальный анализатор влажности KCL на основе аналитической модели сушки в печи с кипящим слоем //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2020. – №. 3. – С. 95-109.
2. Фролова Т.А., Фролов С.В., Туляков Д.С. Решение интервальных математических моделей технологических процессов //Машиностроение и компьютерные технологии. – 2012. – №. 09. – С. 24.
3. Добрина М.В. Математическое моделирование системы управления на примере производственного предприятия //Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. – 2014. – С. 167-171.
4. Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. Интеллектуальные системы на основе нечеткой логики и мягких арифметических операций. – 2014.
5. Власов С.А., Шумихин А.Г. Автоматизация настройки в компьютерных тренажерах математических моделей технологических объектов с применением технологии искусственных нейронных сетей //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2020. – №. 2. – С. 102-112.
6. Yergök D., Güven C., ACI M. Artificial neural network model design for daily demand prediction in mass meal production //2018 international conference on advanced technologies, computer engineering and science. – 2018. – С. 583-586.

2.3.3.

¹Д.В. Шмыров, ²В.Е. Малахов, ¹Д.И. Муромцев канд. техн. наук,
³Г.Г. Rogozinskiy д-р техн. наук

¹Университет ИТМО,

²Университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,

³Институт проблем транспорта им. Соломенко РАН

АКТУАЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ СОНИФИКАЦИИ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ

Сонификация - технология использования неречевых звуков для представления информации - стала перспективным направлением для интерпретации и восприятия данных. В то время как большинство обзорных статей в этой области посвящено методам сонификации, данная статья посвящена обзору и классификации различных областей применения этой техники. Выявляя общие черты и различия между этими группами, мы стремились выявить те сферы, в которых сонификация демонстрирует наибольшую результативность.

Ключевые слова: сонификация, классификация, звуковой дисплей.

Введение

В современном информационном обществе, где данные представляют собой неотъемлемую часть многих сфер жизни, обнаруживается явная тенденция к нахождению новых, более эффективных способов их представления и интерпретации. Одним из перспективных направлений в этой области является сонификация.

Хотя большинство обзорных работ в этой области фокусируются на анализе методов сонификации, в данной статье мы рассматриваем, в первую очередь, приложения. В этом контексте мы разбиваем сферы приложения сонификации на различные группы, отражающие прикладные аспекты использования сонификации.

В статье также проанализированы наблюдаемые тенденции в области сонификации, включающие расширение ее междисциплинарного воздействия, признание потенциала данной методики в исследованиях, образовании и вовлечении общественности.

Данная статья представляет собой попытку систематизации и анализа различных приложений сонификации в разнообразных областях, а также выявление направлений для будущих исследований в этой перспективной области.

1 Краткий исторический экскурс

В древности философы пифагорейской школы (VI-V вв. до н. э.), связывали музыкальные шкалы и тона с гармонией небесных тел и математическими пропорциями в природе, создавая ассоциации между звуками и фундаментальными аспектами мироздания.

Немецкий астроном Иоганн Кеплер (XVI-XVII вв.) разработал концепцию "музыки сфер", согласно которой планеты двигаются вокруг Солнца на определенных расстояниях и с разными скоростями, создавая гармонические отношения, подобно звукам в музыке.

В 1961 году Спиф [1] исследовал звуки сейсмометра и счетчика Гейгера с целью понимания того, как звуковые сигналы, получаемые от этих устройств, могут быть интерпретированы. В 1974 году Кей [2] предложил использование сонара для ориентации незрячих. В 1992 г. прошла Первая конференция ICAD (International Conference on Auditory Display) [3], которая положила начало исследованиям в области сонификации как отдельной дисциплины. Использование NASA сонификации при исследовании космических явлений, например, при измерении радио- и плазменных волн в районе кольцевой плоскости Сатурна [4], внесло вклад в привлечение интереса к сонификации. Исследования Крамера [5], Бараша [6], Эдворти [7] и др. проложили путь расширению и разработке новых методов сонификации.

Домбуа (2002) [8] показал художественное применение сонификации при анализе сейсмических явлений. Работа Уиттла (2004) [9] в области астрофизики демонстрирует применение аудиофикации для интерпретации сложных научных концепций для широкой публики. Оливан, Кемп и Россен [10] (2004) на основе сонификации изучали записи ЭЭГ сна. Монография *Sonification handbook* [14] является одной из самых значимых работ в области сонификации. Разработаны различные программные средства, такие как *Sonification Sandbox* [11], *Sonifyer* [12], *Sonart* [13] и др.

Более полное представление об актуальных исследованиях в области сонификации дают материалы ICAD, а также журналы *Auditory Perception & Cognition*, *Journal on Multimodal User Interfaces*, *Computer Music Journal* и др.

Научный интерес к сонификации растет, что подтверждается динамикой увеличения количества научных публикаций с начала 90-х годов XX века в системе Google Scholar (см. рис. 1).



Рис. 1 – Количество статей по теме сонификации и количество статей, где в заголовке присутствует термин “sonification”

2 Обзор основных методов сонификации

Исследователи, как правило, выделяют три основных метода сонификации: дискретная, непрерывная и интерактивная [15, 16, 17].

Дискретная сонификация отображает процесс в виде последовательности звуковых объектов, при этом каждому элементу данных соответствует отдельный звуковой объект. К этому методу относятся звуковые иконки (*auditory icons*). *Непрерывная сонификация* работает с непрерывными процессами, как правило, в режиме реального времени. Такой подход позволяет реализовать, например, мониторинг технологических процессов [18]. *Интерактивная сонификация* предполагает участие пользователя в управлении параметрами алгоритма синтеза звука [19]. Он может изменять параметры алгоритма синтеза звука в интерактивной среде.

По принципу представления данных принято выделять следующие виды сонификации:

Аудификация (*audification*) – метод прямой сонификации, где синтез и обработка звука играют минимальную роль для большего приближения звука к контуру данных. *Звуковые иконки* (*auditory icons*) – метод сонификации, при котором информационному событию ставится в соответствие звуковой объект таким образом, чтобы вызвать у пользователя определенную ассоциацию. *Ирконы* (*earcons*) – метод на основе абстрактных звуковых объектов, где аудиальное отображение не имеет прямой ассоциативной связи с информационными событиями. Реципиент должен владеть определенным тезаурусом для интерпретации соответствующих звуков. *Речевые иконки* (*spreacons*) – звуки, созданные из

речевых записей, передающие эмоциональный контекст сообщения, но не воспроизводящие первоначальный вербальный смысл; применяются, например, в компьютерных играх и приложениях для плоховидящих.

На практике часто наблюдается, что многие приложения сонификации не могут быть строго отнесены к одной из вышеперечисленных групп, а находятся в континууме методов (Рисунок 2).

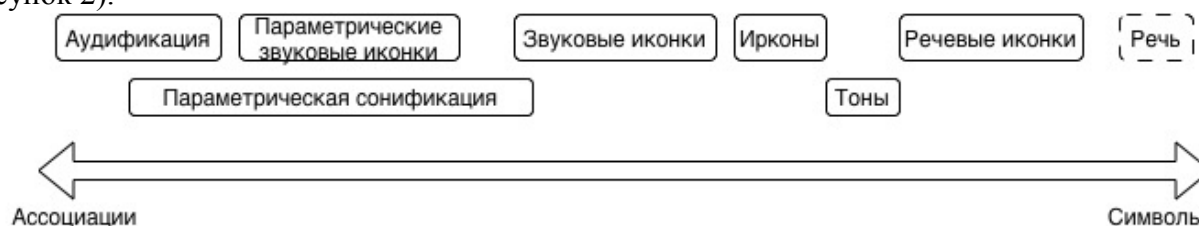


Рис. 2 – Классификация методов сонификации по видам [3]

Как правило, есть тенденция либо в сторону большей символности, когда звуки напрямую связаны с определенными параметрами данных, обеспечивая более точное воспроизведение информации, либо в сторону большей ассоциативности, где звуки используются для вызова определенных образов, не обязательно имеющих прямую связь с исходными данными.

3 Классификация приложений сонификации

В данной статье мы фокусируемся на классификации сонификации по различным приложениям. Наш подход позволяет выявить основные области, в которых сонификация может быть наиболее эффективной.

В первую очередь, предлагается ввести классификацию сонификации по *цели применения*:

1. **Исследование и анализ данных.** В данной категории сонификация используется для выявления и интерпретации паттернов, структур и экстремальных событий в данных. Этот подход позволяет исследователям анализировать большие объемы информации, выделяя аспекты, которые могли бы остаться незамеченными при визуальном анализе. В данной категории можно выделить следующие подкатегории:

- **Физические приложения.** Сонификация применяется для выявления и анализа паттернов и зависимостей. Это может включать обработку данных из астрономии, физики и других научных областей, где звуковое представление помогает выявить важные характеристики.

- **Технические приложения.** Сонификация используется для анализа и интерпретации состояния сложных технических систем и процессов. Этот подход позволяет выявлять аномалии, проследить динамику параметров и определять потенциальные проблемы, которые могут оставаться незамеченными при визуальном анализе. Это также может способствовать более оперативному обнаружению неисправностей и улучшению обслуживания технических систем.

- **Биомедицинские приложения.** Сонификация применяется для анализа биометрических показателей и данных из области биологии. Это помогает выявлять аномалии, а также анализировать генетические [20] и молекулярные [21] данные.

- **Социально-экономические приложения.** Сонификация позволяет выявить различные закономерности и тренды. Это может быть полезным для анализа общественного мнения, финансовых данных и других социальных аспектов.

- **Анализ окружающей среды.** Сонификация применяется для анализа экологических данных, таких как изменения в окружающей среде, а также для анализа геологических данных, таких как землетрясения и другие геологические события. Это помогает выявить характеристики событий и их влияние на окружающую среду.

- **Информационно-телекоммуникационные приложения.** Сонификация применяется для анализа информационных потоков, сетевых процессов и больших данных. Этот подход позволяет выявлять паттерны, обнаруживать аномалии в сетевом взаимодействии и оптимизировать процессы. Сонификация может улучшить мониторинг сетевых состояний,

обнаружение кибератак и анализ эффективности телекоммуникационных систем.

2. Звуковое информирование и обратная связь. В этой категории рассматриваются приложения, связанные с мониторингом состояния различных процессов в реальном времени с использованием звуковой модальности. Это может включать интерфейсы со звуковым информированием, а также обратную связь на основе сонификации. Такие подходы могут применяться в ассистивных системах для людей с нарушениями зрения, чтобы повысить для них уровень осведомленности об окружающем мире.

Здесь важно подчеркнуть, что концепция сонификации отличается от простой звуковой сигнализации. Звуковая сигнализация, в отличие от сонификации, чаще всего служит для предостережения о чрезвычайных ситуациях и не предоставляет детальной или специфичной информации о состоянии системы или процесса.

3. Эстетическая и художественная сонификация. К данной категории относятся приложения, в которых акцент, в первую очередь, делается на эстетическом аспекте сонификации. Данная категория приложений может использоваться в искусстве и различных культурных проектах.

Важным аспектом классификации методов сонификации является подход, основанный на задействованных *модальностях*. Применительно к этой классификации выделим следующие классы:

Одномодальные системы. Восприятие информации реципиентом основано исключительно на звуках. Такой подход может быть полезен, например, в случаях, когда визуальное восприятие ограничено или не требуется.

Бимодальные системы задействуют две модальности - аудиальную и еще одну, как правило, визуальную. Примерами могут служить приложения, в которых звуковая и визуальная информация дополняют друг друга, обогащая восприятие пользователя.

Полимодальные системы. Аудио может быть интегрировано с видео, тактильной обратной связью и другими сенсорными входами. Такие подходы обеспечивают глубину и разнообразие передачи информации.

Еще одной предлагаемой нами классификацией методов сонификации является разделение по *количеству реципиентов*:

Персональные (носимые) системы ориентированы на индивидуальных пользователей. Такие системы могут быть специализированными, например, для людей имеющих проблемы с зрением.

Коллективные системы направлены на представление информации для группы пользователей. Здесь можно выделить два подкласса:

- **Массовые коллективные системы** применяются для широкого круга лиц в рамках публичных событий и не требуют специальных навыков для распознавания. Например, массовые коллективные системы сонификации могут усилить впечатление и эмоциональное взаимодействие с произведениями искусства.

- **Профессиональные коллективные системы** ориентированы на определенные профессиональные группы. В этом случае звуковые сигналы могут быть слышны и не профессионалам, однако, они предназначены исключительно для понимания и реагирования соответствующей профессиональной группой.

На рисунке 3 представлена иерархическая схема разделения приложений сонификации по целям применения, модальности и количеству реципиентов.

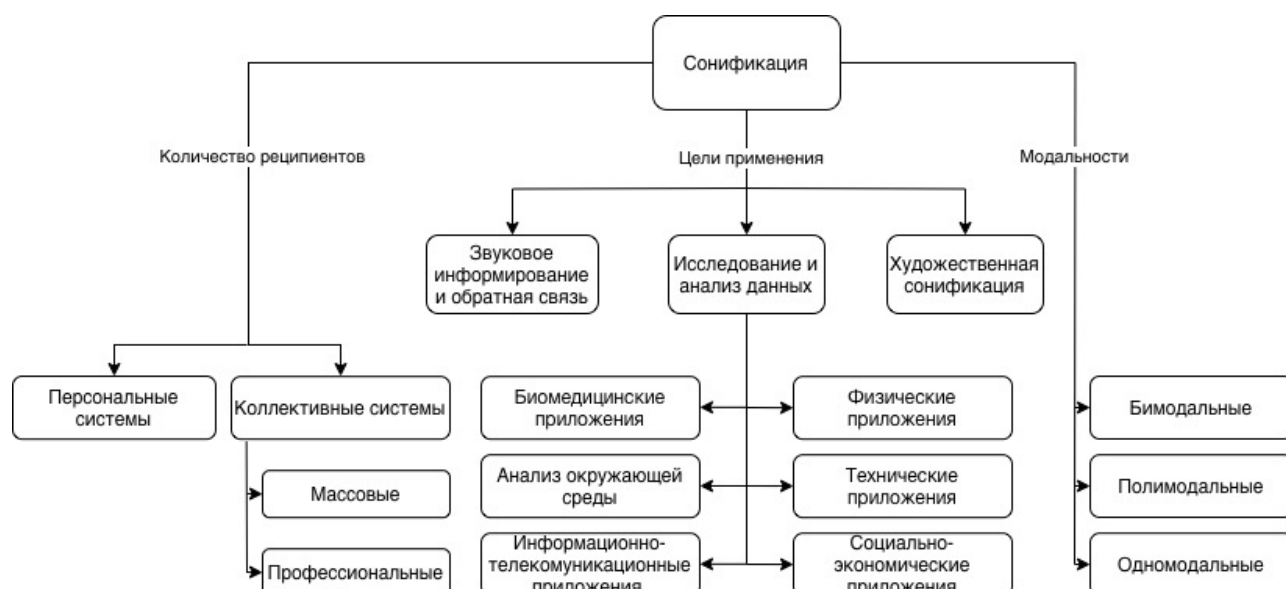


Рис. 3 – Классификация приложений сонификации

Ниже мы углубимся в рассмотрение основных приложений сонификации в области исследования и анализа данных.

4.1 Анализ окружающей среды

Основные темы исследований сонификации на основе данных для анализа окружающей среды включают сонификацию в реальном времени для мониторинга природных явлений, звуковое отображение для интерпретации экологических данных и интеграцию сонификации с другими методами визуализации данных. В таблице 1 приведен ряд приложений данной группы.

Таблица 1 – Анализ окружающей среды

Статья	Объект сонификации	Предобработка данных	Способ сонификации
Ronnberg, 2022[22]	Данные о шуме и загрязнении воздуха частицами со строительной площадки	Усреднение спектральной плотности шума в трех частотных диапазонах	Отображение значений параметров спектральной плотности на параметры субтрактивного синтезатора
Apel, 2021[23]	Данные вибродатчиков из действующих вулканов	Отсутствует	Алгоритм FM-синтеза, в котором вибросигнал используется в качестве модулятора, а пользователь управляет параметрами несущей.
Kalonnaris, 2022[24]	Данные о температуре воздуха в Токио с 1876 по 2021 годы	Преобразование входных данных в нормализованные вектора значений	Сонификация на основе генерации мелодий нейросетью, обученной на нескольких японских мелодиях
Woo, 2023[25]	Данные датчиков освещенности, температуры и относительной влажности	Нормализация	Выбор одной из двух контрастных генеративных композиций в зависимости от состояния объекта наблюдения и изменение громкости слоев этих композиций
Sarmiento, 2020[26]	Данные о температуре, влажности, дорожном трафике в городе	За рамками статьи	Сонификация с помощью методов машинного обучения. Множество сэмплов организуется во времени по определенному алгоритму

4.2 Биомедицинские приложения

Применение сонификации показало свой потенциал в различных областях, включая физиотерапию, мониторинг жизненно важных показателей, вспомогательные технологии и психическое здоровье.

Сонификация может помочь пациентам с двигательными расстройствами восстановить контроль над своими движениями, контролировать жизненно важные показатели без необходимости смотреть на экран, ориентироваться в окружающей обстановке или выполнять задачи при нарушении зрения, а также справиться со стрессом и тревогой.

Возможные актуальные темы исследований в этой области включают разработку интерактивных систем сонификации, реагирующих на поведение и предпочтения человека и адаптирующихся к различным контекстам и пользователям, тренировку обратной связи и внимательности пользователя, а также мониторинг в режиме реального времени. В таблице 2 приведены приложения данной группы:

Таблица 2 – Биомедицинские приложения

Статья	Объект сонификации	Предобработка	Способ сонификации
Singh, 2016[27]	Данные датчиков о состоянии человека во время тренировки	Трекинг контрольных точек, нормализация	Отображение данных на высоту и громкость тонов, тембр; управление сэмплами природных звуков
Ramezanzade, 2023[28]	Амплитуда мышечной активности при занятиях спортом	Взвешивание в окне 50 мс, нормализация	Отображение данных о взаимном положении контрольных маркеров на теле на параметры звука в ПО Sandbox
Borthakur, 2019[29]	Показатели вариабельности сердечного ритма, отражающие состояние нервной системы человека в течение дня	Извлечение характеристик сердечного ритма и их кластеризация	Отображение данных на параметры алгоритма формантного синтеза
Bilapur, 2019[30]	Данные электроэнцефалограмм	Фильтрация пиковых значений	Нейробиоуправление через набор взаимодействующих осцилляторов
Veron-Delor, 2018[31]	Параметры движения пациентов с дисграфией	Выделение дескрипторов	Модификация выбранной музыкальной композиции в зависимости от входящих данных

Процесс сонификации [29] включает в себя сбор данных о сердечном ритме из PhysioNet и расчет показателей вариабельности сердечного ритма на основе межпульсовых интервалов, которые нормируются, а затем кластеризуются. По результатам кластеризации выбираются релевантные признаки для сонификации, которая осуществляется путем формантного синтеза [32].

Исследование демонстрирует потенциал этих подходов для дифференциации различных техник медитации и их влияния на вариабельность сердечного ритма. Сонификация соответствующих показателей обеспечивает обратную связь в реальном времени во время выполнения упражнений. Будущие направления включают поиск подходящих для сонификации характеристик вариабельности сердечного ритма и увеличения используемых при отображении параметров алгоритма формантного синтеза звука для улучшения слухового восприятия.

4.3 Физические и технические приложения

Применение сонификации в физических и технических приложениях доказало свою эффективность в качестве инструмента для улучшения понимания сложных данных. Сонификация позволяет выявлять закономерности и аномалии в данных, которые трудно или невозможно обнаружить с помощью визуального анализа. В таблице 3 приведены приложения данной группы.

Таблица 3 – Физические и технические приложения

<i>Статья</i>	<i>Объект сонификации</i>	<i>Предобработка данных</i>	<i>Способ сонификации</i>
Bardelli, 2022 [33]	Набор данных о галактиках пакета zCOSMOS	Нормализация, преобразование и фильтрация данных	Галактики отображаются через плотный поток звуков, выбросы - через звуковые иконки, статистические показатели - через непрерывный фоновый звук
Valle, 2022 [34]	Данные моделирования гравитационных волн для космической миссии LISA	Двухэтапная процедура создания пространства по определенным точкам для сонификации	Преобразование данных в временные и динамические ряды и музыкальная интерпретация
Ziemer, 2019 [35]	Данные датчиков (лидар, радар, камеры) о расстоянии между машиной и окружающими объектами	За рамками работы	Сонификация, учитывающая психоакустические особенности восприятия звука
Acher, 2018 [36]	Сверхнизкочастотные магнитосферные сигналы	Усреднение данных, изменение частоты дискретизации	Аудификация
Casado, 2022 [37]	Набор астрономических данных из Sloan Digital Sky Survey	За рамками работы	Пользователь может выбрать непрерывную или дискретную сонификацию с отображением поля данных на громкость или частоту

В [34] сонификация представляет собой четырехступенчатый процесс, который преобразует сложные данные о гравитационных волнах в упрощенную двумерную пространственную модель и впоследствии отображает их на нотной записи. Таким образом, сонификация может обеспечить интуитивно понятный способ изучения и интерпретации данных, подчеркивая важность согласованности между стратегиями визуального отображения и сонификацией для эффективного анализа данных.

4.4 Информационно-телекоммуникационные приложения

В этой области актуальные темы исследований включают разработку систем отображения информации на основе сонификации для информационных систем, интеграцию сонификации с методами обработки естественного языка, а также адаптацию этих методов к различным видам данных и контекстам использования. В таблице 4 приведены приложения данной группы:

Таблица 4 – Информационно-телекоммуникационные приложения

Статья	Объект сонификации	Предобработка данных	Способ сонификации
Луи, 2021 [38]	Искусственные нейронные сети с минимальным количеством связей	Не описано явно	Преобразование данных о точности, потерях и темпе обучения в звуковые частоты с использованием осцилляторов синусоидальных волн.
Funk, 2020 [39]	Видеопоток с веб-камеры в реальном времени	На основе характерных точек лица строится вектор значений движения	Различные мимические движения лица генерируют MIDI-ноты и управляют параметрами звука, такими как громкость и тембр
Joо, 2022 [40]	Изображения различных геометрических форм в интерфейсе компьютера	Разложение геометрического объекта на простейшие составляющие	Базовые визуальные формы описываются сочетанием звуковых волн в соответствии с контурами формы
Giot, 2012 [41]	Данные сетевого трафика: IP-адрес, порт, протокол, размер пакета, временная метка, TTL и др.	Анализ сетевых данных и фильтрация по среднему значению за временной промежуток	Тембр отвечает за различные данные сетевого трафика, ритм и темп - за временные метки

Сонификация сетевой активности предоставляет новую перспективу для мониторинга и взаимодействия с сетью. Музыкальные элементы, созданные на основе данных трафика, позволяют воспринимать сетевые процессы в инновационной форме, что может обогатить понимание и анализ сетевой деятельности, а также предоставить пользователю новый способ взаимодействия с сетевой средой.

4.5 Социально-экономические приложения

Тенденции в развитии сонификации для социально-экономических приложений направлены на создание более интуитивных и персонализированных систем сонификации. Растет интерес к интеграции алгоритмов машинного обучения и методов искусственного интеллекта для создания более адаптивных и отзывчивых систем сонификации. Другой тенденцией является разработка более портативных и недорогих устройств сонификации, которые могут быть легко интегрированы в существующие технологии, такие как смартфоны и носимые устройства.

Кроме того, необходимы дополнительные исследования для разработки стандартизированных рекомендаций и оценочных показателей для оценки эффективности систем сонификации. Другие потенциальные темы включают разработку мультидисциплинарных сонификационных систем, которые будут обрабатывать большие массивы данных, задаваемых пользователем, а также разработку более интерактивных и геймифицированных систем сонификации для повышения вовлеченности пользователей. В таблице 5 приведены приложения данной группы.

Работа Dunham [44] служит примером того, как использование звуковой археологии может привести к созданию аудиовизуальных искусств и раскрытию новых аспектов взаимосвязей между прошлыми и современными медиа. Это подчеркивает значимость материальности медиа объектов и их специфических аудио-визуальных свойств в процессе исследования и творчества.

Таблица 5 – Социально-экономические приложения

Статья	Объект сонификации	Предобработка данных	Способ сонификации
Cantrell, 2022 [42]	Реакции пользователей на посты в Facebook	Отсутствует	48 вариантов сонификации на основе ирконов, спиконов и коротких музыкальных отрывков
Nath, 2020 [43]	Данные о преступлениях против женщин в Индии	Не описано явно	Звуковые параметры (частоты, амплитуды, тембры) представляют собой данные о преступлениях; крики - как звуковые иконки.
Dunham, 2022 [44]	Сообщения Twitter	Преобразование сообщений Twitter в код Морзе.	Звуковые события генерируются с использованием механизма телеграфного ключа и звуков передачи сигналов телеграфом

5 Развитие исследований в области сонификации в России

Современное состояние развития сонификации характеризуется, прежде всего, академическим интересом (Евреинов [45], Дворянкин [46], Петухов, Степанян [47], Рогозинский [15], Логутов [48]).

Кроме того, как и в других странах, сонификация находит свои творческие применения, объединяя искусство и науку. Следует отметить звуковую инсталляцию "Поющие солнца" М. Мясоедова [49], которая исследует звучание звезд через алгоритмическую трансформацию света звезд; "DNA Musaritmica" Вс. Красса и Е. Фоминой [50], которая базируется на сонификации генетического кода растений; "Sonic Cities" Е. Черного и Г. Рогозинского [51], которая использует сонификацию для создания звуковых профилей городов и позволяет воспринимать городскую среду как непрерывно меняющееся единое целое; "R x2" Д. Морозова [52] исследует сонификацию данных о землетрясениях.

В таблице 6 приведены приложения данной группы.

Таблица 6 – Исследования по сонификации в России

Статья	Объект сонификации	Предобработка данных	Способ сонификации
Евреинов, 1998 [45]	Двумерные графические объекты в программном интерфейсе	Масштабирование	Изменение частоты и пространственного положения сигналов в поле 4 громкоговорителей
Дворянкин, 2013 [46]	Цифровые изображения	Разделение исходного кадра на части и формирование сонограмм компонент	Аудификация
Меликова, 2014 [53]	Полетные параметры летательного аппарата (высота, скорость, крен и тд)	Нормализация, выбор и конфигурация характеристик сонификации	Преобразование полетных параметров в аккордовые последовательности. Тембр выбирается пользователем

Продолжение Таблицы 6

Красноскулов, 2019 [54]	Параметры физической активности (шаги, пульс, калории), полученные с Xiaomi Mi Band	Обработка в СУБД SQ Lite для представления в xml формате	Значения показаний фитнес-браслета отображаются на многомерное пространство (температура, громкость, звуковысотность, ритм, вибратор)
Кузьмин, 2019 [55]	События кибербезопасности	Сортировка событий по различным признакам	Дискретная сонификация с возможностью выбора звуковых иконок
Рогозинский, 2021 [15]	Структура и параметры киберфизических систем	Нормализация, масштабирование	Многopараметрическая сонификация. Главным образом, частота среза фильтров, время реверберации, панорама

Важно отметить, что в русскоязычной научной литературе существует проблема путаницы между терминами "sonication" и "sonification". Первый описывает процесс использования звуковых волн для физического воздействия на вещества и относится к медицинской области, однако авторы соответствующих работ также пользуются термином "сонификация", что создает трудности при поиске работ.

Выводы

Область исследований сонификации постоянно развивается и расширяется, регулярно появляются новые методы и приложения. В текущих исследованиях можно выделить следующие тенденции, которые, вероятно, определяют будущее направление исследований в области сонификации:

- Расширение мультисенсорного восприятия путем интеграции сонификации с другими сенсорными системами человека. Это предоставит широкие возможности для создания более полной интерпретации данных, а также для обеспечения более эффективной обратной связи.
- Индивидуализация и интерактивность систем сонификации. Будущее сонификации, вероятно, будет нацелено на создание персонализированных систем, которые адаптируются к предпочтениям и потребностям каждого пользователя. Интерактивные системы, позволяющие пользователям участвовать в процессе сонификации и контролировать его параметры, могут сделать этот процесс более привлекательным и увлекательным.

Прогноз будущих направлений в сонификации также подразумевает развитие в области алгоритмов машинного обучения, создание новых пользовательских интерфейсов, разработку мультимодального вывода и более сложных методов синтеза и манипулирования звуком. Методы машинного обучения могут быть использованы для повышения точности и сложности систем сонификации.

Наиболее плодотворными для сонификации представляются приложения, связанные с наблюдением значительного количества данных и требующие уменьшения информационного перегруза при отображении информации, а также приложения, в которых нежелательно или затруднительно изменение поля зрения человека-оператора.

Список литературы

1. *Speeth S.D.* Seismometer sounds / S.D. Speeth // The journal of the Acoustical Society of America. – 1961. – 33(7). – P. 909–916.
2. *Kay L.A.* sonar aid to enhance spatial perception of the blind: engineering design and evaluation / L. Kay // Radio and Electronic Engineer. – 1974. – 44(11). – P. 605–627.
3. *Worrall D.* Information Sonification: Concepts, Instruments and Techniques : PhD Thesis / D. Worrall. University of Canberra, 2009.
4. *Candey R.M., Kessel R.L.* Web-Based Sonification of Space Science Data [Электронный ресурс] // Sketches Conference Abstracts and Applications. – URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/280953.282288> (дата обращения: 04.09.2023).
5. *Kramer G.* An Introduction to Auditory Display / G. Kramer // Auditory Display: Sonification, Audification, and Auditory Interfaces / G. Kramer (Ed.). – Reading, MA, 1994. – P. 1–78.
6. *Barrass S.* A Perceptual Framework for the Auditory Display of Scientific Data / S. Barrass // ACM Transactions on Applied Perception. – 1994. – No 2(4). – P. 389–402.
7. *Edworthy J.* Does Sound Help Us to Work Better with Machines? A commentary on Rautenberg's paper 'About the importance of auditory alarms during the operation of a plant simulator' / J. Edworthy // Interacting with Computers. – 1998. – 10. – P. 401–409.
8. *Dombois F.* Auditory Seismology: On Free Oscillations, Focal Mechanisms, Explosions and Synthetic Seismograms [Электронный ресурс] // Proceedings of the 2002 International Conference on Auditory Display, Kyoto, Japan, July 2-5, 2002. – URL: <https://auditory-seismology.org/Dombois-ICAD2002.pdf> (дата обращения: 04.09.2023).
9. *Whittle M.* Primordial Sounds: Big Bang Acoustics [Электронный ресурс] // Press Release: AAS meeting, Denver, 6/1/04. – URL: <http://www.astro.virginia.edu/~dmw8f> (дата обращения: 04.09.2023).
10. *Olivan J., Kemp B.* Easy listening to sleep recordings: tools and examples [Электронный ресурс] // Sleep Med. 2004 Nov;5(6):601-3. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2004.07.010> (дата обращения: 04.09.2023).
11. *Walker B.N., Cothran J.T.* Sonification Sandbox: A Graphical Toolkit for Auditory Graphs [Электронный ресурс] // Proceedings of the 2003 International Conference on Auditory Display, 2003. – URL: <http://sonify.psych.gatech.edu/publications/pdfs/2003ICAD-WalkerCothran-Sandbox.pdf> (дата обращения: 04.09.2023).
12. *Dombois F.* Sonifyer A Concept, a Software, a Platform [Электронный ресурс] // International Conference on Auditory Display, 2008. – URL: <http://hdl.handle.net/1853/49949> (дата обращения: 04.09.2023).
13. *Yeo W.S., Berger J.A.* Flexible Framework for Real-Time Sonification with Sonart [Электронный ресурс] // Proceedings of the 2001 International Conference on Auditory Display, 2001. – URL: http://www.icad.org/websiteV2.0/Conferences/ICAD2004/posters/yeo_berger_wilson.pdf (дата обращения: 04.09.2023).
14. *Hermann T., Hunt A.* The Sonification Handbook [Электронный ресурс] // Logos Publishing House, Berlin, 2011. – URL: www.logos-verlag.com (дата обращения: 04.09.2023).
15. *Рогозинский Г.Г.* Модели и методы сонификации киберфизических систем: дис. доктора технических наук // Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Санкт-Петербург, 2021.
16. *Campo A.* Toward a data sonification design map // Proceedings of the 13th International Conference on Auditory Display, 2007. – P. 342–347.
17. *Hermann T., Hunt A.* An introduction to interactive sonification // IEEE Multimedia. – 2005. – P. 20–24.
18. *Hildebrandt T., Hermann T.* A sonification system for process monitoring as secondary task [Электронный ресурс] // 2014 IEEE Conference on Cognitive Infocommunications. – URL: <https://doi.org/10.1109/CogInfoCom.2014.7020444> (дата обращения: 04.09.2023).

19. Развальяева А.Ю. Сонификация как средство невербальной коммуникации: классификация методов и способы применения // История, современность и перспективы развития психологии в системе Российской академии наук : Материалы Международной юбилейной научной конференции, посвященной 50-летию создания ИП РАН, Москва, 16–18 ноября 2022 года. Москва: ИП РАН, 2022. – С. 238-240.
20. Dunn J., Clark M.A. Life Music: The Sonification of Proteins [Электронный ресурс] // Leonardo (1999) 32 (1): 25–32. – URL: <https://doi.org/10.1162/002409499552966> (дата обращения: 04.09.2023).
21. Mahjour B., Bench J. Molecular sonification for molecule to music information transfer [Электронный ресурс] // Digital Discovery, 2023, 2, 520-530. – URL: <https://doi.org/10.1039/D3DD00008G> (дата обращения: 04.09.2023).
22. Ronnberg N., Rasmus R. Measurement and sonification of construction site noise and particle pollution data [Электронный ресурс] // Smart and Sustainable Built Environment. – URL: <https://www.emerald.com/insight/2046-6099.htm> (дата обращения 04.09.2023).
23. Apel T., Johnson J. Portable real-time volcano infrasound auditory display devices [Электронный ресурс] // International Conference on Auditory Display, 2021. – URL: <http://hdl.handle.net/1853/66353> (дата обращения 04.09.2023).
24. Kalonaris S. Tokyo Kion-On: Query-Based Generative Sonification of Atmospheric Data [Электронный ресурс] // The 27th International Conference on Auditory Display, 2022. – URL: <https://paperswithcode.com/paper/tokyo-kion-on-query-based-generative> (дата обращения 04.09.2023).
25. Winnie W., William R., John S. WeatherChimes: An Open IoT Weather Station and Data Sonification System [Электронный ресурс] // International Conference on Auditory Display, 2021. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2023.e00402> (дата обращения 04.09.2023).
26. Sarmiento P., Holmqvist O. Musical Smart City: Perspectives on Ubiquitous Sonification [Электронный ресурс] // Ubiquitous Music Workshop 2020. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.12305> (дата обращения 04.09.2023).
27. Singh A., Piana S., Pollarolo D. Go-with-the-Flow: Tracking, analysis and sonification of movement and breathing to build confidence in activity despite chronic pain [Электронный ресурс] // Human-Computer Interaction. – URL: <https://doi.org/10.1080/07370024.2015.1085310> (дата обращения 04.09.2023).
28. Ramezanzade H., Badicu G., Cataldi S. Sonification of Motor Imagery in the Basketball Jump Shot: Effect on Muscle Activity Amplitude [Электронный ресурс] // Appl. Sci. 2023. – URL: <https://doi.org/10.3390/app13031495> (дата обращения 04.09.2023).
29. Borthakur D., Grace V., Batchelor P. Fuzzy C-Means Clustering and Sonification of HRV Features [Электронный ресурс] // 2019 the IEEE/ACM 4th International Conference on Connected Health: Applications. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1908.07107> (дата обращения 04.09.2023).
30. Bilalpur M., Kankanhalli M., Winkler S. EEG-based Evaluation of Cognitive Workload Induced by Acoustic Parameters for Data Sonification [Электронный ресурс] // Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1808.06055> (дата обращения 04.09.2023).
31. Véron-Delor L., Pinto S., Eusebio A. Music and musical sonification for the rehabilitation of Parkinsonian dysgraphia: Conceptual framework [Электронный ресурс] // Music Technology with Swing, pp.312-326, 2018. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.07214> (дата обращения 04.09.2023).
32. Lazzarini V., Timoney J. New Methods of Formant Analysis-Synthesis for Musical Applications [Электронный ресурс] // Ubiquitous Music Workshop 2009. – URL: <http://hdl.handle.net/2027/spo.bbp2372.2009.055> (дата обращения: 04.09.2023).
33. Bardelli S., Ferretti, C., Ludovico, L. A Sonification of the zCOSMOS Galaxy Dataset [Электронный ресурс] // Proceedings of "Interactive Cultural Heritage and Arts", 2021. – URL: <https://doi.org/10.22201/ia.14052059p.2022.54.10> (дата обращения 04.09.2023).

34. *Valle A., Korol V.* For LISA. A piano-based sonification project of gravitational waves [Электронный ресурс] // Instrumentation and Methods for Astrophysics. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.04621> (дата обращения 04.09.2023).
35. *Ziemer T., Nuchprayoon N., Schultheis H.* Psychoacoustic Sonification as User Interface for Human-Machine Interaction [Электронный ресурс] // International Journal of Informatics Society 12(1), 2020, pp. 3-16. – URL: <http://www.infsoc.org/journal/vol12/12-1> (дата обращения 04.09.2023).
36. *Archer M., Hartinger M., Redmon R.* First results from sonification and exploratory citizen science of magnetospheric ULF waves [Электронный ресурс] // Space Weather, 2018. – URL: <https://doi.org/10.1029/2018SW001988> (дата обращения 04.09.2023).
37. *Casado J., Beatriz G., Poshak G.* A New Approach to Sonification of Astrophysical Data: The User Centred Design of SonoUno [Электронный ресурс] // American Journal of Astronomy and Astrophysics, 2021, Pages: 42-51. – URL: <https://doi.org/10.11648/j.ajaa.20210904.11> (дата обращения 04.09.2023).
38. *Lyu Z., Li J.* Alive: Interactive Visualization and Sonification of Neural Networks in Virtual Reality [Электронный ресурс] // 2021 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.15193> (дата обращения 04.09.2023).
39. *Funk M., Kuwabara K.* Sonification of Facial Actions for Musical Expression [Электронный ресурс] // Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, 2005. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.03223> (дата обращения: 04.09.2023).
40. *Joo W.* Graphic-to-Sound Sonification for Visual and Auditory Communication Design [Электронный ресурс] // AM '22: Proceedings of the 17th International Audio Mostly Conference. – URL: <https://doi.org/10.1145/3561212.3561214> (дата обращения 04.09.2023).
41. *Giot R., Courbe Y.* Intention - Interactive Network Sonification [Электронный ресурс] // LARAS - ISIB. – URL: http://icad.org/icad2012/imgs/icad_2012_proceedings_papers/giot_icad2012.pdf (дата обращения: 04.09.2023).
42. *Cantrell S., Winters R.* Sonification of Emotion in Social Media: Affect and Accessibility in Facebook Reactions [Электронный ресурс] // Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction. – URL: <https://doi.org/10.1145/3512966> (дата обращения: 04.09.2023).
43. *Nath S.* Hear Her Fear: Data Sonification for Sensitizing Society on Crime Against Women in India [Электронный ресурс] // arXiv:2009.14182 [cs.HC]. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.14182> (дата обращения: 04.09.2023).
44. *Dunham P., Zareei M.* The artistic use of data sonification techniques in media archaeology [Электронный ресурс] // New Zealand School of Music–TeKoki/School of Engineering and Computer Science. – URL: <http://doi.org/10.1017/S1355771822000383> (дата обращения: 04.09.2023).
45. *Евреинов Г.Е.* Исследование и разработка графического интерфейса с использованием альтернативных средств ввода-вывода : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.11 / Евреинов Григорий Евгеньевич. – Ростов-на-Дону, 1998. – 166 с.
46. *Дворянкин С.В., Нагорных И.М.* К вопросу от технологии преобразования звук - изображение – звук // Спецтехника и связь. – 2013. – 1. – С. 28–32.
47. *Степанян И.В., Хуссейн А.А., Петухов С.В.* Метод сонификации для решения механо-биологических задач // Нейронаука для медицины и психологии: XV Междунар. Междисц. конгресс. – Судак, 2019. – С. 391.
48. *Логотов А.В.* Звуковой ландшафт знания: прислушиваясь к Википедии // Праксема. Проблемы визуальной семиотики. – 2020. – № 2(24). – С. 12-24. – DOI 10.23951/2312-7899-2020-2-12-24.
49. *Мясоедов М.* Поющие солнца [Электронный ресурс] // Выставка в Москве. – URL: <http://tinyurl.com/ymewpcnk> (дата обращения: 04.09.2023).

50. *Мощенская М., Призова В.* История электронной музыки: Растения и звук. Лекция и live-перформанс «DNA Musaritmica» [Электронный ресурс] // Новая сцена, Медиацентр. – URL: <http://tinyurl.com/578b2uby> (дата обращения: 04.09.2023).
51. *Черный Е.* Построение. Первая зарубежная выставка российских саунд-артистов [Электронный ресурс] // «Sonic Cities» (в соавторстве с Г. Рогозинским). Алгоритмическая композиция. - URL: <http://tinyurl.com/tvh4esa4> (дата обращения: 04.09.2023).
52. *Морозов Д.* Sonify... Earthquakes Worldwide R x2 [Электронный ресурс] // Tagsonification. – URL: <http://tinyurl.com/bdf78uux> (дата обращения: 04.09.2023).
53. Патент № 2549298 С1 Российская Федерация, МПК В64D 45/00. Музыкально-акустический комплекс контроля высокоавтоматизированного летательного аппарата в испытательном полете : № 2014106761/11 : заявл. 24.02.2014 : опубл. 27.04.2015 / М. Б. Меликова, Ю. А. Пронин, Е. А. Кудряшова ; заявитель ОАО "Лётно-исследовательский институт имени М.М. Громова
54. *Красноскулов А.В.* Сонификация: как «звучит» ежедневная физическая активность? // Проблемы музыкальной науки. 2019. № 2. С. 111–119. DOI: 17674/1997-0854.2019.2.111-119.
55. Патент № 2715978 С1 Российская Федерация. Способ и система сонификации событий кибербезопасности : № 2019127935 : заявл. 05.09.2019 : опубл. 05.03.2020 / А. М. Кузьмин ; заявитель ПАО Сбербанк.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ — 2.3.5.

2.3.5.

М.П. Овчинцев канд. физ.-мат. наук

ФГБУ ВО НИУ «Московский государственный строительный университет»,
Институт цифровых технологий и моделирования в строительстве,
кафедра высшей математики,
6714543@rambler.ru

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ОГРАНИЧЕННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

В работе находится линейный наилучший метод приближения значений в нуле ограниченной аналитической функции, заданной в единичном круге по информации об ее значениях и значениях ее производной в заданных точках, образующих правильный многоугольник с центром в нуле. Статья состоит из четырех разделов. В первом приводятся понятия и результаты, необходимые для решения поставленной задачи. Во втором устанавливаются некоторые свойства конечного произведения Бляшке с нулями, совпадающими с этими точками. В третьем разделе определяется погрешность наилучшего метода приближения. И в четвертом вычисляются коэффициенты линейного наилучшего восстановления.

Ключевые слова: *оптимальное восстановление, линейный наилучший метод, коэффициенты линейного наилучшего метода, погрешность наилучшего метода, экстремальная функция.*

1. Введение.

Задачи оптимального восстановления для классов комплексных функций впервые были поставлены в работе К.Ю.Осипенко, [1], (см. также [2]). Затем эта проблематика получила развитие в работах Г.Г.Магарил-Ильяева [3], Р.Р.Акопяна [4],[5],[6], автора данной статьи [7],[8],[9] и других математиков. В работах этих авторов задачи оптимального восстановления изучались в классах Харди и в классах Соболева. В настоящей работе задача оптимального восстановления решается для ограниченных аналитических функций, заданных в единичном круге. В предыдущих работах были найдены общие формулы коэффициентов линейного наилучшего метода. В настоящей работе рассматривается частный случай, когда узлы образуют правильный многоугольник. Это позволяет получить коэффициенты в простом конкретном виде, что дает возможность для их практического применения в дальнейшем.

Пусть W — некоторое множество, лежащее в линейном комплексном пространстве X и L, l_1, \dots, l_n — линейные комплексные функционалы, заданные на X . Если $S(t_1, \dots, t_n)$ — любая комплексная функция, то погрешностью приближения методом S называется

$$r_n(S) = \sup_{x \in W} |L(x) - S(l_1(x), \dots, l_n(x))|.$$

Метод $S_0(t_1, \dots, t_n)$ называется наилучшим методом приближения, если

$$r_n(S_0) = \inf_S r_n(S).$$

В работе [1] доказано (при некоторых условиях на W) существование линейного наилучшего метода приближения $S_0 = \sum_{k=1}^n c_k l_k(x)$, где

c_k — некоторые комплексные числа. При этом погрешность наилучшего метода приближения можно вычислить по формуле

$$r_n(S_0) = \sup_{l_1(x)=\dots=l_n(x)=0} |L(x)|. \quad (1)$$

Пусть $K = \{z: |z| < 1\}$ – единичный круг, а $\Gamma = \{z: |z| = 1\}$ – единичная окружность. Обозначим через $B^1(K) = \{f(z): |f(z)| \leq 1, z \in K\}$ – множество аналитических функций, заданных в круге K .

Пусть задано n точек, имеющих вид

$$z_1 = R, z_2 = Re^{\frac{2\pi i}{n}}, \dots, z_n = R^{(n-1)\frac{2\pi i}{n}}, \quad (2)$$

где R – заданное число ($0 < R < 1$). Положим

$$L(f) = f(0), l_1(f) = f(z_1), l_2(f) = f'(z_1), \dots, l_{2n-1}(f) = f(z_n), l_{2n}(f) = f'(z_n).$$

Согласно работе [10], если $\omega(\zeta)$ – суммируемая на Γ функция, то выполняется следующее соотношение двойственности

$$\sup_{f \in B^1(K)} \left| \int_{\Gamma} f(\zeta) \omega(\zeta) d\zeta \right| = \min_{\varphi \in H_1} \int_{\Gamma} |\omega(\zeta) - \varphi(\zeta)| |d\zeta|, \quad (3)$$

где H_1 – класс Харди (определение классов Харди см. [11]). Существует экстремальная функция $f^*(z)$ в левой части равенства (3) ($f^*(z) \in B^1(K)$) и экстремальная функция $\varphi^*(z)$ в правой части равенства (3) ($\varphi^*(z) \in H_1$). Если $\omega(\zeta)$ является граничным значением на границе Γ мероморфной в \bar{K} функции $\omega(z)$ с полюсами β_1, \dots, β_m (каждый полюс повторен столько раз, какова его кратность), то функция

$$R(z) = f^*(z)[\omega(z) - \varphi^*(z)] \quad (4)$$

является аналитической функцией (за исключением полюсов) вплоть до границы Γ и имеет в \bar{K}

$$v = m - 1 \quad (5)$$

нулей $\alpha_1, \dots, \alpha_{m-1}$ ($|\alpha_k| \leq 1, k = 1, \dots, m - 1$). Кроме того, доказано, что (см. [11])

$$R(z) = C \frac{\prod_{k=1}^{m-1} (z - \alpha_k)(1 - \bar{\alpha}_k z)}{\prod_{k=1}^m (z - \beta_k)(1 - \bar{\beta}_k z)}, \quad (6)$$

где C – некоторая константа.

2. Некоторые свойства произведения Бляшке

Вначале заметим, что комплексные числа z_1, \dots, z_n , имеющие вид (2) удовлетворяют соотношению

$$z_1 z_2 \dots z_n = R^n (-1)^{n-1}. \quad (7)$$

В самом деле

$$\begin{aligned} z_1 z_2 \dots z_n &= R \cdot Re^{i\frac{2\pi}{n}} \cdot Re^{i\frac{4\pi}{n}} \cdot \dots \cdot Re^{i\frac{2\pi}{n}(n-1)} = \\ &= R^n e^{i\frac{\pi}{n}n(n-1)} = R^n (-1)^{n-1}. \end{aligned}$$

Обозначим через $B(z) = \prod_{k=1}^n \frac{z - z_k}{1 - \bar{z}_k z}$ – (8) конечное произведение Бляшке (здесь точки z_1, \dots, z_n имеют вид (2)). Нетрудно убедиться в том, что (см. (7)–(8)) $B(0) = -R^n$. (9)

В рассматриваемом случае произведение Бляшке $B(z)$ можно представить и в другом виде. В самом деле, так как комплексные числа z_1, \dots, z_n имеют вид (2), то (см. (8), (9))

$$\begin{aligned} (z - z_1)(z - z_2) \dots (z - z_n) &= z^n - R^n, \\ \prod_{k=1}^n (1 - \bar{z}_k z) &= \bar{z}_1 \bar{z}_2 \dots \bar{z}_n \left(\frac{1}{\bar{z}_1} - z \right) \left(\frac{1}{\bar{z}_2} - z \right) \dots \left(\frac{1}{\bar{z}_n} - z \right) = \\ &= \bar{z}_1 \bar{z}_2 \dots \bar{z}_n (-1)^n \left(z - \frac{1}{\bar{z}_1} \right) \left(z - \frac{1}{\bar{z}_2} \right) \dots \left(z - \frac{1}{\bar{z}_n} \right) = \\ &= \bar{z}_1 \bar{z}_2 \dots \bar{z}_n (-1)^n \left(z - \frac{1}{R^2} z_1 \right) \left(z - \frac{1}{R^2} z_2 \right) \dots \left(z - \frac{1}{R^2} z_n \right) = -R^n \left(z^n - \frac{1}{R^n} \right) = 1 - R^n z^n. \end{aligned}$$

Отсюда вытекает $B(z) = \frac{z^n - R^n}{1 - R^n z^n}$. (10) Нетрудно убедиться в том, что имеет место также следующее свойство конечного произведения Бляшке

$$B\left(e^{i\frac{2\pi k}{n}}z\right) = B(z), \quad k = 1, \dots, n-1.$$

Убедимся еще в справедливости равенства

$$z_k B'(z_k) = \frac{n R^n}{1-R^{2n}}. \quad (11)$$

В самом деле. Так как

$$B'(z) = \left(\frac{z^n - R^n}{1 - R^n z^n}\right)' = \frac{n z^{n-1}(1 - R^{2n})}{(1 - R^n z^n)^2},$$

$$\text{то } B'(z_k) = \frac{1}{z_k} \frac{n R^n}{1-R^{2n}}.$$

Отсюда и вытекает равенство (11).

3. Нахождение погрешности наилучшего метода приближения

Обозначим

$$F(z) = B^2(z). \quad (12)$$

Так как $F'(z) = 2B(z)B'(z)$, $F''(z) = 2(B'(z))^2 + 2B(z)B''(z)$,

то (см. (8), (12))

$$F(z_k) = F'(z_k) = 0, F''(z_k) = 2(B'(z_k))^2 \neq 0, k = 1, \dots, n \quad (13)$$

Обозначим через (см. (1))

$$r(0, z_1, \dots, z_n) = \sup_{\substack{f \in B^1(K) \\ f(z_1)=f'(z_1)=\dots=f(z_n)=f'(z_n)=0}} |f(0)| - \quad (14)$$

погрешность наилучшего метода приближения значений $f(0)$ по значениям

$f(z_1), f'(z_1), \dots, f(z_n), f'(z_n)$, где $f(z) \in B^1(K)$.

Лемма 1. Экстремальная функция $F(z)$ задачи (14) единственна с точностью до множителя $e^{i\delta}$ ($\delta \in R$) и имеет вид

$$F(z) = e^{i\delta} B^2(z) = e^{i\delta} \left(\frac{z^n - R^n}{1 - R^n z^n}\right)^2, \quad (15)$$

а погрешность наилучшего метода приближения находится по формуле

$$r(0, z_1, \dots, z_n) = R^{2n}. \quad (16)$$

Доказательство. Обозначим через

$A = \{f(z): f(z) \in B^1(K), f(z_1) = f'(z_1) = \dots = f(z_n) = f'(z_n) = 0\}$ – семейство аналитических функций, заданных в круге K . Предположим, что

$f(z) \in A$. Рассмотрим функцию $g(z) = \frac{f(z)}{B^2(z)}$.

Так как при $|z| = 1$

$$|g(z)| = \left|\frac{f(z)}{B^2(z)}\right| = |f(z)| \leq 1,$$

то $g(z) \in B^1(K)$. Обратно, если $f(z) = B^2(z)g(z)$ и функция $g(z) \in B^1(K)$,

то $f(z) \in A$. Функция $F(z)$ (см. (12)) принадлежит классу A (см. (13)). Отсюда (см. (14), (9))

$$r(0, z_1, \dots, z_n) = \sup_{f \in A} |f(0)| = \sup_{g \in B^1(K)} |B^2(0)g(0)| = R^{2n} \sup_{g \in B^1(K)} |g(0)| = R^{2n}.$$

Понятно, что экстремальная функция задачи (14) имеет вид (15) (см. (10)).

4. Вычисление коэффициентов линейного наилучшего метода

Пусть $\sum_{k=1}^n c_k f(z_k) + \alpha_k f'(z_k)$ – линейный наилучший метод.

Тогда

$$\sup_{f \in B^1(K)} \left| f(0) - \sum_{k=1}^n (c_k f(z_k) + \alpha_k f'(z_k)) \right| = r(0, z_1, \dots, z_n).$$

Перепишем последнее равенство в другом виде (см. (16))

$$\sup_{f \in B^1(K)} \left| \int_{\Gamma} \left(\frac{1}{\zeta} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{\zeta - z_k} - \sum_{k=1}^n \frac{\alpha_k}{(\zeta - z_k)^2} \right) f(\zeta) d\zeta \right| = 2\pi R^{2n}.$$

Обозначим через

$$\omega(\zeta) = \frac{1}{\zeta} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{\zeta - z_k} - \sum_{k=1}^n \frac{\alpha_k}{(\zeta - z_k)^2}. \quad (17)$$

Теорема 1. Коэффициенты линейного наилучшего метода приближения единственны и находятся по формуле

$$c_k = \frac{1 - R^{4n}}{n}, \quad (18)$$

$$\alpha_k = -\frac{(1 - R^{2n})^2}{n^2} z_k, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (19)$$

Доказательство.

Функция $R(z) = e^{i\delta} B^2(z) \left[\frac{1}{z} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{z - z_k} - \sum_{k=1}^n \frac{\alpha_k}{(z - z_k)^2} - 2\pi i \varphi^*(z) \right]$ имеет единственный полюс в точке $z=0$ и не равняется нулю в круге K (см. (4), (5), (6); $\varphi^*(z)$ – экстремальная функция в правой части равенства (3) при соответствующей функции $\omega(\zeta)$ вида (17)). Отсюда вытекает (см. (6))

$$B^2(z) \left[\frac{1}{z} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{z - z_k} - \sum_{k=1}^n \frac{\alpha_k}{(z - z_k)^2} - 2\pi i \varphi^*(z) \right] = \frac{C}{z},$$

где C – некоторое постоянное число. Если $z \rightarrow 0$, то (см. (9))

$$C = B^2(0) = R^{2n}.$$

Следовательно

$$\frac{1}{z} - \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{z - z_k} - \sum_{k=1}^n \frac{\alpha_k}{(z - z_k)^2} - 2\pi i \varphi^*(z) = \frac{R^{2n}}{z B^2(z)}. \quad (20)$$

Так как каждый нуль z_k функции $B^2(z)$ двукратный (см. (8)), то нетрудно убедиться в том, что

$$B^2(z) = ((B'(z_k)^2 + P(z))(z - z_k)^2,$$

где $P(z)$ – аналитическая функция в некоторой окрестности нуля z_k и $P(z_k) = 0$. Поэтому (см. (20), (11))

$$\begin{aligned} -\alpha_k &= R^{2n} \lim_{z \rightarrow z_k} \frac{(z - z_k)^2}{z B^2(z)} = R^{2n} \lim_{z \rightarrow z_k} \frac{(z - z_k)^2}{z (z - z_k)^2 (B'(z_k)^2 + \psi(z))} = \\ &= \frac{R^{2n} z_k}{(z_k B'(z_k))^2} = \frac{(1 - R^{2n})^2}{n^2} z_k, \quad k = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Отсюда и вытекает справедливость формул (19). После этого рассмотрим следующие функции

$$\psi(z) = \frac{z^n - R^n}{z - z_k} = z^{n-1} + z^{n-2} z_k + \dots + z z_k^{n-2} + z_k^{n-1}. \quad (21)$$

Вычислим $\psi(z_k)$ и $\psi'(z_k)$. Так как $(z - z_k)\psi(z) = z^n - R^n$, то $\psi(z) + (z - z_k)\psi'(z) = n z^{n-1}$, $2\psi'(z) + (z - z_k)\psi''(z) = n(n-1)z^{n-2}$.

Отсюда вытекает, что

$$\psi(z_k) = n z_k^{n-1} = \frac{n z_k^n}{z_k} = \frac{n R^n}{z_k}, \quad (22)$$

(впрочем, формула (22) вытекает непосредственно из формулы (21))

$$\psi'(z_k) = \frac{n(n-1)R^n}{2z_k^2}. \quad (23)$$

И, наконец, вычислим коэффициенты c_k .

Имеем (см. ((20), (22), (23)))

$$\begin{aligned}
-c_k &= R^{2n} \lim_{z \rightarrow z_k} \left(\frac{(z - z_k)^2}{z B^2(z)} \right)' = \lim_{z \rightarrow z_k} \left(\frac{(1 - R^n z^n)^2}{z \psi^2(z)} \right)' = \\
&= R^{2n} \lim_{z \rightarrow z_k} \frac{2(1 - R^n z^n)(-R^n n z^{n-1}) z \psi(z) - (1 - R^n z^n)^2 (\psi(z) + 2z \psi'(z))}{z^2 \psi^3(z)} = \\
&= -R^{2n} \lim_{z \rightarrow z_k} \frac{2(1 - R^n z^n) R^n n z^n \psi(z) + (1 - R^n z^n)^2 (\psi(z) + 2z \psi'(z))}{z^2 \psi^3(z)} = \\
&= -R^{2n} (1 - R^{2n}) \frac{2n R^{2n} \psi(z_k) + (1 - R^{2n}) (\psi(z_k) + 2z_k \psi'(z_k))}{z_k^2 \psi^3(z_k)} = \\
&= -R^{2n} (1 - R^{2n}) \frac{2n R^{2n} \left(\frac{n R^n}{z_k} \right) + (1 - R^{2n}) \left(\frac{n R^n}{z_k} + \frac{R^n n (n-1)}{z_k} \right)}{z_k^2 \left(\frac{n^3 R^{3n}}{z_k^3} \right)} = \\
&= -R^{2n} (1 - R^{2n}) \frac{2n^2 R^{3n} + (1 - R^{2n}) n^2 R^n}{n^3 R^{3n}} = -(1 - R^{2n}) \frac{n^2 R^{3n} + n^2 R^n}{n^3 R^n} = \\
&= -(1 - R^{2n}) \frac{1 + R^{2n}}{n} = -\frac{1 - R^{4n}}{n}.
\end{aligned}$$

Мы убедились в справедливости формул (18). Таким образом, линейный наилучший метод приближения единственен. При этом все коэффициенты c_k ($k = 1, \dots, n$) – одинаковые и положительные.

Список литературы

1. Осипенко К.Ю. Наилучшее приближение аналитических функций по информации об их значениях в конечном числе точек. // Математические заметки. 1976. Т.19. №1. С. 29-40.
2. Осипенко К.Ю., Стесин М.И. Математические заметки 49(4), 95-104 (1991).
3. Magaril -Ilyayev G.G., Izv. RAS. Series: Mathematics. 78(6), 83-102. (2014)
4. Акоруян Р.Р., НГ. IMM UB RAS, 25(2), 21-29 (2019).
5. Акопян Р.Р., Математические заметки, 99(2), 163-170 (2016).
6. Акоруян Р.Р., Proc. Steklov Inst. Math., 259:2 (2007), 1-11.
7. Овчинцев М.П., Гусакова Е.М. Вычисление коэффициентов линейного наилучшего метода восстановления ограниченных аналитических функций в круге. // Вестник МГСУ. 2014. № 4, С. 44-50.
8. Ovchintsev M.P., E3S Web of Conferences, 110, 01043 (2019).
9. Ovchintsev M.P., E3S Web of Conferences, 164, 02013 (2020).
10. Хавинсон С.Я. Основы теории экстремальных задач для ограниченных аналитических функций и их различные обобщения. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1981 г., - 92 с.
11. Кусис П. Введение в теорию пространств H^p . – Москва «Мир». 1984.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ — 2.3.5.

2.3.5.

Л.Н. Абдурайимов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова

ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
факультет экономики, менеджмента и информационных технологий,
кафедра прикладной информатики,
Симферополь, yulmosk@mail.com, z.seidametova@kipu-rc.ru

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ MOVX СО СЛОЖНЫМИ ТИПАМИ ДАННЫХ

В статье рассмотрена работа реактивного Flutter пакета MobX со сложными типами данных. Каждый из реактивных пакетов решает задачу обновления данных на экране без дополнительных усилий и контроля визуальных элементов. Для работы со сложными типами данных в статье приводятся три рекомендации с учетом особенностей MobX.

Ключевые слова: реактивные пакеты, Flutter, BLoC, MobX.

Одним из современных трендов разработки мобильных приложений является использование пакетов реактивного управления данными. Наиболее популярные реактивные Flutter пакеты – BLoC, Cubit, Provider, Riverpod, GetX, MobX, Redux. Каждый из пакетов имеет особенности работы со сложными типами данных, с примитивными типами данных работа пакетов стабильна. Рассмотрим одну из самых стандартных функциональностей стандартного мобильного приложения – реализацию фильтра. В статьях [1], [2], [3] представлены различные подходы к реализации реактивных архитектур приложений с помощью применения функционального реактивного программирования и пакета MobX. На ресурсе [4] собрана документация по библиотеке MobX, а также представлены некоторые примеры и решения.

Цель статьи – проанализировать и реализовать подходы для работы со сложными типами данных при использовании реактивного пакета MobX.

Постановка задачи: экран отображает список сущностей, как правило, в отдельной зоне видимости; пользователям предоставляется возможность выбрать предпочтительные свойства для списка категорий фильтра. При правильном построении сетевого слоя структура фильтра приложения получается запросом. Рассмотрим существенные для работы пакета MobX поля структуры фильтра. Эти поля представлены на рис. 1.

```
Map<String, ObjFilter> _filterStructure = {  
  'county': ObjFilter(  
    name: 'Страна',  
    values: [...]  
  ),  
  'industry': ObjFilter(  
    name: 'Индустрия',  
    values: [ObjFilterValue(  
      name: 'Здравоохранение',  
      code: 'health_care'),  
      ...  
    )]  
  )  
}
```

Рис. 1 - Поля структуры, необходимые для реализации фильтра

Для формирования запроса фильтрации сущностей используем структуру: Map<String, Set<String>> _selectedFilter = <String, Set<String>>{}; где ключ Map – это код категории, а Set<String> – коды выбранных на экране значений фильтра. Изменение сложного типа данных Map<String, Set<String>> должно реактивно обновлять экран.

Анализ обработки клика на визуальный элемент фильтра. Перейдем к созданию методов обработки формирования данных для запроса фильтрации сущностей, коды представлены на рис. 2. В категории industry выберем: Здравоохранение, Недвижимость, Энергетика. Результат первого debugPrint в методе обработки клика: StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Проверяем выбор значений в категории {industry: {health_care, real_estate, energy}}. Результат второго debugPrint в методе обработки клика: StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Сравниваем true. Принцип обновления экрана, реализуемый пакетом MobX, простой – если значение в методе, которое помечено аннотацией @readonly или @observable, и аннотацией @action, изменяет свое значение, то экран обновляется.

Инициализация представляется следующим образом: _selectedFilter = <String, Set<String>>{}. После выбора отраслей получаем _selectedFilter = {industry: {health_care, real_estate, energy}}. То есть выбор свойств категории происходит корректно.

```
part 'search_data.g.dart';
class StoreSearchData = MGStoreSearchDataBase with _StoreSearchData;
abstract class SearchDataProvider {
  Map<String, Set<String>> get selectedFilter;
  void onFilterTagTap(String catCode, String code);
  ...
}
abstract class StoreSearchDataBase with Store implements SearchDataProvider {
  ...
  @readonly
  Map<String, Set<String>> _selectedFilter = <String, Set<String>>{};
  ...
  @action
  @override
  void onFilterTagTap(String categoryCode, String code) {
    final _oldSelectedFilter = _selectedFilter;
    final filterObj = _filterStructure[categoryCode];
    var result = _selectedFilter[categoryCode] ?? <String>{};
    if (result.contains(code)) {
      result.remove(code);
    } else {
      result.add(code);
    }
    _selectedFilter.addAll({categoryCode: result});
    debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Проверяем выбор значений в категории
    ${_selectedFilter}');
    debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Сравниваем $_oldSelectedFilter
    == _selectedFilter');
  }
}
```

Рис. 2 - Обработка формирования данных для запроса сущностей

Корректность проверяется в первом debugPrint метода обработки клика. При этом, результат второго debugPrint в методе обработки клика распечатывается true, то есть с точки зрения Dart, сложный тип данных, с которым мы работаем, не изменился, и перерисовка экрана и отображение выбранных отраслей индустрии не происходят. Причина такого странного равенства в том, что сложные типы данных являются данными ссылочного типа и пока ссылка не изменится, с точки зрения dart переменная _selectedFilter не меняется. Рассмотрим три способа активизации реактивности для переменной выбора отраслей реактивности _selectedFilter.

Первый способ активизации реактивности. На рис. 3 представлены коды присвоения переменной selectedFilter значение _selectedFilter, но с новой ссылкой. Проверяем корректность работы. Результат второго debugPrint в методе обработки клика распечатывает false, но эффект изменения данных достигнут и на экране реактивным образом отобразятся выбранные отрасли. Вопрос обновления представляется строкой _selectedFilter = {..._selectedFilter}.


```

@action
@override
void onFilterTagTap(String categoryCode, String code) {
  final _oldSelectedFilter = _selectedFilter;
  final filterObj = _filterStructure[categoryCode];
  var result = _selectedFilter[categoryCode] ?? <String>{};
  if (result.contains(code)) {
    result = result.remove(code);
  } else {
    result = result.add(code);
  }
  _filterGlobal = _filterGlobal.add(catCode, result);
  debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Проверяем выбор значений в категории
  $_selectedFilter');
  debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Сравниваем $_oldSelectedFilter
  == _selectedFilter');
}

```

Рис. 3 - Присвоение переменной _selectedFilter значение с новой ссылкой

Второй способ активизации реактивности. Второй способ носит универсальный характер и может быть рекомендован для любого реактивного пакета. На рис. 4 представлен второй способ присвоения значения переменной selectedFilter.

```

import 'package:fast_immutable_collections/fast_immutable_collections.dart';
@action
@override
void onFilterTagTap(String categoryCode, String code) {
  final _oldSelectedFilter = _selectedFilter;
  final filterObj = _filterStructure[categoryCode];
  var result = _selectedFilter[categoryCode] ?? <String>{};
  if (result.contains(code)) {
    result = result.remove(code);
  } else {
    result = result.add(code);
  }
  _filterGlobal = _filterGlobal.add(catCode, result);
  debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Проверяем выбор значений в категории
  $_selectedFilter');
  debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Сравниваем $_oldSelectedFilter
  == _selectedFilter');
}

```

Рис. 4 - Второй способ присвоения переменной значения с новой ссылкой

Для получения нового ссылочного типа и исключения возможности сохранения ссылки, рекомендуется использовать immutable типы данных. Вместо Map, рекомендуется IMap, вместо Set – ISet, которые становятся доступными после подключения пакета (рис. 4).

Проверяем корректность работы. Результат второго debugPrint в методе обработки клика распечатывает false, но эффект изменения данных достигнут и на экране реактивным образом отобразятся выбранные отрасли.

Вопрос обновления решает фрагмент кода, представленный на рис. 5.

```

if (result.contains(code)) {
  result = result.remove(code);
} else {
  result = result.add(code);
}
_filterGlobal = _filterGlobal.add(catCode, result);

```

Рис. 5 - Фрагмент кода, отвечающий за обновление

Третий способ активизации реактивности. Этот способ заложен в пакете MobX на случай сложных типов данных. Наряду с аннотациями `@readonly` или `@observable` в пакете MobX предусмотрена аннотация `@alwaysNotify` (рис. 6).

```
abstract class StoreSearchDataBase with Store implements SearchDataProvider {  
    ...  
    @alwaysNotify  
    Map<String, Set<String>> _selectedFilter = <String, Set<String>>{};  
    ...  
    @action  
    @override  
    void onFilterTagTap(String categoryCode, String code) {  
        final _oldSelectedFilter = _selectedFilter;  
        final filterObj = _filterStructure[categoryCode];  
        var result = _selectedFilter[categoryCode] ?? <String>{};  
        if (result.contains(code)) {  
            result.remove(code);  
        } else {  
            result.add(code);  
        }  
        _selectedFilter.addAll({categoryCode: result});  
        debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Проверяем выбор значений в ка-  
тегории  
        ${_selectedFilter}');  
        debugPrint('StoreSearchData >> onFilterTagTap >> Сравниваем ${_oldSelectedFilter  
        == _selectedFilter}');  
    }  
}
```

Рис. 6 - Третий способ присвоения переменной значения с новой ссылкой

Проверяем корректность работы. Результат второго `debugPrint` в методе обработки клика распечатывает `false`, но эффект изменения данных достигнут и на экране реактивным образом отобразятся выбранные отрасли. Вопрос обновления в третьем способе решает смена аннотации.

Таким образом, сформулирована постановка задачи построения сетевого слоя структуры фильтра приложения. На экране пользователя в отдельной зоне видимости отображается список сущностей. В статье тремя способами представлена реализация возможности выбора предпочтительных свойств для списка категорий фильтра.

Список литературы

1. Ventura L. Analysis of Redux, MobX and BLoC and how they solve the state management problem. 2021. [E-resource] – URL: <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/190202>
2. Mezzalana L., Mezzalana L. Mobx: Simple state management // Explore the Future of the Front-End using Reactive JavaScript Frameworks and Libraries, 2018. –P. 129-158.
3. Podila P., Weststrate M. MobX Quick Start Guide. 2018. [E-resource] – URL: <https://www.packtpub.com/product/mobx-quick-start-guide/>
4. MobX. 2022. Defining data stores [E-resource] – URL: <https://mobx.js.org/defining-data-stores.html>

2.3.5.

П.О. Глущенко, Ю.В. Царев

Ярославский государственный технический университет,
Институт цифровых систем,
кафедра информационных систем и технологий,
Ярославль, tsarevyv@ystu.ru

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ НА БАЗЕ ВЫСОКОУРОВНЕВОГО ФРЕЙМВОРКА DJANGO

В представляемой работе рассматриваются процесс разработки виртуальной лабораторной работы измерительной мостовой схемы Хэя на базе высокоуровневого фреймворка Django. Отмечается преимущество использования веб-приложения для дистанционного обучения. В ходе разработки приложения было использовано сочетание набора инструментов Bootstrap, принципа DRY фреймворка Django на языке Python и Object-Relational Mapping Django, позволяющее использовать Python-объекты для взаимодействия с базой данных вместо написания сложных SQL-запросов

Ключевые слова: виртуальная лабораторная работа, фреймворк Django, измерительный мост Хэя.

Влияние пандемии COVID-19 выявило проблемы в образовательной среде, которые необходимо решать с использованием современных интернет технологий. В частности, для проведения лабораторных занятий возникла необходимость в создании виртуальных лабораторных работ, которые можно было бы выполнять удаленно. Разными рабочими коллективами решение данной проблемы было осуществлено по-разному. В статье [1] рассматривается разработка виртуальной лабораторной работы на основе программной платформы Unreal Engine 4 в среде редактора визуального программирования Blueprint. При создании была разработана 3D модель лабораторной установки в программном продукте Autodesk 3DS MAX. Интерфейс приложения был подготовлен при помощи Adobe Photoshop CS6. Лабораторная работа была использована для ознакомления студентов с номинальными статическими характеристиками контактных датчиков температуры (термопар и термометров сопротивления).

В работе [2] авторы акцентируют внимание на ключевых вопросах разработки виртуальных лабораторных работ с учетом опыта педагогической работы на кафедре физики СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Подробно рассмотрены современные средства разработки виртуальных лабораторных работ с учетом всех преимуществ и недостатков.

Группа авторов [3] осуществила разработку виртуальных лабораторных работ для электронной среды обучения университета. Разработчиками были созданы виртуальные лабораторные работы для широкой аудитории студентов, обучающихся по направлению подготовки 19.03.02 (260100.62) «Продукты питания из растительного сырья».

В целом можно отметить, что для дистанционного обучения наиболее перспективными являются виртуальные лабораторные работы, разработанные в виде веб-приложения. В такой реализации, обучающемуся дистанционно студенту, не требуется устанавливать приложение на свой компьютер, так как вся работа выполняется в интернет браузере. В данной публикации описывается подход к разработке виртуальной лабораторной работы, симулирующей работу измерительной мостовой схемы Хэя. Как уже ранее отмечалось, наиболее подходящей является реализация виртуальной лабораторной работы в виде веб-приложения.

В начале для создания дизайна лабораторной работы использовали Adobe Photoshop с его концепцией слоев. Разные части схемы были разнесены по разным слоям, что позволило независимо редактировать каждую часть, не затрагивая остальные.

Библиотека Bootstrap сыграла важную роль в создании интерфейса веб-приложения. Были использованы готовые CSS-классы и компоненты Bootstrap, чтобы сделать интерфейс понятным и эффективным. Это сильно упростило разработку и сократило количество кода, который нужно было писать вручную. Поддержка JavaScript-плагинов в Bootstrap также была полезной, так как это позволило добавить дополнительные функции к компонентам интерфейса, что сделало взаимодействие пользователя с сайтом более динамичным и интерактивным.

Веб-приложение было разработано с использованием фреймворка Django на языке Python, принцип DRY которого (Don't Repeat Yourself) поддерживал порядок и эффективность кода.

ORM (Object-Relational Mapping) Django был ключевым элементом в процессе работы с базой данных приложения. Он позволил использовать Python-объекты для взаимодействия с базой данных вместо написания сложных SQL-запросов, что сделало код более читаемым и поддерживаемым.

Была учтена важность безопасности в разработке веб-приложения и Django помог избежать многих распространенных ошибок безопасности, предоставляя безопасные по умолчанию реализации многих важных аспектов веб-разработки.

В процессе работы над приложением был использован инструмент SQLite Studio для управления базой данных SQLite. Мы использовали SQLite Studio для редактирования таблиц созданной базы данных. Были подготовлены варианты для выполнения лабораторной работы.

Измерительная мостовая схема Хэя (рис. 1) - это измерительное устройство, которое широко используется для измерения индуктивности в при метрологических испытаниях. Ее основное преимущество заключается в способности измерять значение индуктивности с высокой точностью.

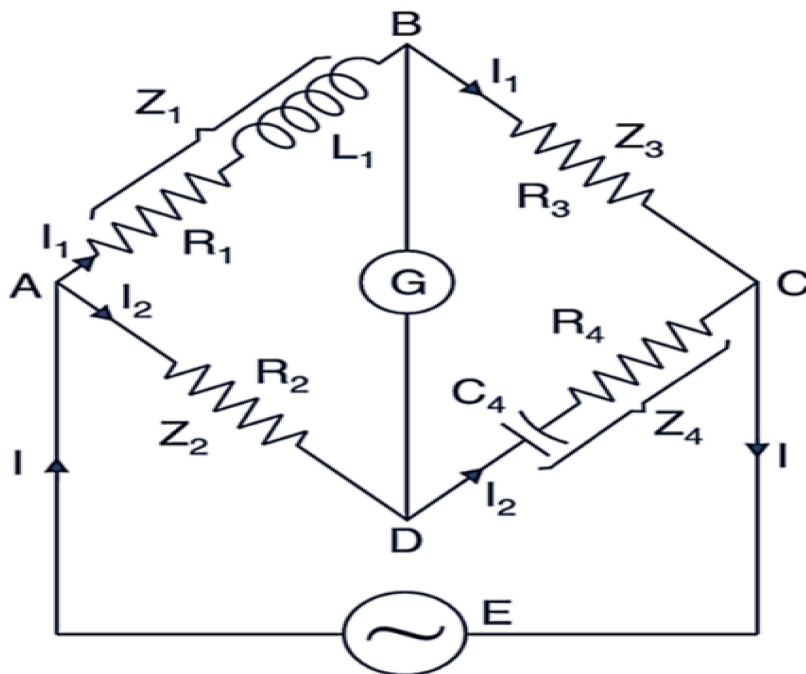


Рис. 1 – Измерительная мостовая схема Хэя

Работу уравновешенного моста Хэя (рис. 1) описывают следующие уравнения:

$$L_1 = \frac{(R_2 \times R_3 \times C_4)}{(1 + (\omega \times C_4 \times R_4)^2)}$$

Формула для определения неиндуктивного сопротивления:

$$R_1 = ((\omega \times C_4)^2 \times R_4 \times R_2 \times R_3) / (1 + (\omega \times C_4 \times R_4)^2)$$

где: L_1 – неизвестная индуктивность (Гн) с сопротивлением R_1 (Ом); R_2, R_3, R_4 – магазины сопротивлений (Ом); C_4 – магазин емкостей (Ф); ω – угловая частота синусоидального тока, вычисляемая по формуле $\omega = 2\pi f$; f – частота электрического тока (Гц).

Интерфейс разработанного приложения представлен на рисунке 2. В ходе выполнения работы учащийся устанавливает напряжение (В) и частоту (Гц) источника питания при которых происходит измерение индуктивности. В соответствии с заданием преподавателя выбирает вариант для выполнения лабораторной работы. Далее варьируя магазинов сопротивлений R_2, R_3, R_4 и емкости C_4 уравнивает измерительный мост таким образом, чтобы показания вольтметра были как можно ближе к нулю. После уравнивания измерительного моста Хэя выполняется измерение индуктивности нажатием кнопки **Измерить**. Результаты измерений считываются студентом в поле **Параметры измеренной индуктивности**.

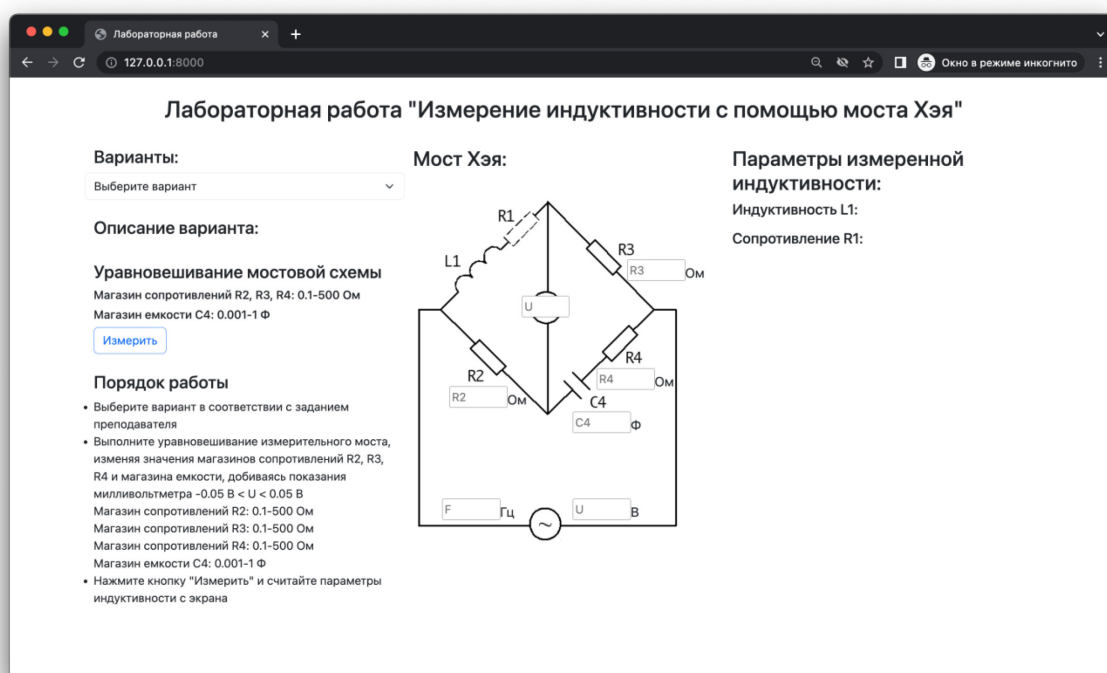


Рис. 2 – Интерфейс веб-приложения

Таким образом, было разработано веб-приложение, которое позволит проводить лабораторные занятия по дисциплине Метрология как стационарно, так и дистанционно. Виртуальная лабораторная работа «Измерение индуктивности с помощью моста Хэя» имеет функционал и описание, которые помогут понять работу измерительных мостовых схем более углубленно. Итоговая версия программы позволит студентам производить измерения индуктивности в цифровой среде, что поможет им наиболее эффективно изучать основные понятия курса Метрология и получить необходимые навыки и знания.

Список литературы

1. Вагизова М.А., Гольцев В.А., Луговкин В.В. Разработка виртуальной лабораторной работы «Исследование статической характеристики контактных датчиков температуры» / Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве : сборник докладов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2016) с международным участием (Екатеринбург, 12–13 мая 2016 г.). — Екатеринбург: УрФУ, 2016. — С. 182-186.
2. Альтмарк А.М., Лесив Н.А. Современные технологии создания виртуальных лабораторных работ для обеспечения дистанционного обучения / 76-я Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио: сб. докладов [Электронный ресурс] / СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Санкт-Петербург. 2021. – С. 178-180 с. – URL: <https://conf-ntores.etu.ru/2021/ru/> (дата обращения: 01.10.2023)
3. Тарасенко Н.А., Архипов В.Ю., Лобанов В.Г., Тимофеев Т.И. Разработка виртуальных лабораторных работ для электронной среды обучения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-4. – С. 661-664; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39600> (дата обращения: 01.10.2023)

2.3.5.

¹А.А. Головнина, ²А.В. Иващенко¹Самарский университет,²ООО «Открытый код»,

Самара, anastasiya.stolbova@bk.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ СЕТЕВОГО РИТЕЙЛА

В статье представлено разработанное программное решение «Коллаборативная биржа больших данных», осуществляющее обработку и предсказание процессов данных сетевого ритейла. Программное решение обеспечивает использование корпоративных данных, предоставляемых различными провайдерами, и данных открытых источников для построения, идентификации, комбинирования и исполнения предсказательных моделей процессов цифрового маркетинга и ритейла. В основе решения задач обработки данных сетевого ритейла лежит разработанный метод рекурсивной декомпозиции, основанный на теории анализа больших данных.

Ключевые слова: *большие данные, сетевой ритейл, искусственный интеллект.*

Аналитика больших данных является важной частью исследований в области розничной торговли. Предприятия в основном рассматривают аналитику больших данных как актив, который способствует своевременному принятию решений и получению высоких доходов [1]. Ритейлеры внедряют различные технологические инновации, включая мобильные приложения, системы радиочастотной идентификации, электронные вывески, цифровые кассовые счетчики и аналитику больших данных [2, 3]. Так, большие данные представляют сведения о взаимодействиях между сотрудниками и клиентами [4]. В [5] исследуется роль аналитики больших данных в контексте розничной торговли, проводятся исследования по анализу больших данных для выявления опыта потребителей. Продавцы изучают аналитику, чтобы получить единую картину своих операций и клиентов по онлайн-каналам или магазинам, а также сделать стратегический выбор в отношении управления розничной торговлей. В [6] результаты анализа показали, что среди различных методов анализа больших данных, используемых в розничном секторе, наиболее информативными являются методы аналитики социальных сетей. Однако большой объем данных затрудняет извлечение ценных знаний и информации [7].

Биржа больших данных представляет собой новую современную концепцию виртуальной площадки для взаимодействия поставщиков больших массивов слабоструктурированной информации, разработчиков методов и программных средств их обработки и потребителей результатов их аналитической обработки. Основным назначением биржи является практически полезный обмен данными и алгоритмами в едином информационном пространстве.

Разработанная облачная программная платформа «Коллаборативная биржа больших данных» направлена на решение задач сетевого ритейла: обработку и предсказание процессов данных сетевого ритейла, а именно биржа обеспечивает использование корпоративных данных, предоставляемых различными провайдерами, и данных открытых источников для построения, идентификации, комбинирования и исполнения предсказательных моделей процессов цифрового маркетинга и ритейла.

Отличительными особенностями разработанной программной платформы являются:

- наличие собственного языка программирования;
- подключение к разнородным источникам больших объемов слабоформализованных данных;

- агрегирование больших объемов слабоформализованных данных;
- разнообразие дэшбордов, вариантов визуализации результатов;
- графический язык программирования;
- интеллектуальный подбор алгоритмов обработки и данных;
- специализация на ритейл-аналитике;
- возможность монетизации данных, результатов аналитики, алгоритмов.

Функциональные возможности решения включают:

- возможность подключения к различным хранилищам данных поставщиков на основе систем Hadoop, YARN, Spark, Apache Storm и др.;
- возможность мониторинга данных социальных сетей;
- реализация универсальной модели данных, направленной на решение задач поставки и потребления услуг в распределенных сетях;
- возможность агрегирования данных из различных источников;
- возможность наращивания базы алгоритмов прогнозирования и анализа больших данных;
- расширяемые возможности по визуализации аналитики;
- осуществление поддержки принятия решений по результатам анализа;
- возможность создания рекомендаций по выбору данных, алгоритмов и результатов представления.

Пользователями программной платформы, а именно участниками биржи данных являются:

1) Поставщики данных – предоставляют доступ к данным, хранящимся на их серверах. Поставщиками данных могут являться банки, торговые сети, социальные сети. Разработанная платформа предоставляет следующие возможности для поставщиков данных: поиск и сравнение перспективных потребителей данных, безопасное предоставление доступа к данным, монетизация накопленных данных.

2) Потребители данных – покупают доступ к данным, имеющимся на бирже: целым наборам данных, отдельным полям и таблицам баз данных. Потребителями данных могут являться, например, поставщики товаров и услуг. Разработанная платформа предоставляет следующие возможности для потребителей данных: использование наиболее эффективных способов решения задач, выбор и агрегация данных для решения имеющейся задачи, поиск наиболее выгодных поставщиков данных и алгоритмов.

3) Разработчики алгоритмов – разрабатывают алгоритмы анализа больших данных, позволяющие решить ту или иную задачу сетевого ритейла. Разработчиками алгоритмов могут являться, например, IT-компании, инженеры Big Data, аналитики и научные исследователи. Разработанная платформа предоставляет следующие возможности для разработчиков: выбор наиболее подходящих данных для обучения алгоритмов, безопасное предоставление доступа к разработанным алгоритмам, монетизация разработанных алгоритмов.

В основе решения задач обработки данных сетевого ритейла лежит разработанный метод рекурсивной декомпозиции, основанный на теории анализа больших данных [8].

Основные модули разработанной облачной программной платформы:

1) Модуль интеграции с коллаборативной биржей больших данных предназначен для интеграции хранилищ поставщиков данных, построенных на базе разных систем с коллаборативной биржей больших данных.

2) Модуль управления хранением и обработкой данных предназначен для возможности управления загруженными данными поставщиков.

3) Модуль интерфейса и транслятора запросов представлен конструктором проектов и предназначен для составления запросов на разработанном предметно-ориентированном языке программирования при помощи графического редактора.

Облачная программная платформа позволяет решить одну из задач сетевого ретейла, а именно обоснование программы лояльности многопрофильного ритейлера, на основе персональных предпочтений пользователей и их отражения в социальных сетях.

Для обоснования программы лояльности многопрофильного ритейлера необходимы данные о группах товаров, которые ритейлер предлагает своим покупателям. В зависимости от предлагаемых групп товаров магазины ритейлеров посещают различные группы покупателей, выделенные по их предпочтениям, например: молодые родители, приверженцы правильного питания, вегетарианцы, спортсмены и прочие категории. Для каждой группы покупателей необходимо определить облако тегов, по которым тот или иной покупатель, состоящий в программе лояльности, может быть отнесен к той или иной группе на основе анализа его аккаунта в социальных сетях.

В качестве входных данных для решения поставленной задачи были выбраны два набора данных:

Набор Rossman, содержащий данные о продажах в 1115 магазинах одноименной сети и сведения о продаваемых группах товаров;

Набор VK, содержащий данные о постах пользователей в социальной сети «ВКонтакте».

На рисунке 1 представлен пример запроса, составленного для решения задачи.

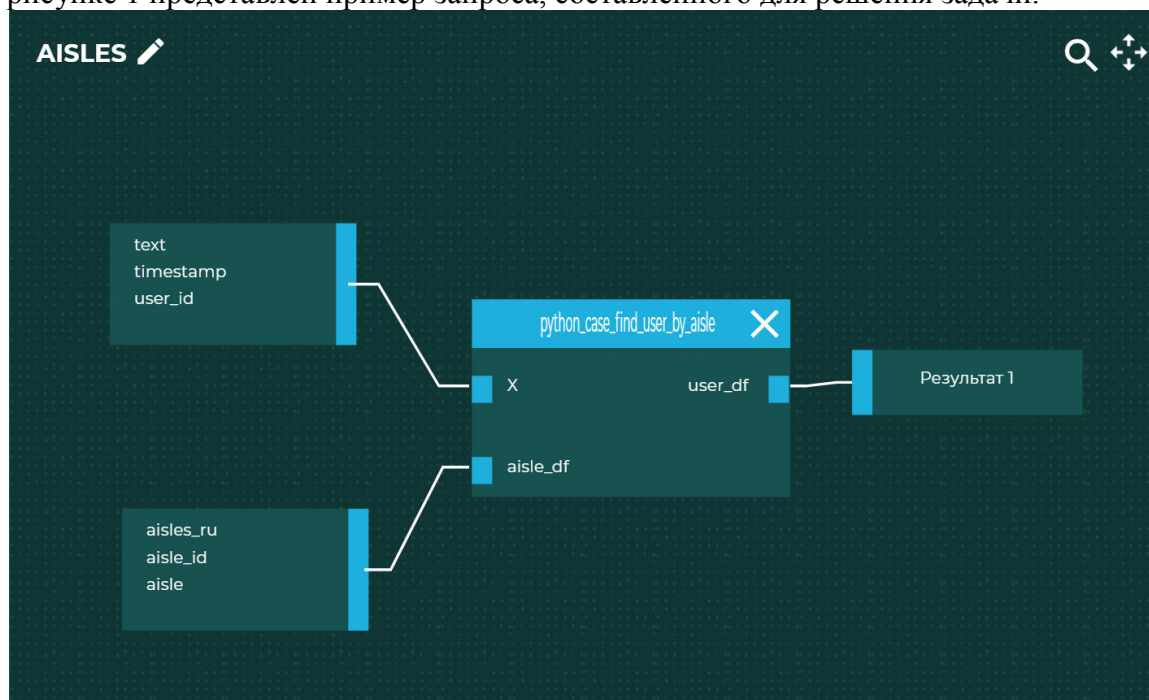
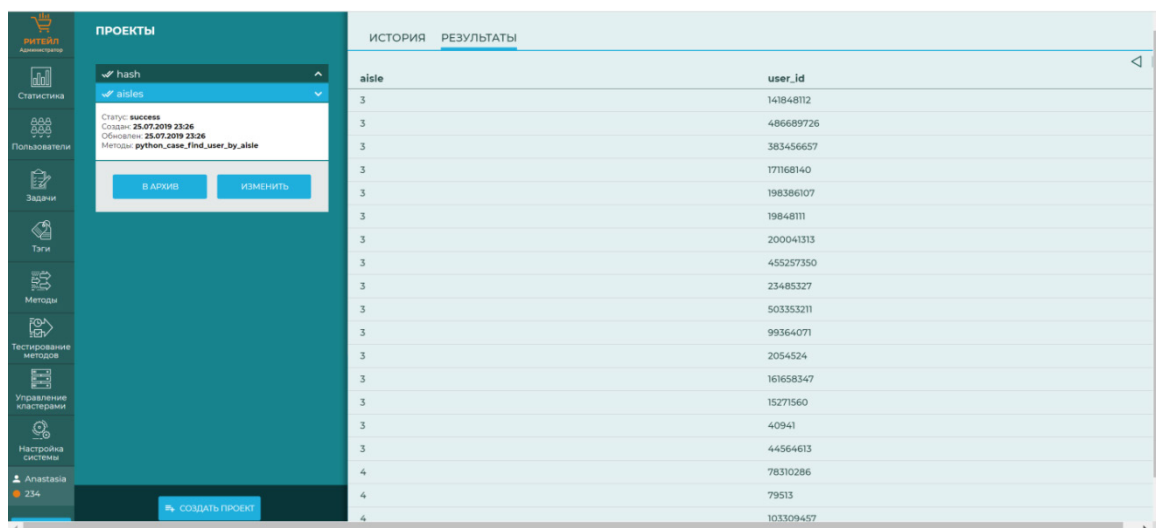


Рис. 1 – Запрос на решение задачи

Результатом работы данного запроса является список пользователей, которые заинтересованы в покупке товаров по выбранным группам товаров с указанием группы (рисунок 2).



aisle	user_id
3	141848112
3	486689726
3	383456657
3	171168140
3	198386107
3	19848111
3	200041313
3	455257350
3	23485327
3	503353211
3	99364071
3	2054524
3	161658347
3	15271560
3	40941
3	44564613
4	78310286
4	79513
4	103309457

Рис. 2 –Результаты работы проекта

Анализируя полученные результаты, ритейлер формирует персональные предложения для наиболее подходящих клиентов. В рассмотренном примере осуществлен поиск пользователей для следующих групп товаров: 3 (energy granola bars), 4 (instant foods), 5 (marinades meat preparation). На рисунке 2 показано, что для покупателя с номером 141848112 можно сформировать предложение по товарам из группы 3 (energy granola bars), а для покупателя с номером 78310286 – 4 (instant foods).

По итогам применения модуля анализа данных и машинного обучения к результатам работы проекта также получены следующие выходные данные:

набор популярных хэштегов у выбранной аудитории клиентов (рисунок 3);

набор численных оценок популярности различных групп товаров в рекомендуемых скидках в рамках программы лояльности (рисунок 4).

Полученный набор популярных хэштегов (рисунок 3) позволяет сделать вывод о наличии популярной тенденции «вегетарианство» среди выбранной группы клиентов. Предложенные группы товаров в программе лояльности (рисунок 4) отражают наиболее популярную тенденцию, присутствующую в интересах клиентов.

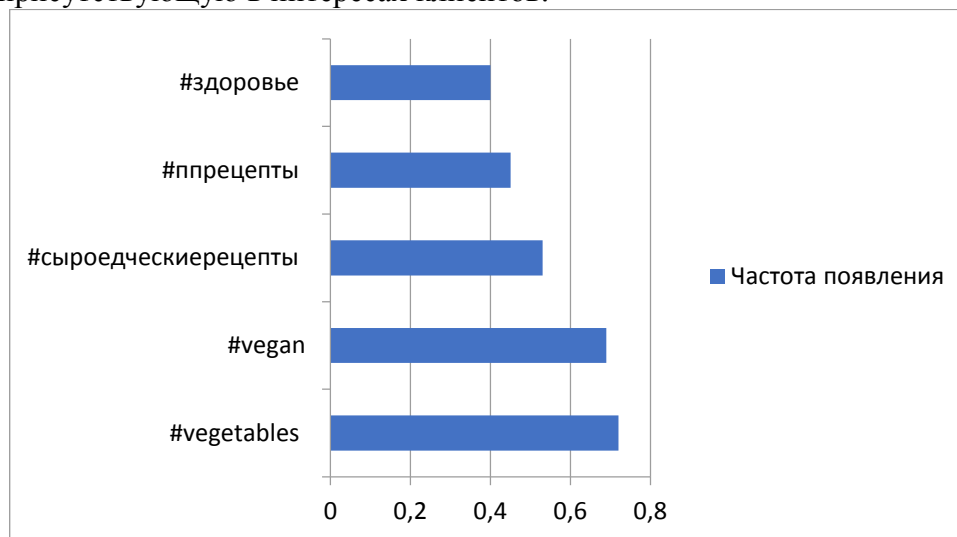


Рис. 3 – Популярные хэштеги в социальной сети для клиентов программы лояльности



Рис. 4 – Предложенные группы для формирования программы лояльности

Список литературы

1. *Wahab S.N. et al.* Big data analytics adoption: an empirical study in the Malaysian warehousing sector //International Journal of Logistics Systems and Management. – 2021. – Т. 40. – №. 1. – С. 121-144.
2. *Almaiah M.A., Nasereddin Y.* Factors influencing the adoption of e-government services among Jordanian citizens //Electronic Government, an International Journal. – 2020. – Т. 16. – №. 3. – С. 236-259.
3. *Volk M. et al.* Identifying similarities of big data projects—a use case driven approach //IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 186599-186619.
4. *Baig M.I., Shuib L., Yadegaridehkordi E.* A model for decision-makers' adoption of big data in the education sector //Sustainability. – 2021. – Т. 13. – №. 24. – С. 13995.
5. *Youssef M.A. E.A., Eid R., Agag G.* Cross-national differences in big data analytics adoption in the retail industry //Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – Т. 64. – С. 102827.
6. *Sazu M.H., Jahan S.A.* How big data analytics impacts the retail management on the European and American markets //CECCAR Business Review. – 2022. – Т. 3. – №. 6. – С. 62-72.
7. *Volk M. et al.* Identifying similarities of big data projects—a use case driven approach //IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 186599-186619.
8. *Иващенко А.В.* Рекурсивная декомпозиция в бирже больших данных на примере анализа покупательской активности пользователей социальных сетей / А.В. Иващенко, А.А. Столбова / Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 4(32). – С. 5-15. ISSN 2227-8486

2.3.5.

А.В. КривошеевООО «Открытый код»,
Самара, arkas19@gmail.com**АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

В статье рассматривается актуальная научно-техническая задача комплексирования автономных искусственных нейронных сетей в интеллектуальной системе распознавания образов, способной адаптироваться к меняющимся внешним условиям эксплуатации. На основе метода мультиагентного ансамблирования интеллектуальных компонентов предложен новый алгоритм распределения задач в адаптивной системе распознавания образов. Предложенное решение было использовано в мобильном приложении для автоматизированной фиксации показателей электросчетчиков.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, нейронные сети, компьютерное зрение, мультиагентный подход.*

Современные разработки в области искусственного интеллекта предоставляют широкие возможности в различных сферах человеческой деятельности. Наиболее значимые результаты достигаются в области технологий компьютерного зрения и распознавания образов [1, 2] на основе искусственных нейронных сетей, направленных на развитие существующих приложений новыми возможностями сбора, обработки и управления данными.

Требование одновременного учета большого количества признаков в данных приводит к необходимости перехода от простого поиска и статистического анализа данных к более сложному интеллектуальному анализу. На сегодняшний день в качестве наиболее популярного подхода к такому анализу используется подход на основе мультиагентных технологий [3, 4]. Каждый агент вносит свой вклад в общее дело, решая некоторую часть большой задачи. Если задача сложная, то агентов может потребоваться большое количество, либо же придется использовать более сложных, комплексных агентов, например, использующих нейронные сети. Такую задачу не получается решить на одном высокопроизводительном устройстве, и необходимо строить системы распределенных вычислений. Координацией агентов в распределенной сетевой среде обычно занимается специальный агент – агент-координатор (Faciliator).

Основными моделями поведения агента-координатора для распределения задач и выбора агентов в многоагентной среде являются: аукцион (выбор агентов осуществляется после опроса/торга), набор правил (агенты выбираются автоматически на основании правил) и использование всех доступных агентов (выбираются все доступные агенты, из их результатов отбираются лучшие). Перспективной является реализация новых моделей поведения на основе нейросетевых технологий [5, 6].

Такие модели могут быть основаны на многослойных перцептронах. Но более перспективным является применение рекуррентных нейронных сетей (Recurrent neural network, RNN) с использованием управляемые рекуррентных блоков (Gated Recurrent Units, GRU), так как блоки GRU позволяют более эффективно обрабатывать длинные последовательности с информацией, чем классическая реализация RNN. Применение рекуррентных нейронных сетей позволяет агенту-координатору находить скрытые связи в поступающих данных и использовать их для решения своих задач.

Однако, несмотря на прогресс в области построения распределенной обработки данных с помощью комбинированной реализации различных нейронных сетей, проблема

динамического ансамблированию нейронных сетей в распределенной системе искусственного интеллекта в настоящее время не решена. Для решения этой задачи предложен метод мультиагентного ансамблирования интеллектуальных компонентов адаптивной системы распознавания образов [7, 8].

Специфика мультиагентного ансамблирования интеллектуальных компонентов распределенной системы распознавания образов состоит в обеспечении автономного активного поведения отдельных программных агентов, нацеленных на идентификацию и классификацию встречающихся объектов. Основная идея при создании мультиагентной архитектуры состоит в том, чтобы разделить систему на распределенные части с автономным поведением, которые будут активно взаимодействовать в поисках наилучшего сочетания вариантов обработки данных для решения исходной проблемы. С точки зрения реализации нейронных сетей на практике такой подход дает возможность комбинировать несколько решений вместо обучения одной нейронной сети. Архитектура такого решения представлена на Рис. 1.

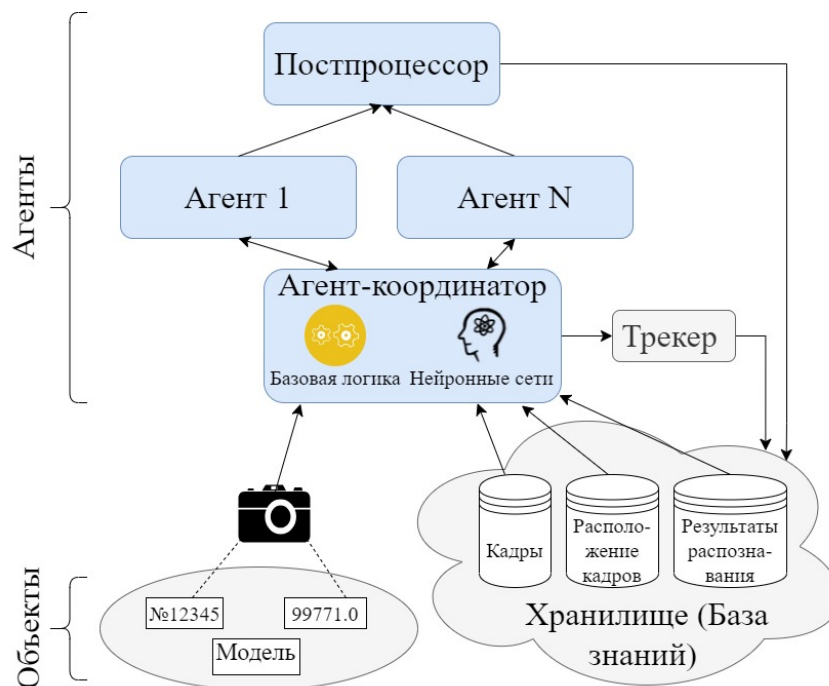


Рис. 1 - Архитектура мультиагентной системы распознавания образов

Для реализации взаимодействия интеллектуальных компонентов был разработан следующий алгоритм распределения задач в адаптивной системе распознавания образов.

Пусть данные с условных датчиков D поступают на входы выбранных агентов $a_l, l = \overline{1, L_{\text{выбр}}}$. Агенты a_l на выходе возвращают список объектов b_i с характеристиками w_{ij} , для каждого объекта возвращается вероятность его нахождения p_i :

$a_l(D) \rightarrow \{b_i, \{w_{ij}\}, p_i\}$ - агент обрабатывает свойственным ему образом входные данные и возвращает список найденных объектов.

Постпроцессор pp проверяет списки полученных объектов $\{b_i, \{w_{ij}\}, p_i\}$ на взаимное соответствие, убирает нерелевантные, а также, при необходимости добавляет к объектам дополнительные характеристики. Получившиеся объекты заносятся в базу знаний:

$$pp(\{b_i, w_{ij}, p_i\}) \rightarrow \{b_i^*, w_{ij}^*, p_i^*\}$$

Объект b_i удаляется как нерелевантный, если

$$\exists j: \begin{cases} w_{ij} \notin [w_{ij}^{\min}, w_{ij}^{\max}], \text{ если } w_{ij} - \text{числовой признак} \\ w_{ij} \notin \{w_{ij}^{\text{norm}}\}, \text{ если } w_{ij} - \text{категориальный признак} \end{cases}$$

w_{ij}^{\min} - минимальное возможное значение для признака w_{ij} объекта b_i ,

w_{ij}^{\max} - максимально возможное значение для признака w_{ij} объекта b_i ,

$\{w_{ij}^{\text{norm}}\}$ - список нормальных значений для признака w_{ij} объекта b_i .

Объект b_i удаляется как взаимоисключающий, если в списке $\{b_i, w_{ij}, p_i\} \exists k \neq i: p_i < p_k$ и $\forall j: w_{ij} \simeq w_{kj}$

Для ряда объектов, при необходимости, постпроцессором могут быть достроены дополнительные характеристики на основе определенных агентом характеристик:

$$\exists i_k \in \{i_1, i_2, \dots, i_N\}: w_{i_k}^* = F(\{w_{i_k, j}\}), \quad (1)$$

где N – количество объектов, у которых можно/нужно достраивать признаки, $w_{i_k}^*$ – новый признак объекта, $F(\{w_{i_k, j}\})$ – функция для построения нового признака на основе существующих признаков $\{w_{i_k, j}\}$.

Существует ряд признаков w_{ij} , положение/значение которых зависит непосредственно от исходных данных D_k . Трекер tr следит за изменением характеристик/положения/ у объектов, возвращает дельту изменения признака на основе изменения исходных данных:

$$\forall i \exists h \in \{h_1, h_2, \dots, h_L\}, \exists m \in \{m_1, m_2, \dots, m_L\}: tr(D_h^{t^{pred}}, D_h^t) \rightarrow \Delta w_{im}^{t^{cur}} \quad (2)$$

где t^{cur} – текущее значение времени, t^{pred} – предыдущее значение времени, L – количество доступных к отслеживанию исходных данных/признаков.

Если $\exists m: \Delta w_{im}^{t^{cur}} > \Delta w_{im}^{crit}$, где Δw_{im}^{crit} – критическое значение для признака w_{im} , то трекер передает сигнал на координатор для сброса сбора сведений.

База знаний bz принимает список объектов $\{b_i, \{w_{ij}\}, p_i\}_t$ из постпроцессора и данные по изменению характеристик $\Delta w_{im}^{t^{cur}}$ из трекера. Ее цель – по списку объектов найти окончательный результат.

Для выполнения поставленной цели bz выполняет следующие действия:

1) Обновление характеристик w_{ij} у объектов за предыдущие периоды времени:

$$\exists m \in \{m_1, m_2, \dots, m_L\}: \forall i \text{ и } \forall t < t^{cur} \text{ если } w_{im}^t \in \{w_{ij}\}_t, \\ \text{то } \begin{cases} w_{im}^t = w_{im}^t + \Delta w_{im}^{t^{cur}}, \text{ если } w_{ij} - \text{числовой признак} \\ w_{im}^t = f(w_{im}^t, \Delta w_{im}^{t^{cur}}), \text{ если } w_{ij} - \text{категориальный признак} \end{cases} \quad (3)$$

где t^{cur} – текущий момент времени,

f – заранее заданная функция по изменению категориальных признаков.

2) Повышение вероятности p у объектов, которые на протяжении времени t^* не исчезали и не меняли своих характеристик:

Введем функцию идентификации объектов I :

$$I(b_1, b_2) = \begin{cases} 1, \text{ если } p(b_1, b_2) \geq p^* \\ 0, \text{ если } p(b_1, b_2) < p^* \end{cases},$$

где p^* – пограничное значение вероятности.

Тогда если $\exists b_i^*: \int_{t^{cur}-t^*}^{t^{cur}} \frac{I(b_i^t, b_i^*)}{t^*} dt \geq p^*$, то установим $p_i = 1$ и $b_i = b_i^*$ в каждом i -том элементе списка $\{b_i, \{w_{ij}\}, p_i\}_t$, b_i^* – объект, максимально похожий на объекты b_i^t для $t \in [t^{cur} - t^*, t^{cur}]$, t^* – период времени, за который рассматриваются объекты.

3) Применения ряда критериев K на обновленных исторических данных:

Имеем список $\{b_i, \{w_{ij}\}, p_i\}_t$ и ряд критериев по поиску результата $K_x \in \{K_1, K_2, \dots, K_X\}$

$$\forall x \in [1, 2, \dots, X]: K_x(\{b_i, \{w_{ij}\}, p_i\}_t) \rightarrow k_{xt}, \quad (4)$$

$k_{xt} \in [0, 1]$ – коэффициент нахождения результата критерием K_x

Если $k_{xt} > k^*$, считаем, что результат найден. По умолчанию $k^* = 2/3$.

Если результат не найден, то продолжаем собирать данные.

Интеграл изменения по времени результатов (распознавания) должен быть больше k_x^{**} , где значение k_x^{**} зависит от критерия K_x .

$$\forall x \in [1, 2, \dots, X]: \int_{t^{cur}-t^*}^{t^{cur}} |K'_x| dt = \int_{t^{cur}-t^*}^{t^{cur}} \text{sign}(K'_x) * \frac{dK_x}{dt} dt = \int_{K_x(t=t^{cur}-t^*)}^{K_x(t=t^{cur})} \text{sign}(K'_x) dK_x \geq k_x^{**} \quad (5)$$

Смысл этого выражения состоит в том, что критерии должны постоянно меняться, причем не обязательно улучшаться, иначе процесс или встает на паузу или начинается заново.

Предложенное решение было использовано в специализированном мобильном приложении для автоматизированной фиксации показателей электросчетчиков путем фотографирования показаний, распознавания и передачи их в центр обработки данных, распознавания и оперативного анализа сотрудниками региональной энергораспределительной компании.

При реализации централизованной архитектуры сбора данных и распознавания образов мобильные устройства не всегда обеспечивают стабильную связь с центральным сервером, к тому же возникают проблемы с производительностью на едином сервере. Для решения этих проблем было решено передать процесс распознавания с центрального сервера на специализированные автономные распознаватели. Эти модули могут быть развернуты либо на смартфонах инспекторов, либо на выделенных серверах в облаке. В результате была разработана архитектура распределенного распознавания показаний на основе реализации предиктивного оркестратора.

Для сравнения модулей между собой был собран тестовый набор данных, включающий 138 изображений цифровых счетчиков (всего 777 знаков) и 95 изображений аналоговых счетчиков (всего 534 знака). Результаты распознавания с использованием централизованной и мультиагентной архитектуры приведены на Рис. 2.

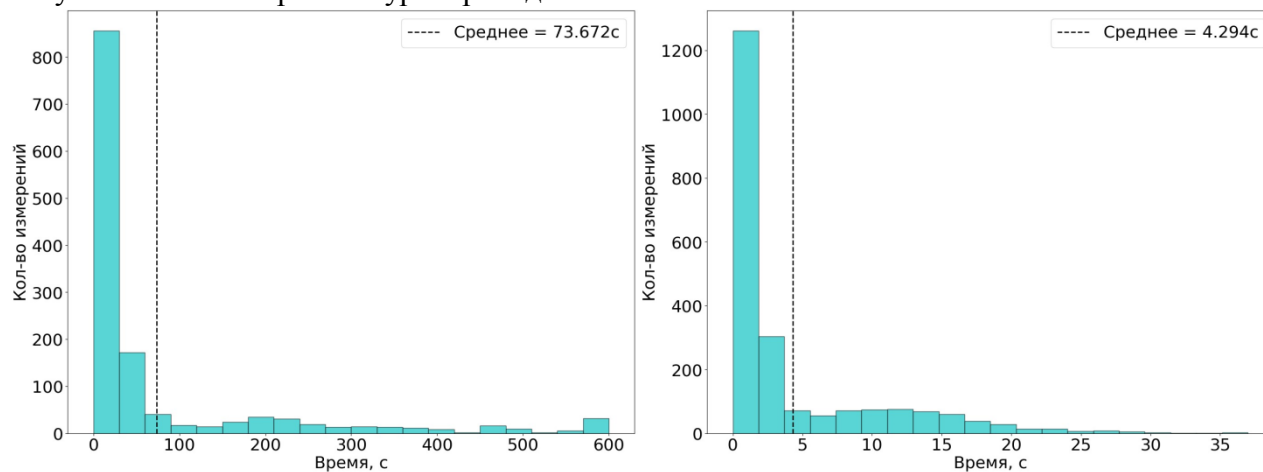


Рис. 2 - Распределение времени распознавания показаний счетчика у централизованной (слева) и мультиагентной (справа) архитектуры

Таким образом, реализация мультиагентного ансамблирования нейронных сетей позволяет сократить время распознавания и расширить области применения интеллектуальных систем компьютерного зрения.

Список литературы

1. *Singh C.* Machine learning in pattern recognition // *European Journal of Engineering and Technology Research*. – Vol. 8(2). – 2023. – pp. 63 – 68
2. *Abiodun O., Jantan A., Omolara O., Dada K., Umar A., Linus O., Arshad H., Aminu Kazaure A., Gana U., Kiru M.* Comprehensive review of artificial neural network applications to pattern recognition // *IEEE Access*, 2019. 10.1109/ACCESS.2019.2945545.
3. *Julián V., Botti V.* Multi-agent systems // *Applied Sciences*. – Vol. 9. – 2019. - 1402. 10.3390/app9071402
4. *Dorri A., Kanhere S., Jurdak R.* Multi-agent systems: a survey // *IEEE Access*. – Vol. 6. – 2018. - pp. 1-1. 10.1109/ACCESS.2018.2831228
5. *Quteishat A., Lim C.P., Tweedale J., Jain L.C.* A neural network-based multi-agent classifier system // *Neurocomputing*, vol. 72, issues 7–9. – 2009. - pp. 1639 – 1647
6. *Asadi R., Mustapha N., Sulaiman M.* A framework for intelligent multi agent system based neural network classification model // *International Journal of Computer Science and Information Security*, vol. 5, no. 1. – 2009. - pp. 168 – 174
7. *Иващенко А.В., Кривошеев А.В.* Модель ансамблирования интеллектуальных компонентов системы компьютерного зрения на основе рекуррентной нейронной сети // *Научно-технический вестник Поволжья*. - № 6. - 2022. – с. 164 – 167
8. *Иващенко А.В., Кривошеев А.В.* Мультиагентное ансамблирование интеллектуальных компонентов распределенной системы распознавания образов // *Системы управления и информационные технологии*. - № 1 (91). - 2023. – с. 36 – 42

2.3.5.

¹Нгуен Тхи Тху, ²Р.С. Зарипова, ¹Нгуен Фук Хау¹Университет Шао-До, Чи Линь, провинция Хай Зыонг, Вьетнам,²Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия,¹thunt832212@gmail.com, ²zarim@rambler.ru

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИГРЫ T-REX НА ЯЗЫКЕ PYTHON

В настоящее время любой, кто использовал браузер Google Chrome, знает игру с динозавром, который преодолевает препятствия каждый раз, когда теряется интернет-сигнал. Запрограммировать такую игру с прыжками несложно, важна идея игры T-Rex. Эта статья раскроет секреты программирования этой игры на языке Python.

Ключевые слова: игра, программирование, Python, T-rex, PyGame.

Python – это язык программирования, широко используемый в веб-приложениях, разработке программного обеспечения и машинном обучении [1]. Разработчики используют Python, потому что он эффективен, прост в освоении и может работать на различных платформах. Разработчики также используют широкий спектр платформ Python, которые предоставляют все необходимые инструменты для быстрого и простого создания приложений [2]. PyGame – конкретный пример библиотеки с открытым исходным кодом, которая позволяет программистам создавать игровые приложения [3]. PyGame построен на библиотеке SDL, которая позволяет напрямую взаимодействовать с компьютерным оборудованием для рисования графики и обработки звука, поддерживает кроссплатформенность и работает с Windows, macOS и Linux.

Рассмотрим поэтапно процесс программирования игры T-Rex.

1. Установка Thonny и PyGame. Прежде всего нужно скачать среду разработки Thonny и запустить установочный файл (рис.1). Далее для установки PyGame в Thonny вводим команду «pip install pygame» (рис. 2).

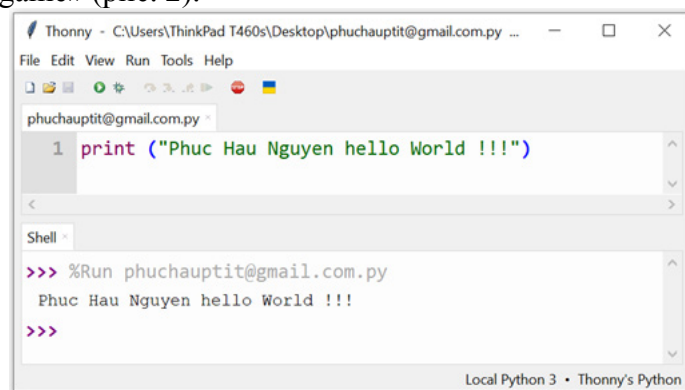


Рис. 1 – Интерфейс среды разработки Thonny после установки

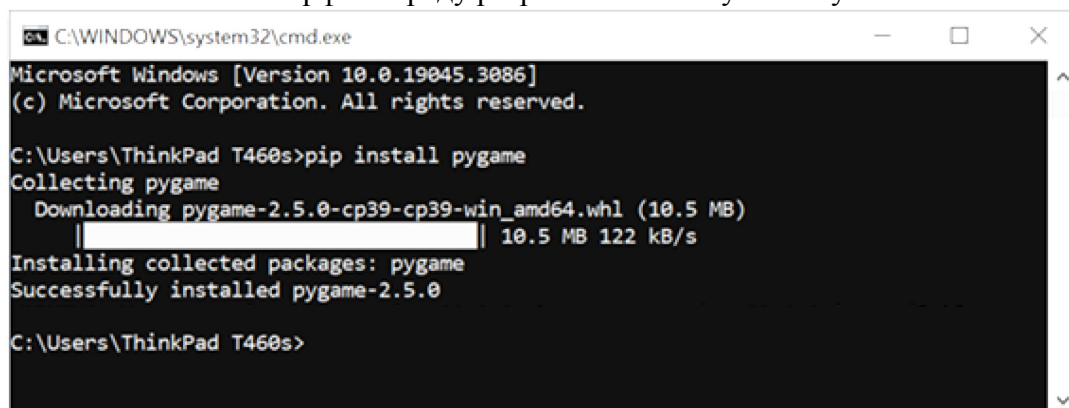


Рис. 2 – Установка PyGame

2. Принцип работы игры. Когда игра начинается, запускается цикл, который будет выполняться на протяжении всей игры, пока игрок не выйдет из игры. В каждом цикле будут происходить 3 основных события: ввод данных от игрока путем нажатия клавиши пробела, обновление параметров игры и рисование персонажей на экране. В игре T-Rex Jump координаты динозавра будут меняться с каждым циклом или координаты кактуса будут перемещаться в направлении динозавра. После обновления параметров игры, к которым относятся координаты и скорость персонажа, количество очков и т.д., нужно «вытянуть» всех персонажей из окна игры. После завершения цикла нужно перерисовать все символы с новыми координатами. Кроме того, совершенно особый параметр, который незаменим в PyGame, – это таймер. Он помогает контролировать частоту итераций цикла, достаточную для завершения всех вышеперечисленных процессов, прежде чем перейти к новому циклу.

3. Реализация кода игры. Импортируем две библиотеки Python:

```
import pygame # импорт библиотеки PyGame  
import random # импорт генератора случайных чисел
```

Определяем константы в игре. Т. к. эти константы будут использоваться многократно, то при любом изменении их значений нужно менять только одну позицию. Стоит отметить, что константы пишутся с заглавной буквы, чтобы отличить их от других переменных в игре.

```
WIDTH = 600 # width of our game window  
HEIGHT = 600 # height of our game window  
FPS = 30 # frames per second
```

Инициализируем имя программы:

```
pygame.init()  
pygame.display.set_caption("T-REX")
```

Задаем размер окна и инициализируем таймер:

```
screen = pygame.display.set_mode((WIDTH, HEIGHT))  
clock = pygame.time.Clock()
```

Создание игрового цикла с использованием оператора *while loop*:

```
running = True  
while running:  
# Data from players  
# Update game parameters  
# Draw objects to the game screen
```

Чтобы сделать игру более интересной, требуется контроль скорости выполнения всего цикла (FPS – кадры в секунду). Устанавливаем таймер:

```
running = True  
while running:  
clock.tick(FPS)  
# Data from players  
# Update game parameters  
# Draw objects to the game screen  
pygame.display.flip()
```

Выход из игры путем нажатия кнопки выхода из окна игры описывается следующим кодом в игровом цикле:

```
for event in pygame.event.get():  
# check for closing window  
if event.type == pygame.QUIT:  
running = False
```

4. Рендеринг. Сначала устанавливаем цвет и цветовой код. В программировании игр цветовое кодирование является очень важной частью, т.к. оно помогает игрокам различать разные символы, когда они появляются на игровом экране [4]. Каждый из трех основных цветов может иметь значение от 0 (выкл.) до 255 (вкл.), поэтому для каждого из трех основных цветов существует 256 различных вариаций [5]. Некоторые из часто используемых

цветовых кодов в PyGame нужно объявить как константы и вызывать их только тогда, когда они нужны. Далее устанавливаем координаты объекта. Начало координат в PyGame будет находиться в верхнем левом углу окна игры. Допустим, рисунок под прямоугольным объектом будет иметь координаты 50 пикселей по оси X и 50 пикселей по оси Y и размеры 40×30 (рис. 3).

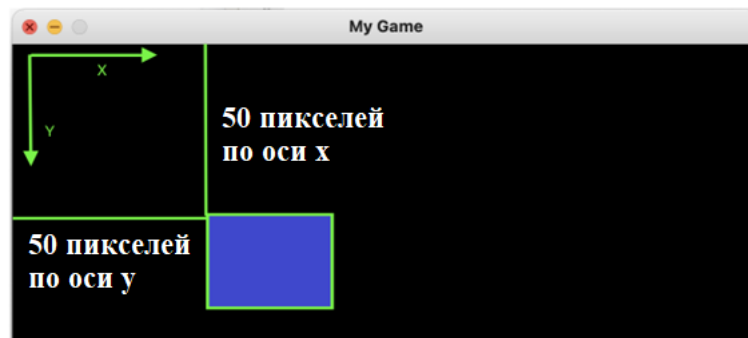


Рис. 3 – Рисование в PyGame

Нарисуем круги и квадраты в окне игры – условные персонажи (рис. 4). Рисуем синий квадрат с координаты (50, 50) размером 60х60 пикселей и красный круг с координаты (200, 200) радиусом 75 пикселей:

```
pygame.draw.rect(screen, RED, (50, 50, 60, 60))
pygame.draw.circle(screen, BLUE, (200, 200), 75)
```

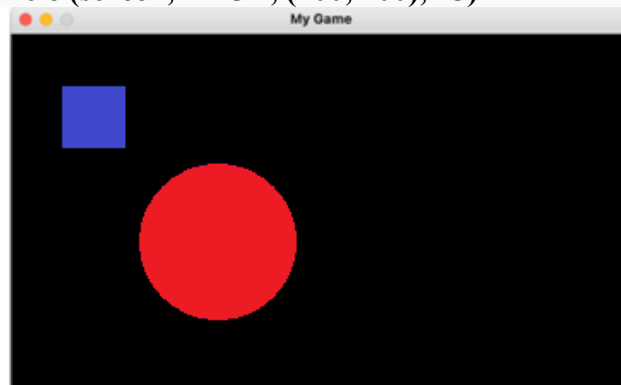


Рис. 4 – Результат после рисования круга и квадрата

После выполнения всех этапов получаем следующий код:

```
import pygame
import random
WIDTH = 600
HEIGHT = 600
FPS = 30 # Frames per second
WHITE = (255, 255, 255)
BLACK = (0, 0, 0)
RED = (255, 0, 0)
GREEN = (0, 255, 0)
BLUE = (0, 0, 255)
pygame.init()
pygame.mixer.init()
screen = pygame.display.set_mode((WIDTH, HEIGHT))
pygame.display.set_caption("Game")
clock = pygame.time.Clock()
# Game loop
running = True
while running:
    clock.tick(FPS)
    for event in pygame.event.get():
```

```
if event.type == pygame.QUIT:
    running = False
# Data from players
# Update game parameters
# Draw objects to the game screen
screen.fill(BLACK)
pygame.draw.rect(screen, RED, (50, 50, 60, 60))
pygame.draw.circle(screen, BLUE, (200, 200), 75)
pygame.display.flip()
pygame.quit()
```

Таким образом, используя конкретные инструкции, представленные в статье, можно легко создавать игры на языке Python. Очевидно, что Python – популярный язык программирования, который не является синтаксически сложным. Даже если не изучать глубоко математику и программирование, все равно можно создавать свои собственные игры.

Список литературы

1. Салтанаева Е.А., Эшлиоглу Р.И., Бекетова С.И. Цифровые компетенции как обязательная компонента высшего образования / Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14. № 2-2. С. 152-156.
2. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Цифровые игры как способ обучения / Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С.126-129.
3. <https://github.com/vicboma1/T-Rex-Game/tree/master/Unity/Sounds>
4. Филимонова Т.К., Федосеева Е.В. Применении технологий гемификации на практических занятиях в техническом вузе / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 3(29). С. 102-104.
5. Кривоножкин К.Е., Зарипова Р.С. Особенности применения компьютерной графики в учебном процессе / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. Т. 3. С. 402-404.

2.3.5.

С.В. Николаева, С.А. Красников, М.В. Сартаков, А.С. Филатов, К.В. Гусев

ФГБУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет»

**КЛАСТЕРИЗАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ
С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ**

Выполнена кластеризация данных методом K-Means, уменьшение размерности которых осуществлялось с помощью метода UMAP. Идеальный результат получен благодаря применению метрики расстояния Канберры.

Ключевые слова: кластеризация, спектральные данные, размерность, алгоритм, метод K-Means, метод UMAP, метрика, расстояние Канберры, вектор.

Кластеризация – это метод анализа данных, который используется для идентификации объектов, имеющих сходства между собой. Цель кластеризации – разделить объекты на группы (кластеры) таким образом, чтобы объекты внутри каждого кластера были максимально похожи, а объекты из различных кластеров были минимально похожи друг на друга.

Существует несколько алгоритмов кластеризации: K-Means, MeanShift, DBSCAN и другие, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки [1]. Выбор конкретного алгоритма зависит от типа данных и поставленной задачи.

Перед нами стоит задача кластеризации спектральных данных, представляющих собой 4000 отсчётов [2], для последующей идентификации неизвестного спектра с помощью построенных кластеров.

Для решения поставленной задачи представим данные в виде многомерного вектора [3], чтобы с помощью подходящей метрики определить расстояние между ним и известным вектором. Однако подобрать такую метрику в условиях данной задачи крайне затруднительно. Поэтому предлагается пойти по иному пути – предварительной обработке данных с помощью алгоритмов уменьшения размерности.

Алгоритмы уменьшения размерности – это методы, используемые для уменьшения количества параметров объектов в наборе данных при сохранении как можно большего количества информации. Эти алгоритмы обычно используются в машинном обучении и анализе данных для упрощения сложных наборов данных и повышения производительности модели. Наиболее распространёнными алгоритмами уменьшения размерности являются PCA, ISOMAP, MDS, t-SNE и UMAP [4].

Для упрощения вычислений и улучшения визуализации будем снижать размерность наших векторов до одной точки на плоскости. Таким образом, на выходе алгоритма мы получим множество точек, представляющих векторы, которые можно будет просто подать на вход алгоритму кластеризации и отобразить для анализа.

Рассмотрим пример снижения размерности данных алгоритмом UMAP и последующей кластеризации с помощью алгоритма K-Means. Работать будем с Python 3.11.5.

1. Установим и подключим необходимые библиотеки.

2. Подготовим таблицу, содержащую исследуемые векторы, фрагмент которой представлен на рис. 1. В табличном файле по строкам будут представлены данные по различным векторам, а по столбцам сначала задаётся принадлежность данного вектора какой-то группе для проверки (метки), а затем определяются значения данного вектора на определённой координате.

type	0	0,964233	1,92847	2,8927	3,85693	4,82117	5,7854	6,74963
1	0,080177	0,080428	0,080823	0,080787	0,080368	0,080167	0,08047	0,080849
1	0,079965	0,082414	0,086197	0,085891	0,081921	0,079972	0,082877	0,086413
1	0,131888	0,132059	0,132321	0,132296	0,132012	0,131869	0,132075	0,132331
1	0,076186	0,073186	0,068443	0,068727	0,073628	0,076148	0,072711	0,068205
1	0,076186	0,073186	0,068443	0,068727	0,073628	0,076148	0,072711	0,068205
1	0,038093	0,036593	0,034221	0,034364	0,036814	0,038074	0,036356	0,034103
1	0,038093	0,036593	0,034221	0,034364	0,036814	0,038074	0,036356	0,034103
1	0,038093	0,036593	0,034221	0,034364	0,036814	0,038074	0,036356	0,034103
1	0,038093	0,036593	0,034221	0,034364	0,036814	0,038074	0,036356	0,034103

Рис. 1 – фрагмент Исследуемых векторов

3. Импортируем данные из файла.

4. Объявим график с девятью областями, чтобы проверить и сравнить сразу девять выбранных метрик: евклидово, Манхэттенское, Чебышёва, Минковского, Канберры, Брея-Кертиса расстояния, косинусовую, корреляционную и Кульчинского [5].

5. Для каждой метрики в списке создадим объект `umap.UMAP` с выбранными параметрами:

- число ближайших соседей зададим равным 20, что равно таковому в файле с данными;
- минимальное расстояние зададим равным 0,1, чтобы точки не сливали в одну;
- число компонентов зададим равным 2, что позволит получить на выходе точку с 2-мя координатами;
- метрики зададим в соответствии с определённым выше списком.

6. Вызовем метод `fit_transform` у объекта `UMAP`. Этот метод совмещает в себе стандартный для таких алгоритмов метод `fit`, который обучает модель на предоставленных данных, и метод `transform`, который преобразует данные в соответствии с обученной моделью и возвращает результат.

7. Изобразим полученные точки на графике, окрашивая их в цвет заранее известной принадлежности к классу.

8. Сохраним данные.

В результате получим изображение с девятью координатными плоскостями для каждой метрики, где визуальное по расположению точек на них можно оценить работу алгоритма (рис. 2).

Полученные данные уже можно подавать на вход алгоритму кластеризации. Воспользуемся алгоритмом K-Means, в параметрах которого указываем число кластеров.

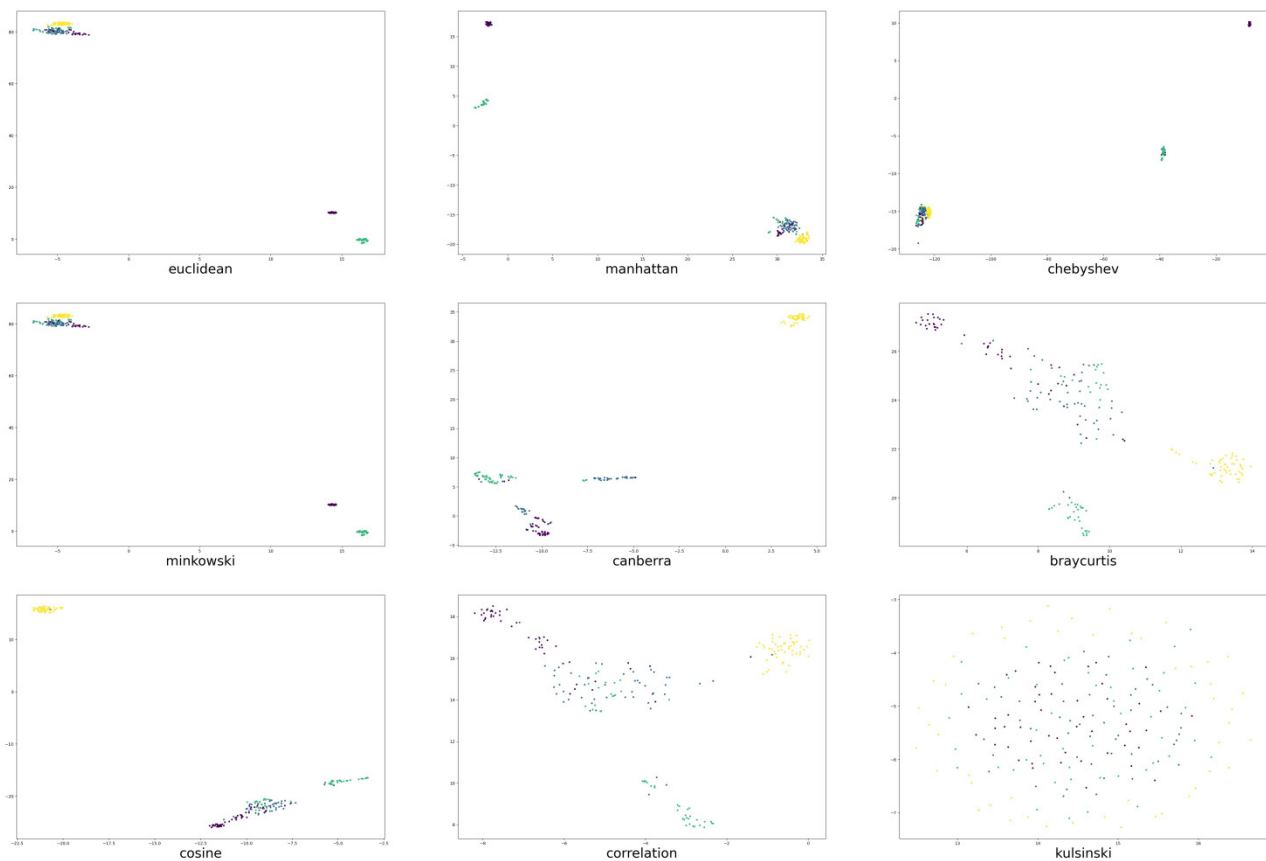


Рис. 2 – Полученные координатные плоскости для каждой метрики

Изобразим (см. рис. 3) всё те же девять плоскостей для каждой метрики, но теперь окрасим точки в цвета, советуящие присвоенному кластеру, а не заранее известному. Для формальной оценки качества кластеризации данных воспользуемся скорректированным индексом Рэнда, определяющим сходство между двумя кластеризациями с поправкой на перестановки (случайность). Сравнивать будем полученный результат с заранее известным вектором принадлежности спектра к некоторому классу.

На рис. 3 можно визуально оценить результаты кластеризации. При данном наборе параметров с метрикой Канберры получен идеальный результат – данные кластеризованы абсолютно безошибочно, что демонстрирует таблица «Метрики». Оценка кластеризации K-Means тех же данных без алгоритмов уменьшения размерности равна 0,16.

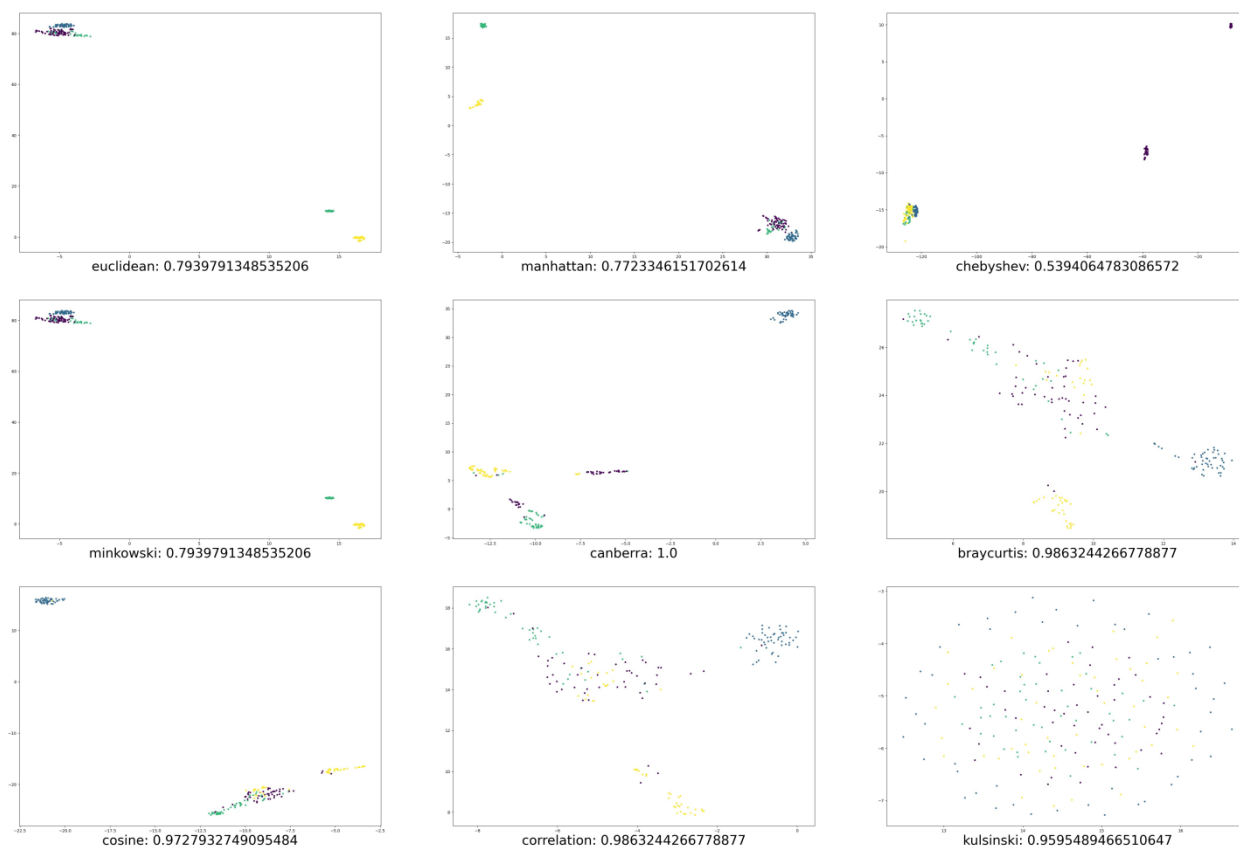


Рис. 3 – Координатные плоскости для каждой метрики после применения алгоритма K-Means

Таблица – Метрики

euclidean_d=0.1	0,79
manhattan_d=0.1	0,77
chebyshev_d=0.1	0,54
minkowski_d=0.1	0,79
canberra_d=0.1	1,00
braycurtis_d=0.1	0,99
cosine_d=0.1	0,97
correlation_d=0.1	0,99
kulsinski_d=0.1	0,96

Заключение. Полученные результаты показали высокую эффективность применения на практике метода уменьшения размерности UMAP для подготовки данных к кластеризации с помощью алгоритма K-Means. Применение алгоритма не просто улучшает результаты кластеризации, но и делает кластеризацию на подобных данных возможной, так как кластеризация по «сырым» данным даёт крайне неудовлетворительный результат. Более того, применение метрики расстояния Канберры для алгоритма UMAP позволило достигнуть чёткой кластеризации спектральных данных. Такой результат впоследствии можно использовать для идентификации неизвестных спектров.

Список литературы

1. Плешкова Т.С., Становов В.В. Сравнение методов кластеризации данных для автоматического определения грануляции в генетической нечёткой системе // Сибирский аэрокосмический журнал. 2022. Т. 23, № 1. С. 33 - 42. Doi: 10.31772/2712-8970-2022-23-1-33-42.
2. Краснов А.Е., Красников С.А., Гусев К.В., Овчинников М.А. Технология интегрирования экспертных систем и нейронных сетей для автоматизации идентификации больших данных // Информатизация образования и науки. № 3(59). Июль 2023. С. 70 – 80.
3. Краснов А.Е., Красников С.А., Николаева С.В., Ахмедова Х.Г., Сартаков М.В. Моделирование системы принятия решений в условиях нечёткой информации с помощью функций принадлежности различных видов. Сборник «Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности». – Труды XII Международной конференции, X Международного конкурса научных и научно-методических работ (Москва, РГСУ, МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 15-16 февраля 2019 г.). – М.: Издательство «Спутник+», 2019. – 139 с. С. 29 – 33.
4. Nanga S., Bawah A., Acquaye B., Billa M., Baeta F., Odai N., Obeng S. and Nsiah A. (2021) Review of Dimension Reduction Methods. Journal of Data Analysis and Information Processing, 9, 189-231. Doi: 10.4236/jdaip.2021.93013.
5. Николаева С.В., Красников С.А., Рысин М.Л. Использование мер сходства для анализа данных // Естественные и технические науки. № 11. 2022. С. 213 – 215.

2.3.5.

К.И. Сафина, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, zarim@rambler.ru

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВОВ**

Высшее учебное заведение может вести работу со студентами через удобное приложение, а также вести учет имеющихся факультативов. Необходимость создания программного обеспечения состоит в том, что приложение позволит фиксировать и обрабатывать данные о студентах, факультативах и записях. Это облегчит доступ к необходимой информации и ее модификации, повысит надежность операций, эффективность и производительность труда работников учебного заведения.

Ключевые слова: образование, факультатив, обучение, программное обеспечение, база данных, автоматизация.

В деятельность учебного заведения входит реализация различных факультативных курсов [1, 2]. Каждый курс имеет свои параметры: наименование, количество семестров, объём лекций, лабораторных работ и практик. Данные (фамилия, имя, отчество, телефон и адрес) студентов, которые обращаются в учебное заведение, необходимо зарегистрировать в базе данных [3]. По каждой записи составляется документ, который фиксирует информацию о студенте, дату записи, название факультатива и итоговую оценку за обучение по выбранному предмету.

Обоснование необходимости автоматизации выбранного процесса:

1. Контроль имеющихся факультативов в базе учебного заведения. Для фиксации наличия факультативов в базе приходится вручную вносить изменения в документы, что приводит к скорой непригодности документа и неэффективному использованию трудового ресурса.

2. Регистрация студентов в базе данных (БД). Добавлять вручную – это неэффективный способ ведения БД [4]. Автоматическое обновление БД приведет к увеличению работоспособности учебного заведения.

3. Совершение операций и вывод итоговой оценки студента. Из-за человеческого фактора всегда существует риск ошибки вывода итоговой оценки. Автоматизация данного процесса ведет к безошибочному подсчету.

4. Разрабатываемое программное обеспечение (ПО) автоматизирует работу ВУЗа и способствует облегчению работы преподавателей при распределении факультативов для студентов.

При корректном вводе данных о факультативах в текстовый файл программа считывает данные и переносит их в объекты. Данные считываются построчно. Это способствует удобной работе с данными и обеспечению их целостности в ходе работы программы [5]. Для работы с данным ПО необходимо грамотно ввести в текстовый файл данные, которые будут использованы во время выполнения программы, а именно: название факультатива и данные о нем. Для корректной работы программы данные должны быть записаны в файле. Структура консольного приложения реализована как диаграмма классов (рис. 1). Класс Plan, используя данные из класса Student считывает с файла информацию о студентах, их ID и полученные оценки. Класс Predmety считывает данные из файла Predmety.txt, выводит полную информацию о предмете. Данный класс использует объекты класса Student. Класс Student считывает информацию о студентах, записывает клиентов в БД. Преподаватель редактирует данные, обновляет их в текстовом документе. Взаимосвязь основных задач приложения представлена в виде диаграммы вариантов использования (рис. 2). Диаграмма

развертывания (рис. 3) показывает связи между ПО и тремя БД: о студентах, факультативах и учебном плане. Здесь в качестве БД выступает текстовый файл, обрабатываемый программой.

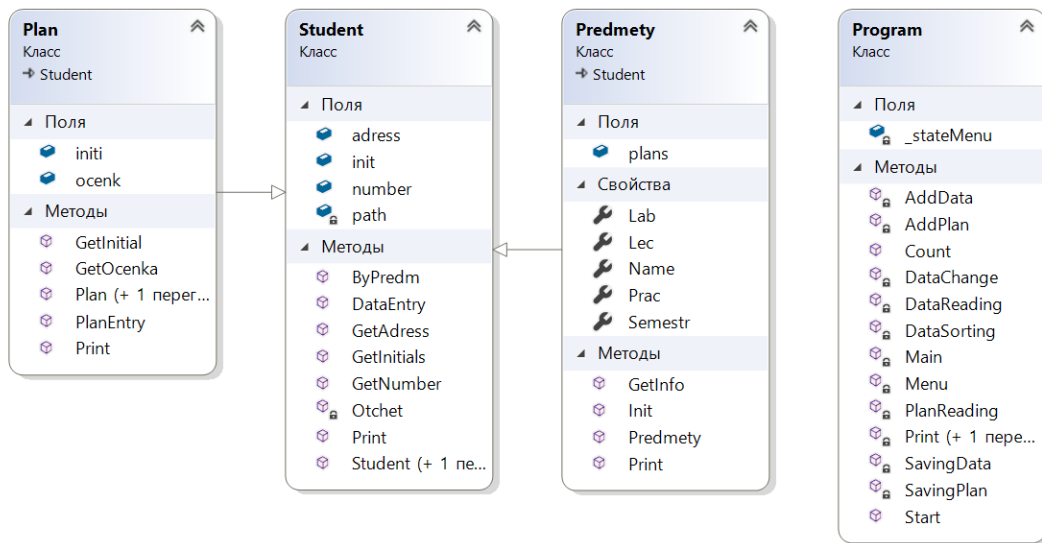


Рис. 1 – Диаграмма классов консольного приложения

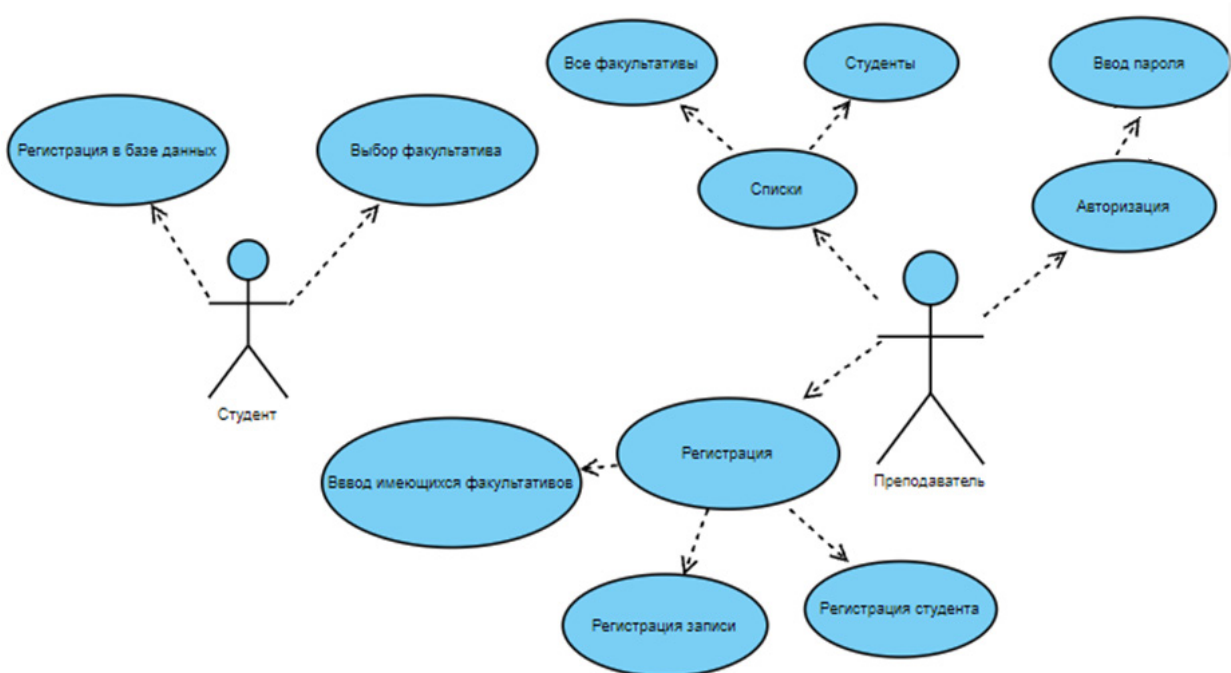


Рис. 2 – Диаграмма использования

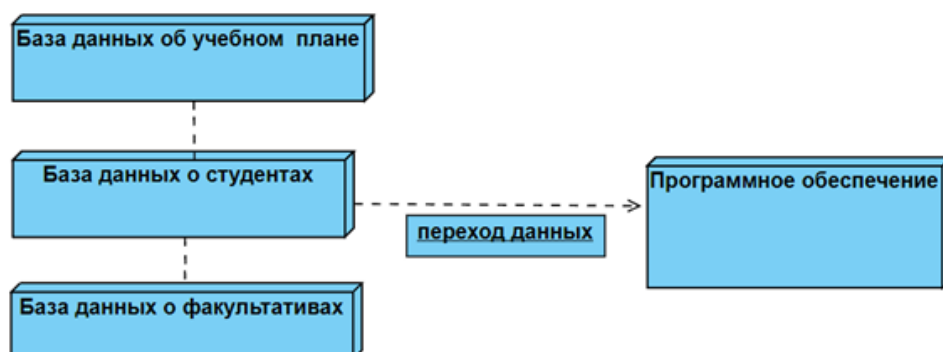


Рис. 3 – Диаграмма развертывания

Проработав архитектуру приложения на основе UML диаграмм можно приступить к детальному проектированию и разработке кода. Для разработки консольного приложения был выбран следующий стек технологий: язык программирования C#, который позволяет создавать многофункциональные программы; фреймворк .NET Framework из-за его большого функционала и надежности; среда VS, которая не будет сильно нагружать оперативную память компьютера [6].

При открытии разработанного приложения включается его стартовая страница, где пользователь вводит пароль. После ввода ключа пользователю открываются все возможности программы. После выполнения программы выводится результат работы в файл. В противном случае будет выведено сообщение о неправильном вводе пароля, и программа завершит свою работу. Пароль или ключ доступа может быть согласован с сотрудниками отдела информационной безопасности компании.

После авторизации пользователь получает данные с перечнем факультативов и объемом занятий (рис. 4). Затем пользователь может выбрать действия из предложенных в меню приложения (рис. 5).

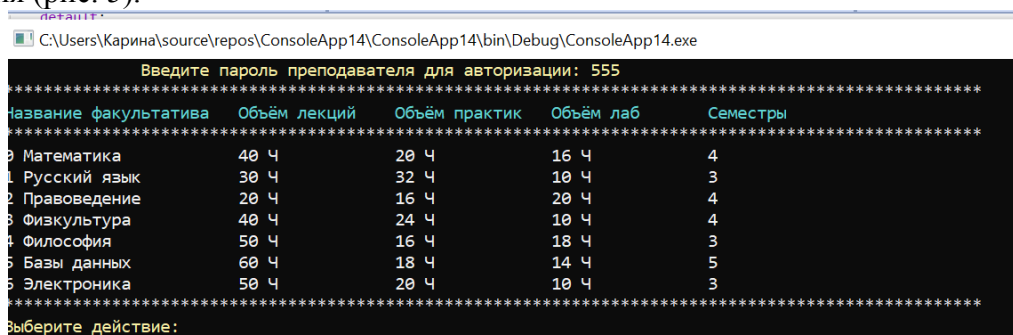


Рис. 4 – Перечень факультативов

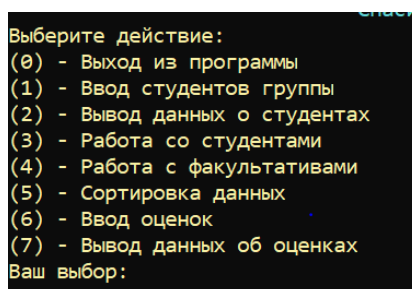


Рис. 5 – Меню

Пользователь выбирает учебный план, а по окончании семестра получает свою запись с итоговой оценкой (рис. 6).

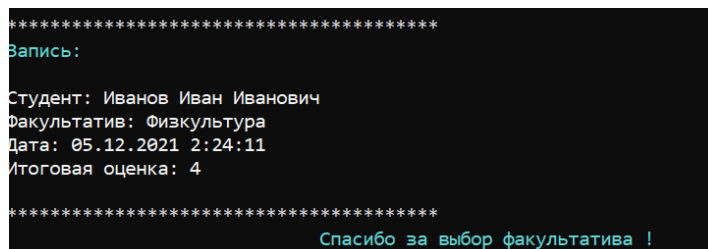


Рис. 6 – Информация о выбранном факультативе

Создается открытый метод `ByPredm`. На основе которого выводится информация о факультативе, выбранном студентом. Формируется запись, программный код которой выглядит следующим образом:

```
public void ByPredm(Predmety by_predmety)
{
    Console.WriteLine(new string('*', 40));
    Console.ForegroundColor = ConsoleColor.Magenta;
    Console.WriteLine("Вы выбрали учебный план: ");
    Console.ForegroundColor = ConsoleColor.White;
    by_predmety.GetInfo();
    string str = $"Студент: {init.surname} {init.name} {init.patronymic}\n" +
        $"Факультет: {by_predmety.Name}\n" +
        $"Дата: {DateTime.Now}" +
        $"\nИтоговая оценка: {by_predmety.Semestr}\n";
    Console.WriteLine(new string('*', 40));
    Console.ForegroundColor = ConsoleColor.Cyan;
    Console.WriteLine("Занусь: ");
    Console.ForegroundColor = ConsoleColor.White;
    Console.WriteLine("\n" + str);
    Console.WriteLine(new string('*', 40));
    Otchet(str);
    Console.ForegroundColor = ConsoleColor.White;
}
```

Таким образом, разработанное консольное приложение позволяет автоматизировать работу с преподавателями и студентами на уровне автоматической записи на факультатив, избавиться от риска ошибки при работе вручную. С помощью приложения студентам предоставляется возможность самостоятельной записи, а также просмотра объема лекций и практик по предложенным дисциплинам.

Список литературы

1. Ширмамедова З.Н., Зарипова Р.С. Роль открытых электронных образовательных ресурсов в современном информационно-образовательном пространстве / Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т.17. №1. С. 536-539.
2. Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы в обучении студентов инженерным дисциплинам / Уральский научный вестник. 2018. Т. 11. № 2. С. 037-042.
3. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Особенности и тенденции развития современного инженерного образования / Современные исследования социальных проблем. 2018. Т. 9. №8-2. С. 43-46.
4. Салтанаева Е.А., Эшлиоглу Р.И., Рябова О.В. Проектный подход в личностно-профессиональном развитии студентов / Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 2-3. С. 105-110.
5. Овсеенко Г.А., Удовенко О.Б., Латфуллина Д.Р. Разработка курса в информационно-образовательной среде университета / Russian Journal of Education and Psychology. 2023. Т. 14, № 1-3. С. 41-45.
6. Ромашкин В.А., Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Информационные технологии и их внедрение в процесс обучения / Цифровая культура открытых городов: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Екатеринбург. 2018. С. 440-443.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ — 2.3.6.**

2.3.6.

¹И.И. Исмагилов, ²Р.М. Мигунов¹Казанский федеральный университет,
кафедра экономической теории и эконометрики,²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра систем информационной безопасности,
Казань, iisimag@mail.ru**СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВСТРАИВАНИЯ СООБЩЕНИЙ
В ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

В работе предложен стеганографический алгоритм, скрывающий информацию в трансформантах поблочного дискретного косинусного преобразования цифровых изображений. Встраивание информации проводится на основе метода Бенгама-Мемона-Эо-Юнг. Особенностью алгоритма является использование составного стеганоключа, повышающего уровень защиты информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, защита информации, стеганография, стеганографический алгоритм, дискретное косинусное преобразование.

Актуальность стеганографии в современном мире значительно возросла благодаря достижениям в области информационных технологий [1]. В условиях широкого распространения цифровой коммуникации стеганография может повысить информационную безопасность [2]. Методы стеганографии широко используются для создания цифровых водяных знаков [3], несущих информацию об авторских правах или сведений о владельце в цифровые медиафайлы [4]. Стеганография используется в системах DRM для предотвращения несанкционированного копирования цифрового контента, защищенного авторским правом [5].

На сегодняшний день существует множество стеганографических методов. На практике популярны графические стеганографические методы, использующие в качестве контейнеров файлы неподвижных цифровых изображений. Их можно подразделить на 5 групп [6]: методы, скрывающие информацию в пространственной области; методы, скрывающие информацию в частотной (спектральной) области; методы расширения спектра; статистические методы; структурные методы.

Отметим, что чаще всего в программных продуктах используется методы, скрывающие информацию в пространственной области. Среди таких методов отметим метод замены наименее значащего бита (НЗБ). Популярность на этого метода и его модификаций связана с простотой реализации и отсутствия сложных вычислений [7, 8].

Популярны также на практике методы, скрывающие информацию в частотной (спектральной) области. В них проводится преобразование изображения тем или иным дискретным ортогональным преобразованием (ДОП). В качестве таких преобразований используются дискретное преобразование Фурье, дискретное косинусное преобразование (ДКП), вейвлет-преобразования, преобразование Уолша-Адамара, преобразование Карунена-Лоева и некоторые другие. Наиболее часто используемыми ДОП в стеганографии являются ДКП и вейвлет-преобразования. Отметим также перспективность использования в стеганографических алгоритмах с встраиванием в спектральной области структурно и параметрически перестраиваемых ДОП [9,10].

Различные стеганографические алгоритмы (стеганоалгоритмы), использующие ДОП, имеют свои преимущества и недостатки перед друг другом. На практике эффективно показали алгоритмы на основе ДКП. При этом используются в основном следующие методы [11]: метод Коха-Жао, метод Бенгама-Мемона-Эо-Юнг, метод Фридрих.

При практической реализации стеганоалгоритмов на основе ДКП следует отметить следующее. Использование одномерных ДКП на развертках двумерных изображений сравнимо с использованием двумерных ДКП и предоставляет небольшое преимущество только на блоках малых размерностей. С ростом размерностей блоков эффективность использования одномерных ДКП падает [12].

На основе метода Бенгама-Мемона-Эо-Юнг нами разработан стеганоалгоритм встраивания текстовых сообщений в контейнер-изображение формата png. Стеганоключ $K=\{K1, K2, K3, K4\}$ имеет длину 512 бит и является составным. Составляющие стеганоключа следующие:

- $K1$ – 128 битный ключ, использующийся для инициализации ГПСЧ, который отвечает за распределение встраиваемой информации по множеству блоков. На выходе ГПСЧ имеем псевдослучайную последовательность номеров блоков для встраивания информации;
- $K2$ – 128 битный ключ, использующийся для инициализации ГПСЧ, отвечающий за формирование матрицы размерностей блоков по их ширине из множества $\{4, 8, 16\}$;
- $K3$ – 128 битный ключ, использующийся для инициализации ГПСЧ, который отвечает за формирование матрицы размерностей блоков по их высоте из множества $\{4, 8, 16\}$. Каждому элементу последовательности размерностей блоков по ширине соответствует своя последовательность размерностей блоков по высоте;
- $K4$ – 128 битный ключ, использующийся для инициализации ГПСЧ, используемого для формирования последовательности индексов среднечастотных трансформант одного блока заданной размерности. Из полученной последовательности индексов среднечастотных трансформант извлекаются тройки трансформант для встраивания.

Отметим, что при внедрении бит сообщения блоки изображения размера 4×4 не допускаются.

Пошаговое описание стеганоалгоритма на укрупненном уровне при встраивании сообщений имеет следующий вид.

1. Формирование секретного составного стеганоключа с использованием ГПСЧ и ГПСЧ.
2. Формирование двоичного вида скрываемого сообщения и определение его длины в битах.
3. Выбор, считывание файла контейнера и проверка его емкости для внедрения бит сообщения. Если емкость контейнера достаточна, то переход к шагу 4, иначе - выбор контейнера большей емкости.
4. Выбор текущего двумерного блока изображения-контейнера и его прямое ДКП.
5. Определение псевдослучайных индексов троек среднечастотных трансформант ДКП для встраивания сообщения.
6. Встраивание текущего бита сообщения в трансформанты ДКП на основе метода Бенгама-Мемона-Эо-Юнг.
7. Обратное ДКП текущего блока.
8. Проверка достижения конца встраиваемого сообщения: если нет, то переход к шагу 4, иначе - к шагу 9.
9. Передача абоненту-адресату файла стеганоключа по защищенному каналу.
10. Передача абоненту-адресату файла стегоконтейнера по открытому каналу.

Извлечение битов сообщения из принятого файла стегоконтейнера проводится на основе составного стеганоключа с использованием метода Бенгама-Мемона-Эо-Юнг. Из последовательности этих битов формируется исходное переданное сообщение.

Программная реализация разработанного стеганоалгоритма проведена на языке программирования Python 3.10 [13]. В качестве среды разработки использовался Pycharm 2023.1.3. Для выполнения прямого и обратного ДКП использовались функции `dct` и `idct`

библиотеки `scipy.fftpack`. Проведенные экспериментальные исследования программы по встраиванию сообщений в цифровые изображения и их извлечению показали практическую эффективность стеганоалгоритма.

В заключение отметим, в статье на основе метода Бенгама-Мемона-Эо-Юнг был разработан стеганоалгоритм встраивания информации в цифровые изображения. Особенности алгоритма являются разбиение контейнера-изображения на блоки различной размерности, а также псевдослучайное распределение информации по контейнеру-изображению. Эти особенности алгоритма позволяют добиться его лучшей стойкости против попыток компрометации стеганоключа и статистического анализа стегоконтейнера.

Список литературы

1. Абазина Е.С., Ерунов А.А. Цифровая стеганография: состояние и перспективы // Системы управления, связи и безопасности. 2016. №2. С. 182-201.
2. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2009. 273 с.
3. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2003. 263 с.
4. Грибунин В.Г., Костюков В.Е., Мартынов А.П., Николаев Д.Б., Фомченко В.Н. Стеганографические системы. Цифровые водяные знаки. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016. 210 с.
5. Федосеев В.А. Цифровые водяные знаки и стеганография. Самара: Издательство Самарского университета, 2019. 144 с.
6. Коначович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография Теория и практика. Киев: «МК-Пресс», 2006. 288 с.
7. Герлинг Е.Ю., Ахrameева К.А. Обзор современного программного обеспечения, использующего методы стеганографии // Экономика и качество систем связи. 2019. №3(13). С. 51-58.
8. Вильховский Д.Э. Обзор методов стеганографического анализа изображений в работах зарубежных авторов // Математические структуры и моделирование. 2020. №4(56). С. 75-102.
9. Исмагилов И.И. Дискретные преобразования в базисах уолше-подобных функций: Основы теории и применения в цифровой обработке сигналов. Казань: Отечество, 2003. 130 с.
10. Исмагилов И.И. Методы построения целочисленных матриц дискретных ортогональных преобразований // Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2022. №1(38). С. 110-123.
11. Шелухин О.И., Канаев С.Д. Стеганография. Алгоритмы и программная реализация. М.: Горячая линия-Телеком, 2021. 592 с.
12. Белов А.М. Исследование эффективности одномерных дискретных косинусных преобразований на развёртках двумерных сигналов, порождённых каноническими системами счисления. // Компьютерная оптика. 2011г. т.35, № 4. С. 519-522.
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665582 Российская Федерация. Программа "ImageDCTStego" для сокрытия информации в цифровых изображениях : № 2023664883 : заявл. 17.07.2023 : опубл. 18.07.2023 / И. И. Исмагилов, Р. М. Мигунов.

2.3.6.

В.В. Семенов канд. техн. наук

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук,
лаборатория интеллектуальных систем,
Санкт-Петербург, v.semenov@spcras.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ

Представлены рекомендации по практическому применению методики, обеспечивающей в режиме реального времени мониторинг информационных и физических процессов объектов киберфизических систем с целью защиты от внешних деструктивных воздействий. С учётом рассматриваемой методики разработан цикл обеспечения информационной безопасности киберфизических систем. Предложенные в статье рекомендации могут быть применены на предприятиях промышленности, в системах управления событиями информационной безопасности, системах обнаружения атак.

Ключевые слова: *информационно-функциональная безопасность, киберфизические системы, системы мониторинга.*

Введение

Современные киберфизические системы характеризуются лавинообразным ростом передаваемой от различных сенсоров и датчиков информации, а также повышением интеллектуальности систем управления. Увеличение объема передаваемых данных, появление задержек передачи сообщений между устройствами киберфизических систем могут критично влиять на их работоспособность и информационную безопасность (ИБ), что обуславливает необходимость мониторинга их состояния [1]. В связи с этим возникает определённое противоречие, где традиционные узко ориентированные системы, не могут угнаться за ростом объёма передаваемой сенсорами и датчиками первичной информации, а широко применяемые решения не обладают достаточным функционалом, обеспечивающим эффективный мониторинг в режиме реального времени, что вызывает ряд проблемных вопросов обеспечения информационной безопасности, связанных с анализом состояния отдельных устройств киберфизических систем [2]. Исходя из этого существует объективная необходимость развития и адаптации методов математического обеспечения специализированных информационных систем, интегрируемых в киберфизические системы (КФС), в целях противодействия внешним и внутренним деструктивным воздействиям.

Постановка задачи

Поскольку ключевой задачей функционирования КФС является бесперебойное выполнение целевых функций, выявление нарушений ИБ КФС представляет собой важную и необходимую в современных реалиях задачу. До применения методики [3] реализация угрозы с использованием уязвимостей системы со стороны злоумышленника может быть произведена, как показано на рисунке 1.



Рис.1 – Воздействие злоумышленника на КФС

Требуется оценить перспективы применения методики [3], в режиме реального времени обеспечивающей безопасное функционирование КФС.

Предлагаемый подход

Применение рассматриваемой методики способно предотвратить негативные сценарии воздействия злоумышленника и случайных факторов (рисунок 2). Предлагаемая методика идентификации состояния ИБ может быть применена с целью оценивания защищённости КФС от информационных угроз, путем внедрения в качестве технической меры по аудиту ИБ КФС в период эксплуатации.



Рис. 2 – Модель угроз для рассматриваемых объектов

Необходимо отметить смежные задачи, решаемые разработанной методикой:

- выявление нарушений, вызванных случайными воздействиями на КФС и не связанных с умышленными действиями вероятных нарушителей;
- выявления отклонений в параметрах функционирования, вызванные износом технологических узлов КФС.

Обладая полной и актуальной информацией о текущем состоянии ИБ объекта становится возможным существенно повысить степень защищённости КФС, ускорить быстроту реагирования на инциденты (в том числе с использованием динамического переконфигурирования, обеспечивающего возвращение системы в устойчивое состояние ИБ), снизив тем самым влияние неблагоприятных факторов на функционирование КФС. Результатом применения разработанного подхода для проактивной ИБ является повышение степени защищённости КФС.

В том случае, если инцидент ИБ уже произошёл, разработанная методика может применяться в качестве апостериорной защиты, которая помогает найти виновного в выявленном инциденте. Результатом применения методики в данном случае является выработка защитных мер, снижающих вероятность подобных инцидентов в процессе дальнейшей эксплуатации (рисунок 3).



Рис. 3 – Цикл обеспечения ИБ КФС

ПЛК – программируемый логический контроллер, ПО – программное обеспечение

На рисунке 4 показана возможность применения методов анализа временных рядов, характеризующих функционирование КФС, и рассматриваемой методики идентификации состояния ИБ элементов КФС в рамках концепции поддержания устойчивого функционирования в условиях воздействия угроз безопасности.



Рис. 4 – Концепция поддержания устойчивого функционирования КФС на основе принципа обратной связи

Исследования подхода к обеспечению информационной и функциональной безопасности различных объектов на основе принципа обратной связи могут являться следующим этапом в задаче разработки и реализации систем комплексного обеспечения ИБ.

Заключение

Эффективное применение рассматриваемой методики способствует развитию подходов к выявлению нарушений ИБ объектов КФС на основе анализа временных рядов, отражающих протекание информационных и физических процессов, что позволяет усовершенствовать и дополнить модели, методы, методики общей теории ИБ, и в последующем использовать разработанную методику в системах, обеспечивающих бесперебойное выполнение целевых функций КФС.

За счёт применения предложенных рекомендаций удалось существенно повысить полноту и точность идентификации деструктивных информационных воздействий и сократить время, затраченное на обработку сигнальной информации от элементов КФС. Таким образом, повышение эффективности применения методики позволяет увеличить показатели качества идентификации состояния объектов до достаточных для практического применения в системах мониторинга состояния ИБ КФС.

Список литературы

1. Семенов В.В., Лебедев И.С., Сухопаров М.Е. Идентификация состояния информационной безопасности беспилотных транспортных средств с использованием искусственных нейронных сетей // Методы и технические средства обеспечения безопасности информации - 2019. - № 28. - С. 46-47.
2. Semenov V., Sukhoparov M., Lebedev I. An Approach to Classification of the Information Security State of Elements of Cyber-Physical Systems Using Side Electromagnetic Radiation // Lecture Notes in Computer Science - 2018. - Vol. 11118. - Pp. 289-298. DOI: 10.1007/978-3-030-01168-0_27.
3. Семенов В.В., Салахутдинова К.И., Лебедев И.С., Сухопаров М.Е. Выявление аномальных отклонений при функционировании устройств киберфизических систем // Прикладная информатика - 2019. - Т. 14. - № 6(84). - С. 114-122. DOI: 10.24411/1993-8314-2019-10053.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

В.С. Минкин, А.В. Репина, Т.Ю. Старостина,
Э.И. Галеева, Р.Х. Шагимуллин

ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ
ТИОУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Ключевые слова: полисульфидные олигомеры,
олигоэфир, тиоуретановые композиции.

Изучены процессы структурирования промышленных полисульфидных олигомеров модифицирующими добавками на основе различных олигоэфиров, применяемых при синтезе полиуретанов. Импульсным методом ЯМР определены кинетические параметры отверждения некоторых составов промышленных тиоуретановых композиций. Установлены возможные механизмы отверждения, которые приводят к дополнительному структурированию получаемых композиций, что особенно важно при их использовании в промышленных условиях.

V.S. Minkin, A.V. Repina, T.U. Starostina,
E.I. Galeeva, R.H. Shagimullin

STRUCTURING PROCESSES IN INDUSTRIAL
THIOURETANE COMPOSITIONS

Keywords: polysulfide oligomers,
oligoesters, thiouretane compositions.

The processes of structuring industrial polysulfide oligomers with modifying additives based on various oligoesters used in the synthesis of polyurethanes have been studied. Kinetic parameters of curing of some compositions of industrial thiouretane compositions were determined by the pulsed NMR method. Possible curing mechanisms have been established that lead to additional structuring of the resulting compositions, which is especially important when they are used in industrial conditions.

И.Н. Беляева, А.Н. Чеканов, Н.И. Корсунов, М.А. Величко
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО
ПРОСТРАНСТВА КЛАССИЧЕСКОЙ C2V-СИММЕТРИЧНОЙ
ФУНКЦИИ ГАМИЛЬТОНА

Ключевые слова: математическое моделирование, функция
Гамильтона, сечения Пуанкаре.

В работе представлено математическое моделирование фазового пространства классической системы, которая описывается функцией Гамильтона с C2V симметрией. Данная симметрия имеет четыре неприводимых представления и соответствует симметрии прямоугольника. Выбор параметров в системе определяет число особых точек потенциальной функции. Смоделирован характер движения системы методом сечений Пуанкаре. Проведено исследование системы с определенными параметрами, при которых поверхность потенциальной энергии имеет два локальных минимума и одну седловую точку. Построенные сечения демонстрируют модель фазового пространства, в котором присутствуют как регулярные, так и хаотические траектории.

I.N. Belyaeva, A.N. Chekanov, N.I. Korsunov, M.A. Velichko
MATHEMATICAL MODELING OF THE PHASE SPACE
OF THE CLASSICAL C2V-SYMMETRIC HAMILTON
FUNCTION

Keywords: mathematical modeling, Hamilton function,
Poincare sections.

The paper presents mathematical modeling of the phase space of a classical system, which is described by the Hamilton function with C2V symmetry. This symmetry has four irreducible representations and corresponds to the symmetry of a rectangle. The number of singular points of a potential function depends on the choice of parameters. The nature of the system's motion was modeled using the Poincaré section method. A study was made of a system with certain parameters for which the potential energy surface has two local minima and one saddle point. The constructed sections demonstrate a model of the phase space, in which there are both regular and chaotic trajectories.

А.Ф. Галимьянов, А.Ф. Гилемзянов
ПРИБЛИЖЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ
КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

Ключевые слова: компьютерная математика, дробные
интегралы, приближенные вычисления.

Дробное исчисление широко применяется в научных и инженерных расчетах. Поэтому студенты, обучающиеся по математическим и техническим направлениям, изучают основы дробного дифференцирования и интегрирования. Системы компьютерной математики дают возможность наглядно и доступно объяснить некоторые вопросы дробного исчисления. Также они имеют большое количество встроенных функций для облегчения расчетов. В данной работе приведены примеры использования Wolfram Language при работе с дробными интегралами и производными.

A.F. Galimyanov, A.F. Gilemzyanov
APPROXIMATE CALCULATIONS IN COMPUTER
MATHEMATICS SYSTEMS

Keywords: computer mathematics, fractional integrals,
approximate calculations

Fractional calculus is widely used in scientific and engineering calculations. Therefore, students studying in mathematical and technical fields learn the basics of fractional differentiation and integration. Computer mathematics systems make it possible to clearly and clearly explain some issues of fractional calculus. They also have a large number of built-in functions to make calculations easier. This paper provides examples of using the Wolfram Language when working with fractional integrals and derivatives

А.А. Добров, М.С. Пузырникова, П.Е. Громова, Д.А. Ожигин
РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ПЕРЕХОДНОМ ПРОЦЕССЕ

Ключевые слова: переходные процессы, термоэлектрический
преобразователь, динамические характеристики, программа
ЛОГОС, автоматизированные системы управления.

В статье приведены результаты исследования динамических тепловых характеристик промышленного термоэлектрического преобразователя КТХА в условиях переходного процесса с изменением температуры рабочей среды. Численное моделирование проводилось с использованием модели сопряженного теплообмена в расчетной программе

A.A. Dobrov, M.S. Puzyrnikova, P.E. Gromova, D.A. Ozhigin
COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL MODELING
OF THERMAL CHARACTERISTICS OF A
THERMOELECTRIC CONVERTER IN A TRANSIENT
PROCESS

Keywords: transients, thermoelectric converter, dynamic
characteristics, automated control systems.

The article presents the results of a study on the dynamic thermal characteristics of an industrial thermoelectric converter ITC under transient conditions with changes in the temperature of the working medium. Numerical modeling was performed using a coupled heat transfer model in the computational fluid dynamics software LOGOS. The

вычислительной гидродинамики ЛОГОС. Исследование тепловой инерции термоэлектрического преобразователя является актуальной задачей, поскольку неправильный выбор прибора может привести к дополнительной погрешности измерения вследствие отставания показаний от температуры измеряемой среды.

Т.К. Ксенофонтова, Т.В. Варламова, А.С. Верхоглядова
ОБОСНОВАНИЕ НАЗНАЧЕНИЯ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНЫХ
СЕЧЕНИЙ УГОЛКОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН ПРИ
МОДЕЛИРОВАНИИ В РАСЧЕТНЫХ ПРОГРАММНЫХ
КОМПЛЕКСАХ

Ключевые слова: Угловые подпорные стены,
метод конечных элементов, расчетные программные
комплексы, алгоритм расчета.

Угловые подпорные стены имеют широкое распространение как в гидротехническом строительстве, так и в гражданском строительстве. При расчете таких стен с учетом влияния их опоры на грунтовое основание и учетом взаимодействия стен с грунтовой средой, которую удерживают подпорные стены, задача расчета значительно усложняется. Поэтому расчет таких конструкций выполняется преимущественно на современных программных комплексах, одним из которых является ПК «ЛИРА-САПР 2021». При этом для выполнения расчета необходимо задать сооружениям предварительные размеры поперечных сечений. Как это сделать, чтобы предварительные размеры наиболее точно отражали реальные условия работы подпорных стен, рассмотрено в этой статье.

В.Е. Мальков, Е.В. Десяев, Т.Ф. Мамедова
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРУДОВЫМИ
РЕСУРСАМИ ОРГАНИЗАЦИИ

Ключевые слова: математическая модель,
трудовые ресурсы, рынок труда, заработная плата,
полумарковского процесс, управление.

В работе представлена математическая модель управления трудовыми ресурсами организации. Эта модель позволяет прогнозировать на каком этапе проект управления трудовыми ресурсами переходит из локального происшествия в проблемную ситуацию, затрагивающую все предприятие. Так же способствует выявлению параметров развития проекта управления трудовыми ресурсами и представлению наиболее эффективного набора мер для разрешения рискованных ситуаций в условиях ограничений по бюджету и персоналу.

Г.А. Овсенко, Р.С. Кашаев, А.Ш. Хафизова
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАТРОННОГО
КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ
ДОСТОВЕРНОСТИ

Ключевые слова: контроль достоверности, мехатронный
комплекс, свойства нефти, нейронная сеть.

В работе описана математическая модель мехатронного комплекса на основе метода контроля достоверности при измерении физико-химических характеристик скважинной жидкости с использованием нейронной сети в математическом пакете Statistica 10. Получены условия контроля достоверности измерения свойств нефти и сточных поверхностных вод в мехатронном комплексе при эксплуатации нейронной сети.

В.Д. Павлидис, М.В. Чкалова, А.М. Осипова
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИГНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ключевые слова: сигнальная система, технологическая линия,
система управления, качественные характеристики модели.
В работе предложено инженерно-техническое решение
проблемы повышения эффективности системы управления
технологической линией по производству электротехнического

investigation of the thermal inertia of the thermoelectric converter is a relevant task, as an improper choice of device can lead to additional measurement error due to a lag in readings compared to the temperature of the measured medium.

T.K. Ksenofontova, T.V. Varlamova, A.S. Verkhoglyadova
JUSTIFICATION OF PRE-ASSIGNED CROSS-SECTIONAL
DIMENSIONS OF CORNER RETAINING WALLS WHEN
MODELING IN COMPUTATIONAL SOFTWARE
SYSTEMS

Keywords: Corner retaining walls, finite element method,
computational software systems, calculation algorithm.

Corner retaining walls are widely used both in hydraulic engineering construction. When calculating such walls, taking into account the influence of their support on the ground base and the interaction of the walls with the ground environment held by retaining walls, the calculation task becomes much more complicated. Therefore, the calculation of such structures is carried out mainly on modern software complexes, one of which is the LIRA-CAD 2021 PC. At the same time, in order to perform the calculation, it is necessary to set the preliminary dimensions of the cross-sections for the structures. How to do this so that the preliminary dimensions most accurately reflect the actual working conditions of retaining walls is discussed in this article.

M.E. Malkov, E.V. Desyaev, T.F. Mamedova
MATHEMATICAL MODEL OF HUMAN RESOURCE
MANAGEMENT IN AN ORGANIZATION

Keywords: mathematical model, labor resources,
labor market, wages, semi-Markov process, management.

The paper presents a mathematical model for managing an organization's labor resources. This model allows us to predict at what point a workforce management project moves from a local incident to a problematic situation affecting the entire enterprise. It also helps to identify parameters for the development of a labor management project and present the most effective set of measures to resolve risk situations in the context of budget and personnel restrictions.

G.A. Ovseenko, R.S. Kashaev, A.Sh. Khafizova
MATHEMATICAL MODEL OF MECHATRONIC
COMPLEX ON THE BASIS OF THE RELIABILITY
CONTROL METHOD

Keywords: reliability control, mechatronic complex,
oil properties, neural network.

The paper describes the mathematical model of mechatronic complex based on the method of reliability control when measuring physical and chemical characteristics of borehole fluid using neural network in the mathematical package Statistica 10. The conditions of reliability control of measurement of oil and waste surface water properties in mechatronic complex at operation of neural network are obtained.

V.D. Pavlidis, M.V. Chkalova, A.M. Osipova
MODERNIZATION OF THE SIGNAL CONTROL SYSTEM
OF THE TECHNOLOGICAL PRODUCTION LINE
ELECTRICAL EQUIPMENT

Keywords: signal system, process line, control system,
qualitative characteristics of the model.

The paper proposes an engineering and technical solution to the problem of increasing the efficiency of the control system of the technological line for the production of electrical

оборудования. Суть модернизации заключается в улучшении и обновлении системы обратной связи, которая определяет точное положение и позицию робота манипулятора в пространстве. Построена математическая модель системы управления и оценены её качественные характеристики. Проведен анализ времени отклика датчиков положения, рассчитаны частотные характеристики и оценена устойчивость системы.

А.А. Пазяк, М.А. Пазяк, Н.А. Шулинина, П.Д. Князева
РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ КОРПУСА ШАРОВОГО КРАНА В КОНЕЧНО-
ЭЛЕМЕНТНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Ключевые слова: шаровой кран, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов.

В статье описан конечно-элементный прочностной анализ, позволивший подтвердить достаточную прочностную надежность исследуемого шарового крана. Эквивалентные напряжения при гидравлических испытаниях составили 564 МПа, суммарные перемещения - 0,0373 мм. Изучена возможность изготовления шарового крана данной конструкции из коррозионностойкой стали для возможности его эксплуатации в агрессивных средах.

И.Н. Сидоров, Д.А. Булашов, А.В. Горелов, А.И. Энская
ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНО АРМИРОВАННОГО
ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ
МАЛОМ ОТНОСИТЕЛЬНОМ ОБЪЕМЕ ДИСПЕРСНЫХ
СУБМИКРОННЫХ ЧАСТИЦ В МАТРИЦЕ

Ключевые слова: дисперсно армированный полимерный композиционный материал, эффективные механические характеристики, метод осреднения в периодических средах, задача на ячейке периодичности.

В статье представлена математическая модель вычисления эффективных механических характеристик дисперсно-армированного полимерного композиционного материала при малом относительном объеме дисперсных субмикронных частиц в матрице. Разработаны алгоритмы аналитического вычисления модуля объемной деформации, модуля сдвига и на их основе модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

Ю.Н. Смирнов, А.В. Каляшина
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧЕ
ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ SUPER RESOLUTION

Ключевые слова: нейронная сеть, качество изображения, алгоритм обучения, архитектура нейронной сети.

В работе представлен обзор современного состояния проблемы повышения разрешения Super Resolution. Для решения задачи выбраны модели нейронных сетей SRGAN и ESRGAN, в исследовании представлен сравнительный анализ этих моделей, изучена архитектура, выбор датасета и настройка параметров обучения. Нейронные сети были реализованы при помощи языка Python, библиотеки PyTorch. Модели обучались на датасете CelebA, результаты модели ESRGAN визуально имели более хорошее качество, что также было доказано объективными метриками

А.А. Шакиров, Е.А. Салтанаева
МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕОРАДАРНЫХ ДАННЫХ В
ИНФОРМАЦИЮ О СТРУКТУРЕ ГРУНТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Ключевые слова: георадар, системный анализ, управление и обработка информации, модель времени прохождения, скоростные модели, анализ георадарных данных, неразрушающий контроль.

Статья описывает методы преобразования данных с использованием скоростных моделей, учитывающих

equipment. The essence of modernization is to improve and update the feedback system, which determines the exact position and position of the robot manipulator in space. A mathematical model of the control system is constructed and its qualitative characteristics are evaluated. The response time of position sensor is analyzed, frequency characteristics are calculated and the stability of the system is evaluated.

A.A. Pazyak, M.A. Pazyak, N.A. Shulinina, P.D. Knyazeva
CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE OF A BALL
CASE IN ANSYS FINITE ELEMENT COMPLEX

Keywords: ball valve, stress-strain state, finite element method. The article describes a finite element strength analysis, which made it possible to confirm the sufficient strength reliability of the ball valve under study. The equivalent stresses during hydraulic tests were 564 MPa, the total displacements were 0.0373 mm. The possibility of manufacturing a ball valve of this design from corrosion-resistant steel for the possibility of its operation in aggressive environments has been studied.

I.N. Sidorov, D.A. Bulashov, A.V. Gorelov, A.I. Enskaya
CALCULATION OF EFFECTIVE MECHANICAL
CHARACTERISTICS OF DISPERSELY REINFORCED
POLYMER COMPOSITE MATERIAL AT A SMALL
RELATIVE VOLUME OF DISPERSED SUBMICRON
PARTICLES IN THE MATRIX

Keywords: dispersedly reinforced polymer composite material, effective mechanical characteristics, averaging method in periodic media, problem on a periodicity cell.

The article presents a mathematical model for calculating the effective mechanical characteristics of a dispersed-reinforced polymer composite material with a small relative volume of dispersed submicron particles in the matrix. Algorithms for the analytical calculation of the volumetric deformation modulus, shear modulus and, based on them, Young's modulus and Poisson's ratio have been developed.

Yu.N. Smirnov, A.V. Kalyashina
USING NEURAL NETWORK METHODS IN THE
PROBLEM OF INCREASING RESOLUTION SUPER
RESOLUTION

Keywords: neural network, image quality, learning algorithm, neural network architecture.

The paper provides an overview of the current state of the problem of increasing Super Resolution. To solve the problem, the SRGAN and ESRGAN neural network models were selected; the study presents a comparative analysis of these models, studied the architecture, selection of the dataset and setting up the training parameters. Neural networks were implemented using the Python language and the PyTorch library. The models were trained on the CelebA dataset, the results of the ESRGAN model were visually of better quality, which was also proven by objective metrics.

A.A. Shakirov, E.A. Saltanaeva
METHODS OF ANALYSING AND ASSESSING THE
ACCURACY OF CONVERSION OF GPR DATA INTO
INFORMATION ON THE STRUCTURE OF GROUND
COVERINGS

Keywords: georadar, system analysis, control and information processing, travel time model, velocity models, GPR data analysis, non-destructive testing.

The article describes methods of data transformation using velocity models that take into account pulse propagation.

распространение импульсов. Особое внимание уделяется анализу толщины слоев и определению глубины границ между ними на основе времени прохождения импульсов. Рассматриваются различные методы расчета скорости распространения, включая метод гиперболической скорости и метод отражения от поверхности.

Исследования, представленные в данной статье, имеют важное практическое применение в областях, связанных с инженерными изысканиями и неразрушающим контролем состояния грунтовых покрытий.

**А.А. Шакиров, Р.И. Эшлиоглу
ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГЕОРАДАРА ДЛЯ
ТОЧНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ
ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Ключевые слова: обработка данных, коррекция измерений, фильтрация шума, точность измерений, структурная обработка данных, калибровка измерений.

В данной статье рассмотрены важные аспекты первичной обработки данных георадара для оценки асфальтобетонных дорожных покрытий. Обсуждаются методы сортировки данных, коррекции измерений и фильтрации шума, что способствует получению более точных результатов измерений и оценки состояния дорог. Представленные методы могут быть полезными при улучшении дорожной инфраструктуры и обеспечении безопасности на дорогах.

**С.В. Яровой
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА
БУМАГООБРАЗУЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЛОКНИСТЫХ
ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ**

Ключевые слова: программная система, сетевое web-приложение регрессионная модель, волокнистые полуфабрикаты, размол волокнистой массы, дисковая мельница, гарнитура с криволинейной формой ножей, гарнитура ударного типа.

В работе представлена информационная система для расчета основных бумагообразующих показателей волокнистой массы при заданных технологических и конструктивных параметрах размольной установки. Работа системы основывается на математических регрессионных моделях процессов, которые были получены в ходе экспериментальных исследований ножевых гарнитур различных типов.

**Г.Н. Аглиямзянова, Л.З. Гумерова
РАЗРАБОТКА WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ
ОНТОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ЗНАНИЙ**

Ключевые слова: Python, онтологии, веб-интерфейс, JavaScript, HTML и CSS.

Данная статья является продолжением работы авторов по теме интеграции онтологий при проектировании систем управления техническими объектами [1]. В работе разработан веб-интерфейс для разработанного ранее модуля.

**В.В. Андреев, О.В. Андреева, А.М. Самойлов,
Н.П. Тарасова, Д.И. Ракова, А.М. Никулина, Н.Г. Катков,
К.Г. Галстян, И.А. Симонов
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОБОБЩЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ
ПРИВЕДЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, гидравлические испытания, обобщение экспериментальных данных, верификация, прогнозирование.

Рассмотрены результаты оценки параметров обобщенной зависимости приведенных показателей гидравлического сопротивления, которые получены при обработке экспериментальных данных по определению гидравлического сопротивления контуров циркуляции, опубликованных разными

Particular attention is given to analysing the thickness of layers and determining the depth of boundaries between them based on pulse travel times. Various methods for calculating propagation velocity are discussed, including the hyperbolic velocity method and the surface reflection method.

The research presented in this paper has important practical applications in fields related to engineering surveys and non-destructive testing of soil pavements.

**A.A. Shakirov, R.I. Eshelioglu
OPTIMIZATION OF GEORADAR DATA PROCESSING
FOR ACCURATE ESTIMATION OF ASPHALT
CONCRETE PAVEMENT PARAMETERS**

Keywords: data processing, measurement correction, noise filtering, measurement accuracy, structural data processing, measurement calibration.

This paper discusses important aspects of primary GPR data processing for the evaluation of asphalt pavements. The methods of data sorting, measurement correction and noise filtering are discussed, which contribute to more accurate measurement results and road condition assessment. The methods presented may be useful in improving road infrastructure and ensuring road safety.

**S.V. Yarovoy
DEVELOPMENT OF A SOFTWARE SYSTEM FOR
CALCULATING PAPER-FORMING INDICATORS OF
FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCTS BASED ON
REGRESSION MODELS**

Keywords: software system, web-based network application regression model, fibrous semi-finished products, milling of fibrous mass, disk mill, headset with curved shape of knives, shock type headset.

The paper presents an information system for calculating the main paper-forming parameters of the fibrous mass at the specified technological and design parameters of the grinding plant. The operation of the system is based on mathematical regression models of processes that were obtained during experimental studies of knife sets of various types.

**G.N. Aglyamzyanova, L.Z. Gumerova
DEVELOPMENT OF A WEB INTERFACE FOR
CONNECTING ONTOLOGICAL KNOWLEDGE BASES**

Keywords: Python, ontologies, web interface, JavaScript, HTML and CSS.

This article is a continuation of the authors' work on the topic of ontology integration in the design of technical object management systems [1]. In this work, a web interface has been developed for a previously developed module.

**V.V. Andreev, O.V. Andreeva, A.M. Samojlov,
N.P. Tarasova, D.I. Rakova, A.M. Nikulina, N.G. Katkov,
K.G. Galstian, I.A. Simonov
ESTIMATION OF THE PARAMETERS OF THE
GENERALIZED DEPENDENCE OF CONVERTED
INDICATORS OF HYDRAULIC RESISTANCE**

Keywords: hydraulic resistance, hydraulic tests, generalization of experimental data, verification, forecasting.

The results of assessing the parameters of the generalized dependence of the given indicators of hydraulic resistance, which were obtained by processing experimental data on determining the hydraulic resistance of circulation circuits published by different authors, are considered. The wide range of conditions under which the experiments were carried out

авторами. Широкий спектр условий, при которых производились эксперименты, позволяет рассчитывать на универсальный характер такой зависимости и возможность ее использования для прогнозирования показателей гидравлического сопротивления любой другой гидравлической системы.

В.В. Афанасьев, Р.Р. Раупов
СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ МАСКИРУЮЩИХ
СИГНАЛОВ MULTI-SCROLL СИСТЕМЫ SPROTTA

Ключевые слова: динамический хаос,
multi-scroll система Sprotta, селективное режектирование.

Проведены сравнительные исследования двух вариантов избирательного подавления псевдослучайных маскирующих сигналов multi-scroll дискретно-нелинейной системы Sprotta на основе дифференцирования и интегрирования сигнальных компонент. Проанализировано влияние параметров временной дискретизации сигналов дискретно-нелинейной системы Sprotta на эффективность избирательного подавления маскирующих сигналов.

Р.Р. Ахтямов, Р.С. Зарипова
РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СФЕРЫ ТОРГОВЛИ

Ключевые слова: автоматизация, база данных, СУБД,
PostgreSQL, цифровизация, хранение информации, программное обеспечение.

В современном мире информационных технологий процесс цифровизации и автоматизации различных процессов стал неотъемлемой частью для всего бизнеса. В статье рассмотрен вопрос разработки базы данных для организации розничной сети. Разработка базы данных позволит магазину хранить большой объем информации для дальнейшего анализа и составления отчетных документов, повысить эффективность своей деятельности, улучшить управление запасами и снизить затраты на операционные процессы. Это позволит магазину адаптироваться к изменениям на рынке и быстро реагировать на потребности клиентов.

А.В. Волков, С.Л. Крылова, А.В. Марченко
ОЦЕНКА РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ АДМИНИСТРАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ
НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Ключевые слова: нечеткая логика,
уровень защиты, информационная безопасность,
информационные системы, анализ.

В статье разработана модель оценки рисков информационной безопасности в информационной системе администрации сельского поселения с использованием методов нечеткой логики. Исследование показало, что минимальные риски информационной безопасности наблюдаются, в ИС при стабильном функционировании механизмов обеспечения защиты на программно-техническом, административно-организационном и законодательно-правовом уровнях (значения лингвистических переменных ПТ, АО, ЗП не ниже 50). Это подчеркивает важность комплексного подхода к обеспечению защиты информации и ресурсов в исследуемой ГИС.

И.Н. Галеня, А.Н. Коркишко, М.С. Кожухова,
В.С. Вишнеvский, Е.А. Басуматорова
EPC КОНТРАКТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Ключевые слова: строительство, EPC,
контракт, стратегия, подрядчики, затраты, объект,
эксплуатация, договор, сроки, риск.

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день теме строительным проектам, реализуемые с использованием интегрированного контракта EPC. Целью нашего исследования является определить контрактную стратегию, то есть

allows us to count on the universal nature of this dependence and the possibility of using it to predict hydraulic resistance of any other hydraulic system.

V.V. Afanasev, R.R. Raupov
SELECTIVE REJECTION OF MASKING SIGNALS
OF MULTI-SCROLL SPOTTA SYSTEM

Keywords: dynamic chaos, multi-scroll Sprotta system,
selective rejection

The comparative investigation of selective rejection two variants of multi-scroll discrete-nonlinear Sprotta system pseudorandom masking signals on the basis of signals component differentiation and integration are carried out. The influences of signals time sampling parameters of discrete-nonlinear Sprotta system on efficiency of selective rejection of masking signals are investigated.

R.R. Akhtyamov, R.S. Zaripova
DATABASE DEVELOPMENT FOR TRADE
ORGANISATION

Keywords: automation, database, DBMS, PostgreSQL,
digitalisation, information storage, software.

In the modern world of information technologies the process of digitalisation and automation of various processes has become an integral part for all business. The article considers the issue of database development for a retail organisation. The development of a database will allow the shop to store a large amount of information for further analysis and reporting documents, increase the efficiency of its operations, improve inventory management and reduce the cost of operational processes. It will also allow the shop to adapt to changes in the market and respond quickly to customer needs.

A.V. Volkov, S.L. Krylova, A.V. Marchenko,
ASSESSMENT OF INFORMATION SECURITY RISKS IN
THE INFORMATION SYSTEM OF RURAL SETTLEMENT
ADMINISTRATION BASED ON FUZZY LOGIC
METHODS

Keywords: fuzzy logic, security level,
information security, information systems, analysis.

The article presents a model for assessing information security risks in the information system of a rural settlement administration using fuzzy logic methods. The research demonstrates that minimum information security risks are observed in the IS when protection mechanisms operate steadily at the software, administrative-organizational, and legislative levels (with linguistic variable values PT, AO, ZP not lower than 50). This underscores the importance of a comprehensive approach to ensuring the protection of information and resources in the investigated GIS.

I.N. Galenya, A.N. Korkishko, M.S. Kozhukhova,
V.S. Vishnevsky, E.A. Basumatorova
EPC CONTRACTS IN CONSTRUCTION
Keywords: construction, EPC, contract, strategy, contractors,
costs, facility, operation, contract, terms, risk.

The article is devoted to the current topic of construction projects implemented using an integrated EPC contract. The purpose of our research is to define a contract strategy, that is, to choose a contract structure (types of contractors, varieties, sequence of conclusion and interrelation of contracts) that will

выбрать контрактную структуру (типы подрячиков, разновидности, последовательность заключения и взаимосвязь контрактов), которая позволит реализовать проект в кратчайшие сроки, с соблюдением с наименьшими затратами и наиболее эффективным управлением рисками, которые могут быть использованы в нефтегазовых проектах ЕРС. В статье уточняются важность своевременного и комплексного анализа всех факторов при заключении ЕРС контрактов в строительстве. Также авторами рассматриваются основные типы договорной структуры проекта, его цели и задачи использования контрактов ЕРС при реализации крупных строительных проектов. Был проведен всесторонний обзор литературы для выявления рисков в проектах ЕРС. Для анализа и классификации этих рисков было использовано мнение экспертов.

Г.А. Гареева, Д.Р. Григорьева, Г.Н. Савинов, В.Е. Потемкина
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ТРАНСПОРТНОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ

Ключевые слова: разработка,
Visual Studio, автоматизация, логистика.

В данной статье описывается процесс разработки компонента программного модуля, оптимизирующего обработку товарно-транспортных накладных и для повышения эффективности работы отдела логистики. Процесс разработки реализован в среде Microsoft Visual Studio.

Д.С. Горбатенко
ПРОФИЛАКТИКА НАЕЗДОВ НА ПРЕПЯТСТВИЯ НА
УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, наезд на препятствие, улично-дорожная сеть, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика профилактики наездов на препятствия на улицах и автомобильных дорогах. Проведен анализ основных причин наездов на препятствия. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике наездов на препятствия.

А.Л. Золкин, И.В. Журавлева, Ю.В. Скибин, И.А. Поскряков
ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ
С ПОМОЩЬЮ ВНЕДРЕНИЯ СЛОЖНЫХ АЛГОРИТМОВ

Ключевые слова: оптимизация, движение, электропоезд, мультиколлинеарность, векторно-ориентированный, генетический алгоритм, предиктивная аналитика, математическая модель, управление, многокритериальная оптимизация, минимакс, фронт Парето.

В данной работе авторами рассмотрен вопрос проблематики оптимизации движения электропоездов в условиях мультиколлинеарности, когда несколько поездов движутся между собой и взаимодействуют, что приводит к сложным взаимосвязям и ограничениям в управлении. Для решения этой проблемы предложен векторно-ориентированный подход с использованием генетических алгоритмов. Векторно-ориентированный подход позволяет учитывать несколько целей и ограничений одновременно, формируя множество компромиссных решений, которые образуют фронт Парето. Оптимизация движения электропоездов – это многокритериальная задача, где находится множество оптимальных решений, а не одно единственное решение. При выборе оптимального решения следует учитывать компромисс между различными целями и ограничениями, чтобы найти баланс между экономической эффективностью, безопасностью и пунктуальностью движения. Это позволяет искать оптимальные маршруты и параметры движения для каждого поезда, учитывая различные цели, такие как минимизация времени задержек, энергопотребления, предотвращение столкновений и соблюдение расписания. Для реализации данного

allow the project to be implemented in the shortest possible time, in compliance with the lowest costs and the most effective risk management, which can be used in EPC oil and gas projects. The article clarifies the importance of timely and comprehensive analysis of all factors when concluding EPC contracts in construction. The authors also consider the main types of contractual structure of the project, its goals and objectives of using EPC contracts in the implementation of large construction projects. A comprehensive literature review was conducted to identify risks in EPC projects. Expert opinion was used to analyze and classify these risks.

G.A. Gareeva, D.R. Grigoreva, G.N. Savinov, V.E. Potemkina
OPTIMIZATION OF TRANSPORT DOCUMENTATION
PROCESSING

Keywords: development, Visual Studio, automation, logistics. This article describes the process of developing a component of the software module that optimizes the processing of bills of lading and to improve the efficiency of the logistics department. The development process is realized in Microsoft Visual Studio environment.

D.S. Gorbatenko
PREVENTION OF COLLISIONS WITH OBSTACLES ON
THE ROAD NETWORK

Keywords: road safety, traffic accident, collision with an obstacle, road network, traffic violations, accident prevention. The article discusses the problems of preventing collisions with obstacles on streets and highways. An analysis of the main causes of collisions with obstacles was carried out. Measures to prevent collisions with obstacles have been proposed and theoretically substantiated.

A.L. Zolkin, I.V. Zhuravleva, Yu.V. Skibin, I.A. Poskryakov
OPTIMIZATION OF MOVEMENT BY ELECTRIC TRAINS
THROUGH THE INTRODUCTION OF COMPLEX
ALGORITHMS

Keywords: optimization, movement, electric trains, multicollinearity, vector-oriented, genetic algorithm, predictive analytics, mathematical model, control, multi-objective optimization, minimax, Pareto front.

In this article, the authors propose to consider the issue of optimizing the movement of electric trains in conditions of multicollinearity, when several trains move with each other and interact, which leads to complex relationships and restrictions in control. To solve this problem, a vector-oriented approach using genetic algorithms was proposed. The vector-oriented approach allows you to take into account several goals and constraints at the same time, forming a set of trade-off solutions that form the Pareto front. The optimization of the movement of electric trains is a multicriteria problem, where there are many optimal solutions, and not just one single solution. When choosing the optimal solution, the trade-off between different goals and constraints should be taken into account in order to find a balance between economic efficiency, safety and traffic punctuality. This allows you to search for the best routes and traffic parameters for each train, considering various goals such as minimizing delay time, energy consumption, collision avoidance and schedule compliance. To implement this approach, a genetic algorithm was proposed, which is based on the ideas of natural selection and mutation. The genetic algorithm allows you to explore the

подхода, предложен генетический алгоритм, который основан на идеях естественного отбора и мутации. Генетический алгоритм позволяет исследовать пространство параметров и находить оптимальные решения для задачи оптимизации движения электропоездов. В работе использован метод минимакса для интеграции различных оптимизационных составляющих и достижения компромиссного решения. Задача оптимизации движения электропоездов имеет большую практическую значимость, так как улучшение управления движением может привести к снижению энергопотребления, сокращению времени задержек, повышению безопасности и эффективности использования железнодорожной инфраструктуры. Однако следует отметить, что при реализации и настройке алгоритма требуется учитывать особенности конкретной системы управления электропоездами, а также возможные ограничения и требования. В целом, векторно-ориентированный подход с использованием генетических алгоритмов представляет собой мощный инструмент для оптимизации движения электропоездов и может быть применен для решения различных задач предиктивной аналитики в железнодорожной индустрии.

А.Л. Золкин, Л.В. Куныгина, Е.А. Попова, А.О. Шилин
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ НА
ПРЕДМЕТ ВЫЯВЛЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ЗА
СЧЕТ СРЕДСТВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: оптимизация, железнодорожный состав, аварийные ситуации, компьютерное зрение, дистанционное аудиовизуальное управление, метод Маккласки, критерии, нечеткие переменные, многокритериальная оптимизация.

В данной работе представлена модель разработки системы многокритериальной оптимизации и обработки рисков для железнодорожного подвижного состава с использованием базовых принципов организации киберфизического взаимодействия на основе нечеткой логики. Система разработана с целью обеспечить безопасное и эффективное функционирование железнодорожного подвижного состава, обнаруживая и реагируя на потенциальные аварийные ситуации в режиме реального времени. Основными компонентами системы являются программный модуль, основанный на методе для многокритериальной оптимизации и принятия решений, а также нечеткой логике, которая позволяет эффективно обрабатывать полученные данные. Такой подход позволяет анализировать данные с неопределенностью и шумами, повышая достоверность принимаемых решений. Компьютерное зрение и дистанционное аудиовизуальное управление используются для мониторинга различных параметров железнодорожного состава, таких как скорость, температура и давление, обеспечивая надежное и своевременное выявление потенциальных рисков. Система включает шестнадцать критериев, каждый из которых представлен нечеткими переменными. Модуль обработки рисков на базе нечеткой логики оценивает общий уровень риска, что позволяет оперативно принимать меры по предотвращению аварийных ситуаций. Дополнительно, в системе предусмотрен специализированный дешифратор адреса, определяющий приоритетные параметры для оптимального функционирования системы. Проведенное исследование подтверждает эффективность разработанной системы для решения задач обработки рисков и оптимизации работы железнодорожного подвижного состава. Интеграция компьютерного зрения, дистанционного управления и нечеткой логики способствует более точному анализу и принятию обоснованных решений, обеспечивая повышение безопасности и эффективности железнодорожных операций. Данная система имеет высокий потенциал для применения в железнодорожной отрасли и может значительно улучшить управление

parameter space and find optimal solutions for the problem of optimizing the movement of electric trains. We used the minimax method to integrate various optimization components and reach a compromise solution. The task of optimizing the movement of electric trains is of great practical importance, since the improvement of traffic control can lead to a reduction in energy consumption, a reduction in delay times, and an increase in safety and efficiency in the use of railway infrastructure. However, it should be noted that the implementation and tuning of the algorithm can be a non-trivial task, and it is required to take into account the features of a particular electric train control system, as well as possible restrictions and requirements. In general, the vector-oriented approach using genetic algorithms is a powerful tool for optimizing the movement of electric trains and can be applied to solve various problems of predictive analytics in the railway industry.

A.L. Zolkin, L.V. Kunyгина, E.A. Popova, A.O. Shilin
OPTIMIZATION OF RAILWAY ROLLING STOCK
OPERATION DURING MOVEMENT FOR THE PURPOSE
OF IDENTIFYING EMERGENCY SITUATIONS USING
SYSTEM ANALYSIS

Keywords: optimization, railway composition, emergency situations, computer vision, remote audio-visual control, McCloskey method, criteria, fuzzy variables, multi-criteria optimization, risk processing system.

The present study introduces a model for developing a multi-criteria optimization and risk processing system for railway rolling stock using the fundamental principles of cyber-physical interaction based on fuzzy logic. The system is designed to ensure safe and efficient operation of railway trains by detecting and responding to potential emergency situations in real-time. The key components of the system include a software module based on methods for multi-criteria optimization and decision-making, as well as fuzzy logic, which effectively manages uncertainties in collected data. This approach allows for processing data with uncertainties and noise, thereby increasing the reliability of decision-making. Computer vision and remote audio-visual control are utilized to monitor various parameters of the railway rolling stock, such as speed, temperature, and pressure, enabling reliable and timely detection of potential risks. The system comprises sixteen criteria, each represented by fuzzy variables. The risk processing module, based on fuzzy logic, evaluates the overall risk level, facilitating prompt measures to prevent emergency situations. Additionally, a specialized address decoder is incorporated into the system, determining priority parameters for optimal system functioning. The study confirms the effectiveness of the developed system in addressing risk processing and optimization tasks for railway rolling stock. The integration of computer vision, remote control, and fuzzy logic enables more accurate analysis and well-founded decision-making, enhancing safety and efficiency of railway operations. The system holds significant potential for implementation in the railway industry and can greatly improve the management of railway rolling stock, reduce the risks of emergency situations, and ensure a more reliable and secure operation. The research outcomes can be applied to enhance the safety, reliability, and efficiency of railway transport, contributing to economic development and improved service quality.

железнодорожным подвижным составом, снизить риски аварийных ситуаций и обеспечить более надежную и безопасную эксплуатацию. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения безопасности, надежности и эффективности железнодорожного транспорта, что в свою очередь способствует развитию экономики и повышению качества транспортных услуг.

А.Л. Золкин, Н.Ю. Логунова, Е.А. Арнаутков, А.Н. Лосев
ВНЕДРЕНИЕ СРЕДСТВ ОПЕРАЦИОННОЙ АНАЛИТИКИ В
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ
ИНФОРМАЦИИ В СЛОЖНОЙ БИЗНЕС-СИСТЕМЕ ЕДИНОГО
ЦЕНТРА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Ключевые слова: внедрение операционной аналитики, телекоммуникационное обеспечение, передача информации, бизнес-система, центр хранения данных, производительность, задержки, безопасность, метод множителей Лагранжа, чувствительность, оптимизация.

В данном исследовании рассматривается внедрение операционной аналитики в инфраструктуру телекоммуникационной передачи информации в сложной бизнес-системе единого центра хранения данных. Целью данного исследования является повышение производительности, снижение задержек и улучшение безопасности в данной бизнес-системе. Анализируется текущая сетевая инфраструктура, хранилище данных и используемые технологии для определения возможных взаимодействий новой системы аналитики с уже существующими компонентами. Предложенный метод позволяет эффективно искать оптимальные решения при наличии ограничений и нелинейных целевых функций. Полученные функции позволяют определить оптимальные параметры внедрения операционной аналитики для обеспечения наилучшей производительности, надежности и безопасности в сложной бизнес-системе единого центра хранения данных. Это имеет важное практическое значение для телекоммуникационных компаний и центров хранения данных, которые стремятся повысить эффективность своих систем и обеспечить более высокий уровень безопасности в условиях растущих требований к обработке и передаче информации. В ходе исследования также проводится анализ существующей инфраструктуры, определяются входные переменные, влияющие на процесс внедрения операционной аналитики, такие как уровень инфраструктуры, доступные ресурсы (пропускная способность каналов, вычислительные мощности и т.д.), а также степень неопределенности в данных. Для оптимизации системы внедрения операционной аналитики применяется метод множителей Лагранжа, что позволяет учитывать ограничения безопасности в виде неравенств и равенств, а уровни доступа субъектов становятся переменными в задаче условной оптимизации. Кроме того, анализируется чувствительность системы к изменениям входных параметров и рассматривается влияние различных сценариев на производительность и безопасность бизнес-системы центра хранения данных. Результаты проведенного исследования представляют практическую ценность для руководителей телекоммуникационных компаний и центров хранения данных, позволяя принимать обоснованные решения по оптимизации системы передачи информации и обеспечения безопасности данных при внедрении операционной аналитики в сложных бизнес-системах единого центра хранения данных.

Г.Ю. Каравашкин, А.Н. Коркишко,
А.В. Набоков, М.С. Чухлатый, Г.М. Романова
КОНТРАКТНАЯ СТРАТЕГИЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ
ОБУСТРОЙСТВО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ключевые слова: контрактная стратегия, поверхностное обустройство, месторождение, нефтегазовая отрасль, проект, заказчик, проектирование, решение.

A.L. Zolkin, N.Yu. Logunova, E.A. Arnautov, A.N. Losev
IMPLEMENTATION OF OPERATIONAL ANALYTICS IN
TELECOMMUNICATION INFORMATION
TRANSMISSION INFRASTRUCTURE IN A COMPLEX
BUSINESS SYSTEM OF A UNIFIED DATA CENTER

Keywords: implementation of operational analytics, telecommunication provisioning, information transmission, business system, data center, performance, delays, security, Lagrange multipliers method, sensitivity, optimization.

The research focuses on the implementation of operational analytics in the infrastructure of telecommunication information transmission within a complex business system of a unified data center. The objective of this study is to enhance performance, reduce delays, and improve security within the mentioned business system. An analysis is conducted on the current network infrastructure, data storage, and utilized technologies to determine potential interactions of the new analytics system with existing components. The obtained functions enable the identification of optimal parameters for the implementation of operational analytics to ensure the best performance, reliability, and security within the complex business system of the unified data center. This holds significant practical value for telecommunication companies and data centers that strive to increase system efficiency and ensure higher security levels amidst growing demands for data processing and transmission. During the research, an analysis of the existing infrastructure is also conducted, and input variables influencing the process of operational analytics implementation are identified, such as infrastructure levels, available resources (channel bandwidth, computational power, etc.), and the degree of data uncertainty. To optimize the implementation system, the method of Lagrange multipliers is employed, allowing for the consideration of security constraints in the form of inequalities and equalities, with subject access levels becoming variables in the conditional optimization problem. Additionally, sensitivity analysis is performed to evaluate the system's response to changes in input parameters, and the impact of various scenarios on the performance and security of the business system in the data center is examined. The results of this research provide practical value for the decision-making process of telecommunication companies and data centers' management, enabling them to make well-informed decisions regarding the optimization of information transmission systems and data security during the implementation of operational analytics in complex business systems of unified data centers.

G.Y. Karavashkin, A.N. Korkishko,
A.V. Nabokov, M.S. Chuklaty, G.M. Romanova
CONTRACT STRATEGY FOR THE SURFACE
DEVELOPMENT OF THE FIELD

Keywords: contract strategy, surface development, field, oil and gas industry, project, customer, design, solution.
The relevance of this review study is due to the changes taking

Актуальность данного обзорного исследования обусловлено изменениями, происходящими в нефтегазовой отрасли относительно оценки влияния неопределенностей на выбор стратегии разработки месторождения, а именно на последовательность поверхностного обустройства месторождения. В современных нефтегазовых компаниях большое внимание уделяется оценке экономических рисков, связанных с геологическими, макроэкономическими и политическими неопределенностями. В соответствии с этим при составлении стратегии разработки месторождения все большее приоритет отдается динамическим стратегиям бурения скважин, которые учитывают данные неопределенности и связанные с ними риски.

О.Н. Корелин, К.М. Гузнов, П.А. Шагалова
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ myRIO
В РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ГРАНИЦ
ИЗОБРАЖЕНИЯ

Ключевые слова: myRIO, использование LabView, FPGA, Vitis, оператор Собеля, обработка изображения на FPGA.
В статье рассматривается использование FPGA составляющей аппаратной платформы myRIO для обработки изображения. Описана реализация алгоритма оператора Собеля для выделения границ объектов. Предложена и опробована разработка в среде Vitis HLC, как альтернатива языкам программирования VHDL и Verilog.

В.А. Коровяев, А.А. Сатаев, В.В. Андреев
ВЕРИФИКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ
ВОДЯНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ВОКРУГ
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЦИЛИНДРА

Ключевые слова: свободная конвекция, вычислительная гидродинамика, модельный эксперимент, теплоотдача.
В работе представлены результаты моделирования с использованием методов вычислительной гидродинамики и теплофизического эксперимента на исследовательском стенде. Основной целью является верификация компьютерного моделирования процесса конвективной теплоотдачи. Были получены значения характерных температур в модели, коэффициент теплоотдачи в условиях моделирования и эксперимента.

В.В. Косулин
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ВЫБРОСОВ
ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: прогнозирование, нейронные сети, метод обратного распространения, глубокие нейронные сети, обучение с учителем.
В работе рассматривается возможность применения нейронных сетей для мониторинга вредных выбросов промышленных предприятий. Описывается процесс разработки и обучения нейронной сети с применением языка программирования PYTHON и проверка на качество обученной модели. Рассматривается также программный комплекс для наглядного проведения мониторинга выбросов на предприятии, выявлены основные требования к программному продукту.

М.О. Лапшов, А.А. Ашрятов
МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ГИБКИХ СВЕТОДИОДНЫХ
ЭКРАНОВ

Ключевые слова: светодиодные экраны, гибкие экраны, RGB-матрица, токопроводящие дорожки, топология платы.
Данная статья представляет результаты исследовательской деятельности, направленной на разработку методов конструирования светодиодных экранов. В статье описываются современные методы конструирования гибких светодиодных экранов на гибких подложках. Описывается технология, которая используется при изготовлении изделий и мировые технологические тренды.

place in the oil and gas industry regarding the assessment of the impact of uncertainties on the choice of a field development strategy, namely, on the sequence of surface development of the field. In modern oil and gas companies, much attention is paid to the assessment of economic risks associated with geological, macroeconomic and political uncertainties. Accordingly, when drawing up a field development strategy, more and more priority is given to dynamic drilling strategies that take into account these uncertainties and the risks associated with them.

O.N. Korelin, K.M. Guznov, P.A. Shagalova
USING THE myRIO HARDWARE PLATFORM IN
IMPLEMENTING AN IMAGE BORDERS DETECTION
ALGORITHM

Keywords: myRIO, using LabView, FPGA, Vitis, Sobel operator, image processing on FPGA.
The article discusses the use of the FPGA component of the myRIO hardware platform for image processing. The implementation of the Sobel operator algorithm for identifying object boundaries is described. Development in the Vitis HLC environment was proposed and tested as an alternative to the VHDL and Verilog programming languages.

V.A. Korovaev, A.A. Sataev, V.V. Andreev
VERIFICATION STUDY OF HEAT TRANSFER
PROCESSES WITH FREE CONVECTION OF A WATER
COOLANT AROUND A HORIZONTAL CYLINDER
Keywords: free convection, computational fluid dynamics, model experiment, heat transfer.

The paper presents the results of modeling using computational fluid dynamics methods and a thermophysical experiment at a research stand. The main goal is to verify the computer simulation of the convective heat transfer process. The values of characteristic temperatures in the model, the heat transfer coefficient in the conditions of simulation and experiment were obtained.

V.V. Kosulin
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE
SYSTEMS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF
ENTERPRISE EMISSIONS

Keywords: forecasting, neural networks, back propagation method, deep neural networks, teaching with a teacher.
The paper examines the possibility of using neural networks to monitor harmful emissions from industrial enterprises. The process of developing and training a neural network using the PYTHON programming language and checking the quality of the trained model is described. A software package for visual monitoring of emissions at an enterprise is also considered, and the basic requirements for the software product are identified.

M.O. Lapshov, A.A. Ashryatov
METHODS OF DESIGNING FLEXIBLE LED SCREENS
Keywords: LED screens, flexible screens, RGB matrix, conductive paths, printed circuit board topology.

This article presents the results of research activities aimed at developing methods for designing LED screens. The article describes modern methods of designing flexible LED screens on flexible substrates. The technology used in the manufacture of products and global technological trends are described.

Е.Е. Миргородская, Н.П. Митяшин, Д.А. Васильев,
Ю.Б. Томашевский, О.В. Ушакова, А.Е. Черных, Е.В. Трегубова
КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ
ЭЛИТНЫХ ГРУПП

Ключевые слова: элитная группа, модель, функциональная позиция, компетенция, оптимизация, перестановка, степень компетенции.

В статье представлен вариант модели элитных групп, т.е. коллективов сотрудников высокой квалификации некоторой предметной области. Особенность модели заключается в многокритериальной оценке членов элитной группы, в которой критериями служат компетенции рассматриваемой предметной области. Компетентностный подход позволяет дифференцировать функциональные позиции группы, количественно оценивать соответствие претендентов на замещение конкретных позиций, а также качество ее комплектования по введенному показателю степени компетенции. В качестве примера использования модели приводится решение задачи оптимального комплектования элитной группы по ее степени компетенции.

Т.И. Михеева, К.А. Молодыко, А.М. Смолев
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РОЕВОЙ
РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ITSGIS

Ключевые слова: роевая роботизированная система, роевые алгоритмы, децентрализованная система, взаимодействие агентов, ITSGIS.

В работе представлена спроектированная модель роевой роботизированной системы ITSGIS, обоснован ее функционал, схема взаимодействия и уязвимости. Описано определение роевой системы.

Ю.Ю. Никонов
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ETL
В ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: ETL, xslt схема, xml, json, интеграция, информационная система.

В статье рассматривается проблема интеграции информационных систем. Выполнен анализ методов и технологий интеграции. Проанализирована технология ETL и обосновано ее использование для интеграции.

А.И. Остапчук, Ю.В. Малюсин,
И.В. Усовик, П.О. Дроздова, И.А. Бойченко
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА DIARA
В МНОГОСПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Ключевые слова: DIARA (Dynamic Intelligent Adaptive Routing Algorithm), многоспутниковые системы связи, маршрутизация данных, эффективность связи, надежность связи, пропускная способность.

Этот аналитический обзор исследует роль алгоритма Dynamic Intelligent Adaptive Routing Algorithm (DIARA) в многоспутниковых системах связи. DIARA представляет собой адаптивный маршрутизационный алгоритм, разработанный для повышения эффективности и надежности связи в многоспутниковых орбитальных группировках [1]. Алгоритм DIARA использует различные параметры, включая задержку, пропускную способность и энергетические ресурсы, для выбора оптимальных маршрутов передачи данных.

Н.В. Пашинова, Г.Ж. Хандакова, Т.И. Котова,
И.З. Чимитова, Э.В. Цыбикова, В.Х. Даржаев, Н.Д. Балданов
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ
РАСТЕНИЙ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ
БУРЯТИЯ

Ключевые слова: лекарственные растения, урожайность и валовой сбор зерновых культур, орошение земель, мелиорация земель.

E.E. Mirgorodskaya, N.P. Mityashin, D.A. Vasiliev,
Yu.B. Tomashevsky, O.V. Ushakova,
A.E. Chernykh, E.V. Tregubova
COMPETENCE-BASED APPROACH TO SIMULATING
ELITE GROUPS

Keywords: elite group, model, functional position, competence, optimization, rearrangement, competence degree.

The paper presents a variant of the elite group model, i.e. teams of highly qualified employees in a certain subject area. The peculiarity of the model is the multi-criteria assessment of members of the elite group, in which the criteria are the competencies of the considered subject area. The competence-based approach makes it possible to differentiate the functional positions of a group, quantitatively assess the suitability of applicants for filling specific positions, as well as the quality of its staffing according to the introduced indicator of the competence degree. The solution of the optimal recruitment problem of an elite group according to its competence degree is given as an example of the model using.

T.I. Mikhееva, K.A. Molodyko, A.M. Smolev
THE BASIC PRINCIPLES OF THE FUNCTIONING OF THE
SWARM ROBOTIC SYSTEM ITSGIS

Keywords: swarm robotic system, swarm algorithms, decentralized system, agent interaction, ITSGIS.

The paper presents a designed model of a swarm robotic system, substantiates its functionality, interaction scheme and vulnerabilities. The definition of a swarm system is described.

Y.Y. Nikonov
RESEARCH OF THE APPLICATION OF ETL
TECHNOLOGY IN THE INTEGRATION OF AUTOMATED
INFORMATION SYSTEMS

Keywords: ETL, xslt scheme, xml, json, integration, information system.

The article deals with the problem of information systems integration. The analysis of methods and technologies of integration is carried out. ETL technology is analyzed and its use for integration is substantiated.

A.I. Ostapchuk, Y.V. Malyusin,
I.V. Usovik, P.O. Drozdova, I.A. Boychenko
ANALYTICAL INVESTIGATION OF THE DIARA
ALGORITHM IN MULTI-SATELLITE COMMUNICATION
SYSTEMS

Keywords: DIARA (Dynamic Intelligent Adaptive Routing Algorithm), multi-satellite communication systems, data routing, communication efficiency, communication reliability, bandwidth.

This analytical review explores the role of the Dynamic Intelligent Adaptive Routing Algorithm (DIARA) in multi-satellite communication systems. DIARA is an adaptive routing algorithm designed to enhance the efficiency and reliability of communication in multi-satellite orbital constellations. The DIARA algorithm utilizes various parameters, including delay, bandwidth, and energy resources, to select optimal routes for data transmission.

N.V. Pashinova, G.Zh. Khandakova, T.I. Kotova,
I.Z. Chimitova, E.V. Tsybikova, V.Kh. Darzhaev,
N.D. Baldanov

PROSPECTS FOR THE USE OF MEDICINAL PLANTS
AND GRAIN CROPS IN THE REPUBLIC OF BURYATIA
Keywords: medicinal plants, productivity and gross harvest of grain crops, land irrigation, land reclamation.
In the Republic of Buryatia, medicinal plants are widely used,

В Республике Бурятия широко используют лекарственные растения, главным образом для укрепления здоровья, профилактики и лечения хронических заболеваний. Издревле известно, что лекарственные растения и зерновые культуры богаты витаминами, необходимыми для здоровья человека. Главным условием увеличения производства зерна в Республике Бурятия является всемерное повышение урожайности за счет коренного улучшения земель. В статье произведен анализ валового сбора и урожайности зерновых культур в Республике Бурятия с 2018 по 2021 годы. Рассмотрены методы орошения зерновых культур для увеличения их урожайности, а так же разновидности диких и культурных лекарственных растений произрастающих на территории Республики Бурятия.

Е.А. Салтанаева, Р.И. Эшлиоглу, И.М. Логина
ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ПО
СТАТИСТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ДАННЫХ

Ключевые слова: пакеты прикладных программ, анализ данных, корреляционный анализ, статистические методы, регрессионный анализ, принятия решений, стратегия.

В работе приведены примеры задач анализа данных с использованием методов первичной статистической обработки данных при исследовании наблюдений о сложных системах. Предложены пакеты прикладных программ, наиболее часто используемые для решения статистических задач. Приведены преимущества пакета STATISTICA, как оптимального и удобного к изучению среди других специализированных пакетов.

Е.А. Салтанаева, Р.И. Эшлиоглу, Э.А. Набиуллина
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКА
ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В ОПТИМИЗАЦИИ
ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: библиотеки Python, процессы обработки информации, интеграция, пакеты прикладных программ, анализ данных.

Статья рассматривает перспективы развития использования языка программирования Python в оптимизации процессов обработки информации. В ней описываются основные возможности и функциональность языка Python, которые позволяют эффективно обрабатывать и анализировать данные. Также рассматривается использование библиотек и инструментов Python, которые помогают улучшить процессы обработки информации. Описывается интеграция Python с другими технологиями и инструментами для эффективной обработки информации, а также использования языка программирования Python в оптимизации процессов обработки информации.

А.А. Сатаев, Е.Д. Ковтун, Н.А. Иванов
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ
ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИ ВЫСОКОМ СОЛЕСОДЕРЖАНИИ

Ключевые слова: обратный осмос, мембрана, селективность, высокое солесодержание

В статье рассматривается постановка задачи применения методов системного анализа к вопросам экспериментального исследования процессов работы обратноосмотических мембранных элементов при высоком солесодержании. Основной целью исследования является комплексное рассмотрение влияния воздействия различных внешних факторов, создание инструментов идентификации, визуализации и моделирования данных процессов для повышения точности оценки и прогнозирования процессов работы обратноосмотических мембранных элементов при высоком солесодержании.

mainly to improve health, prevent and treat chronic diseases. It has been known since ancient times that medicinal plants and grain crops are rich in vitamins necessary for human health. The main condition for increasing grain production in the Republic of Buryatia is a comprehensive increase in productivity through radical land improvement. The article analyzes the gross harvest and yield of grain crops in the Republic of Buryatia from 2018 to 2021. Methods for irrigating grain crops to increase their yield, as well as varieties of wild and cultivated medicinal plants growing on the territory of the Republic of Buryatia, are considered.

E.A. Saltanaeva, R.I. Eshelioglu, I.M. Loginova
STATISTICAL DATA ANALYSIS APPLICATION
PACKAGES

Keywords: application packages, data analysis, correlation analysis, statistical methods, regression analysis, decision making, strategy.

The paper presents examples of data analysis problems using the methods of primary statistical data processing in the study of observations about complex systems. Application software packages most frequently used for solving statistical problems are proposed. The advantages of the STATISTICA package are given as optimal and convenient for studying among other specialized packages.

E.A. Saltanaeva, R.I. Eshelioglu, E.A. Nabiullina
PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE USE
OF THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE IN
OPTIMIZING INFORMATION PROCESSING PROCESSES

Keywords: Python libraries, information processing processes, integration, application packages, data analysis.

The article examines the prospects for the development of the use of the Python programming language in optimizing information processing processes. It describes the basic features and functionality of the Python language that allow you to effectively process and analyze data. It also covers the use of Python libraries and tools that help improve information processing processes. Describes the integration of Python with other technologies and tools for efficient information processing, as well as the use of the Python programming language in optimizing information processing processes.

A.A. Sataev, E.D. Kovtun, N.A. Ivanov
SYSTEM ANALYSIS OF THE PROCESSES OF
OPERATION OF REVERSE OSMOTIC MEMBRANE
ELEMENTS WITH HIGH SALINITY

Keywords: reverse osmosis, membrane, selectivity, high salinity.

The article discusses the formulation of the problem of applying systems analysis methods to the issues of experimental research of the processes of operation of reverse osmosis membrane elements at high salt content. The main goal of the study is a comprehensive consideration of the influence of various external factors, the creation of tools for identification, visualization and modeling of these processes to improve the accuracy of assessment and prediction of the operating processes of reverse osmosis membrane elements at high salt content.

Е.С. Соколова, Е.А. Басуматорова, С.В. Пелькова
УКРЕПЛЕНИЕ ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ
ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ключевые слова: платежеспособность, промышленная организация, компания, показатели, актив, кредитная политика, денежные средства, обязательства.

Актуальность данного обзорного исследования обусловлено показателями платежеспособности компании, которая демонстрирует стремительный рост, однако наблюдается тенденция к их снижению, обусловленная резким увеличением кредиторской задолженности. При этом коэффициенты абсолютной и промежуточной ликвидности остались значительно выше установленных для них пороговых значений. Следовательно, в течение анализируемого периода компания оставалась платежеспособной, и была в состоянии погасить свои краткосрочные обязательства.

А.С. Хачиров, М.А. Иванова, А.Н. Дьячковская
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ CRM В ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
АГЕНТСТВА НЕДВИЖИМОСТИ

Ключевые слова: CRM система, клиент-сервер, база данных, структура, модуль.

В научной статье приведены этапы разработки CRM системы на примере агентства недвижимости. При разработке использовалась технология "клиент-сервер". Она дает пользователю большую безопасность, устойчивость, согласованность, масштабируемость, повышенную конфиденциальность и надежность обработки и хранения информации.

Г.А. Алексеев, В.Н. Кудашов,
Е.Г. Селина, В.А. Селин, Н.А. Селин
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ
ПОКРЫТИЙ ВДАВЛИВАНИЕМ ИНДЕНТОРА

Ключевые слова: прецизионный регулярный микрорельеф (ПРМ), микротвердость, бицилиндрический индентор, пластичность. Рассматриваются вопросы определения пластичности и микротвердости тонких покрытий, применяемых в процессе автоматизированного образования прецизионного регулярного микрорельефа с применением алмазного индентора специальной формы.

О.В. Воркунов, В.В. Максимов, П.В. Тарасенко
КОММУТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИНХРОННОМ
ВАКУУМНОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ 6(10) кВ

Ключевые слова: модель синхронного выключателя, высокочастотные перенапряжения, управляемая коммутация, характеристики выключателя.

В данной работе с помощью программной среды MATLAB-Simulink разработана имитационная модель вакуумного выключателя, учитывающая реальные характеристики аппарата и способная реализовать принципы управляемой коммутации. Проведена проверка его работы в виртуально созданной электрической сети 6(10) кВ. Путем компьютерного моделирования получены данные, которые позволяют проводить сравнение, анализ, а также оценку эффективности снижения коммутационных перенапряжений для конкретного энергетического объекта.

Г.А. Гареева, Р.Р. Басыров, М.В. Южаков,
А.А. Галимов, А.И. Габидуллина
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК
КЛИЕНТОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

Ключевые слова: разработка, эффективность, оптимизация, бот.

В статье предложен вариант повышения эффективности деятельности предприятия в сфере автомобилестроения путем автоматизации процесса обработки заявок клиентов посредством Telegram бота. Продемонстрирован алгоритм создания базы данных и реализация кода программы.

E.S. Sokolova, E.A. Basumatorova, S.V. Pelkova
STRENGTHENING SOLVENCY
INDUSTRIAL ORGANIZATION

Keywords: solvency, industrial organization, company, indicators, asset, credit policy, cash, liabilities.

The relevance of this review study is due to the indicators of the solvency of the company, which demonstrates rapid growth, however, there is a tendency to decrease them due to a sharp increase in accounts payable. At the same time, the absolute and intermediate liquidity ratios remained significantly higher than the thresholds set for them. Consequently, during the analyzed period, the company remained solvent and was able to repay its short-term obligations.

A.S. Khachirov, M.A. Ivanova, A.N. Dyachkovskaya
DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF CRM
INTO THE ACTIVITIES OF A REAL ESTATE AGENCY

Keywords: CRM system, client-server, database, structure, module.

The scientific article describes the stages of developing a CRM system using the example of a real estate agency. During development, client-server technology was used. It provides the user with greater security, resilience, consistency, scalability, increased privacy and reliability of information processing and storage.

G.A. Alekseev, V.N. Kudashov,
E.G. Selina, V.A. Selin, N.A. Selin
DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES
OF THIN COATINGS BY INDENTATION
OF THE INDENTER

Keywords: precision regular microrelief (PRM), microhardness, bicylindrical indenter, plasticity.

The issues of determining the plasticity and microhardness of thin coatings used in the process of automated formation of a precision regular microrelief using a diamond indenter of a special shape are considered.

O.V. Vorkunov, V.V. Maksimov, P.V. Tarasenko
COMMUTATION PROCESSES IN CONTROLLED 6(10)
kV VACUUM CIRCUIT BREAKER

Keywords: synchronous circuit breaker model, high-frequency overvoltages, controlled switching, circuit breaker characteristics.

In this paper, using MATLAB-Simulink software environment, a simulation model of a vacuum circuit breaker has been developed, taking into account the real characteristics of the device and capable of realizing the principles of controlled switching. Its operation in a virtually created electric network 6(10) kV is tested. By means of computer modeling the data are obtained, which allow comparison, analysis, as well as the effectiveness of reducing switching overvoltages for a particular power facility.

G.A. Gareeva, R.R. Basyrov, M.V. Yuzhakov,
A.A. Galimov, A.I. Gabidullina
AUTOMATION OF THE PROCESS OF PROCESSING
CUSTOMER REQUESTS FOR AUTOMOTIVE
ENTERPRISES

Keywords: development, efficiency, optimization, bot.

The article offers a variant of increasing the efficiency of the enterprise in the automotive industry by automating the process of processing customer requests through Telegram bot. The algorithm of database creation and implementation of the program code are demonstrated.

А.Г. Горюнов, Е.А. Суханов, А.Ю. Сапсына
ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ПОРТРЕТА
ОПЕРАТОРА АСУ ТП

Ключевые слова: АСУ ТП, технологическая платформа, подготовка операторов, цифровой портрет оператора.

В работе рассмотрены вопросы математического моделирования цифрового портрета оператора автоматизированных процессов, применяемого в целях подготовки и повышения скорости реагирования в штатных и нештатных ситуациях. Предлагаемый подход позволит создавать и анализировать комплекс характеристик оператора и соответственно в дальнейшем подбирать индивидуальную траекторию обучения.

Р.Р. Зиятдинов, И.Н. Хамматуллин
СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ
СЕТЕЙ

Ключевые слова: системы безопасности промышленных роботов, искусственный интеллект, нейронные сети.

Современными тенденциями машиностроения являются автоматизация и роботизация производственных процессов. Это связано с необходимостью повышения качества выпускаемой продукции, а также острой нехваткой производственного персонала. Внедрение промышленных роботов, в том числе коллаборативных, требует использования соответствующих систем безопасности. В статье предлагается использование систем безопасности промышленных роботов на основе искусственных нейронных сетей и технического зрения.

И.Д. Коновалов, В.Н. Некрасова, М.А. Волков
К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ
ON THE ISSUE OF IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRIC
SUPPLY TO CONSUMERS

Ключевые слова: smart grid, интеллектуальная защита, реклоузер, напряжение 20 кВ.

Целью работы являлось обосновать актуальность применения интеллектуальной защиты линий электропередач (ЛЭП), показать преимущества внедрения ЛЭП 20 кВ для электроснабжения городских районов. В работе были решены следующие задачи: выполнен анализ тенденций развития систем защиты линий электроснабжения, разработано современное техническое решение по защите выбранной линии, определен технико-экономический эффект.

Нгуен Тхи Тху, Р.С. Зарипова, Нгуен Фук Хау
ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ: РЕВОЛЮЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОСТИ

Ключевые слова: IoT, интеллектуальные устройства, индустрия 4.0, подключенные вещи, Интернет вещей, цифровые технологии.

Интернет вещей (IoT) соединяет повседневные вещи с сетью Интернет, делая их интеллектуальными и интерактивными. Такие умные устройства делают жизнь людей комфортнее, удобнее, помогают экономить ресурсы. Всё больше организаций в разных отраслях используют Интернет вещей для более эффективной работы, улучшения обслуживания клиентов, улучшения процесса принятия решений и повышения дохода бизнеса. В статье проведен анализ преимуществ и недостатков технологии IoT. Приведены примеры применения IoT в быту и промышленности.

Р.К. Нургалиев, А.В. Чупаев,
Р.Р. Галямков, А.Ю. Шарифуллина
ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ПЛК АБАК»
Ключевые слова: программируемый логический контроллер,

A.G. Goryunov, E.A. Sukhanov, A. Yu. Saptsyna
FORMATION OF A DIGITAL PORTRAIT OF AN
AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEM
OPERATOR

Keywords: automated process control system, technology platform, operator training, digital portrait of an operator.

The paper examines the issues of mathematical modeling of a digital portrait of an operator of automated processes, used for the purpose of preparing and increasing the speed of response in normal and emergency situations. The proposed approach will make it possible to create and analyze a set of operator characteristics and, accordingly, subsequently select an individual learning path.

R.R. Ziyatdinov, I.N. Khammatullin
INDUSTRIAL ROBOT SECURITY SYSTEM USING
ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Keywords: industrial robot security systems, artificial intelligence, neural networks.

Modern trends in mechanical engineering are automation and robotization of production processes. This is due to the need to improve the quality of products, as well as an acute shortage of production personnel. The presence of industrial robots, including collaborative ones, requires the use of appropriate safety systems. The article proposes the use of industrial robot security systems based on artificial neural networks and computer vision.

I.D. Konovalov, V.N. Nekrasova, M.A. Volkov
ON THE ISSUE OF IMPROVING THE QUALITY OF
ELECTRIC SUPPLY TO CONSUMERS

Keywords: smart grid, intelligent protection, recloser, voltage 20 kV.

The purpose of the work was to substantiate the relevance of the application of intelligent protection of power transmission lines, to show the advantages of the introduction of 20 kV power transmission lines for the power supply of urban areas. The following tasks were solved in the work: the analysis of trends in the development of protection systems for power supply lines was carried out, a modern technical solution for the protection of the selected line was developed, the technical and economic effect was determined.

Nguyen Thi Thu, R.S. Zaripova, Nguyen Phuc Hau
INTERNET OF THINGS: A REVOLUTIONARY
TECHNOLOGY FOR SOLVING TODAY'S PROBLEMS

Keywords: IoT, smart devices, Industry 4.0, connected things, Internet of Things, digital technologies.

The Internet of Things (IoT) connects everyday things with the Internet, making them intelligent and interactive. Such smart devices make people's lives more comfortable, convenient, and help to save the use of resources. More and more organisations in different industries are using the Internet of Things to work more efficiently, improve customer service, enhance decision making and increase business revenue. This article analyses the advantages and disadvantages of IoT technology. Examples of IoT applications in home and industry are given.

R.K. Nurgaliev, A.V. Chupaev,
R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina
LABORATORY STAND "INFORMATION AND
MEASURING COMPLEX BASED ON ABAK PLC"
Keywords: programmable logic controller, field-level

технические средства автоматизации полевого уровня, АБАК К2, лабораторный стенд.

В данной статье дается описание учебного стенда «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК». Стенд предназначен для проведения лабораторных занятий со студентами профильных специальностей института Управления, автоматизации и информационных технологий ФГБОУ ВО КНИТУ. На рассматриваемом стенде могут быть реализованы различные алгоритмы управления объектом автоматизации.

И.С. Полевщиков, Р.М. Романов,
М.В. Дмитрук, В.М. Недвецкий

ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И НАВЫКОВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: тренажерный комплекс, автоматизированные системы управления, программное обеспечение.

Рассмотрены результаты создания тренажерного комплекса (ТК) для обучения специалистов в области автоматизированных систем управления (АСУ) на примере задач по разработке и анализу программных модулей АСУ. Применение ТК позволит снизить трудоемкость процесса разработки индивидуальных вариантов задач для студентов, повысить качество результатов контроля знаний и навыков.

Н.Н. Симченко РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА МУЗЫКАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

Ключевые слова: моделирование, анализ данных, индивидуальная рекомендательная система, API, веб-приложение, интерфейс. В работе рассматриваются вопросы моделирования индивидуальной рекомендательной системы на основе анализа выбора музыкальных композиций для прослушивания. Для реализации исследования были изучены существующие разработки, выявлены их достоинства и недостатки, выбраны современные инструментальные и вычислительные средства для разработки, описан функционал разрабатываемой системы.

А.В. Старцев, И.И. Сторожев, И.С. Цихалевский, Я.А. Мишин, А.Т. Шарапов ПЕРЕВОД МАНЕВРОВОГО ТЕПЛОВОЗА НА КОМПРИМИРОВАННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Ключевые слова: газотепловоз, газомоторное топливо, компримированный газ, сжиженный газ, дизель, криогенная емкость.

Предлагается применение альтернативного вида топлива – компримированного природного газа, взамен сжиженного, для маневровых тепловозов. Обосновывается его выбор, и предлагаются варианты компоновочных решений по переоборудованию маневровых тепловозов ТЭМ19 и ТЭМ18ДМ для работы двигателей на компримированном газе.

А.А. Шакиров, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ

Ключевые слова: георадар, асфальтобетонные дорожные покрытия, автоматизированный анализ данных, дифракционные гиперболы, скорость сканирования, вывод данных, глубина слоя.

Статья рассматривает автоматизированный анализ данных георадарных измерений асфальтобетонных дорожных покрытий. Описывается процесс измерений, создания радиолокационных диаграмм и обработки данных для определения состояния покрытия. Подробно рассматриваются различные форматы представления данных и их анализ.

automation equipment, ABAC K2, laboratory stand.

Annotation: This article describes the training stand “Information and measuring complex based on the ABAC PLC.” The stand is intended for conducting laboratory classes with students of specialized specialties of the Institute of Management, Automation and Information Technologies of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education KNRTU. At the stand under consideration, various algorithms for controlling an automation object can be implemented.

I.S. Polevshchikov, R.M. Romanov,
M.V. Dmitruk, V.M. Nedvetskiy

TRAINING COMPLEX FOR DEVELOPING SKILLS IN DEVELOPING AND ANALYZING SOFTWARE MODULES FOR AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Keywords: training complex, automated control systems, software.

The results of creating a training complex (TC) for training specialists in the field of automated control systems (ACS) are considered using the example of tasks for the development and analysis of ACS software modules. The use of TC will reduce the labor intensity of the process of developing individual versions of tasks for students and improve the quality of the results of monitoring knowledge and skills.

N.N. Simchenko DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL MODEL OF AN INFORMATION SYSTEM FOR ANALYSIS OF MUSICAL PREFERENCES

Keywords: modeling, data analysis, individual recommendation system, API, web application, interface. The paper examines the issues of modeling an individual recommendation system based on an analysis of the choice of musical compositions for listening. To implement the research, existing developments were studied, their advantages and disadvantages were identified, modern tools and computing tools were selected for development, and the functionality of the system being developed was described.

A.V. Startsev, I.I. Storozhev, I.S. Tsikhalevsky, Ya.A. Mishin, A.T. Sharapov CONVERTING A SHUNTERING DIESEL LOCOMOTIVE TO COMPRESSED NATURAL GAS

Keywords: gas diesel locomotive, gas engine fuel, compressed gas, liquefied gas, diesel, cryogenic tank.

It is proposed to use an alternative type of fuel - compressed natural gas, instead of liquefied gas, for shunting diesel locomotives. Its choice is justified and options for layout solutions are proposed for the conversion of «ТЭМ19» and «ТЭМ18ДМ» shunting diesel locomotives to operate compressed gas engines.

A.A. Shakirov, R.R. Galyamov, A.Y. Sharifullina METHODS AND TECHNOLOGIES FOR AUTOMATED ANALYSIS OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT MEASUREMENT DATA AND OUTPUT OF RESULTS

Keywords: ground-penetrating radar, asphalt concrete pavements, automated data analysis, diffraction hyperbolas, scanning speed, data output, layer depth.

The paper discusses the automated analysis of GPR measurement data of asphalt concrete pavements. It describes the process of measurement, creation of radar diagrams and data processing to determine the pavement condition. Different data presentation formats and data analysis are discussed in detail.

А.Г. Шумихин, Д.К. Корнилицин
ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГАЗОВОЙ
ТОПКИ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ РАБОТЫ С
ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТОВОГО ПОДХОДА

Ключевые слова: газовая горелка, эмпирическая модель,
параметризация, искусственная нейронная сеть.

На примере рассматриваемого производства параметризовано математическое описание зависимости температуры дымовых газов после газовой горелки от значений технологических переменных на её входе. Результаты позволяют использовать обученную нейронную сеть для быстрой параметризации эмпирической зависимости по результатам измерения технологических переменных процесса сжигания природного газа. Оперативный мониторинг значения коэффициента потерь в топке позволяет практически мгновенно реагировать на изменение теплотворной способности топливного газа, зарастание или забивание стенок топочной камеры нагаром, неполное сгорание топлива. Это дает возможность оптимизировать работу аппарата горелки с целью обеспечения его эффективного и бесперебойного функционирования.

Д.В. Шмыров, В.Е. Малахов,
Д.И. Муромцев, Г.Г. Рогозинский
АКТУАЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ СОНИФИКАЦИИ:
ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ключевые слова: сонификация, классификация, звуковой дисплей
Сонификация - технология использования неречевых звуков для представления информации - стала перспективным направлением для интерпретации и восприятия данных. В то время как большинство обзорных статей в этой области посвящено методам сонификации, данная статья посвящена обзору и классификации различных областей применения этой техники. Выявляя общие черты и различия между этими группами, мы стремились выявить те сферы, в которых сонификация демонстрирует наибольшую результативность.

М.П. Овчинцев
К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ
ОГРАНИЧЕННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Ключевые слова: оптимальное восстановление, линейный
наилучший метод, коэффициенты линейного наилучшего
метода, погрешность наилучшего метода, экстремальная
функция.

В работе находится линейный наилучший метод приближения значений в нуле ограниченной аналитической функции, заданной в единичном круге по информации об ее значениях и значениях ее производной в заданных точках, образующих правильный многоугольник с центром в нуле. Статья состоит из четырех разделов. В первом приводятся понятия и результаты, необходимые для решения поставленной задачи. Во втором устанавливаются некоторые свойства конечного произведения Бляшке с нулями, совпадающими с этими точками. В третьем разделе определяется погрешность наилучшего метода приближения. И в четвертом вычисляются коэффициенты линейного наилучшего восстановления.

Л.Н. Абдурайимов, Ю.П. Москалева, З.С. Сейдаметова
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ MOBX
СО СЛОЖНЫМИ ТИПАМИ ДАННЫХ

Ключевые слова: реактивные пакеты, Flutter, BLoC, MobX.

В статье рассмотрена работа реактивного Flutter пакета MobX со сложными типами данных. Каждый из реактивных пакетов решает задачу обновления данных на экране без дополнительных усилий и контроля визуальных элементов. Для работы со сложными типами данных в статье приводятся три рекомендации с учетом особенностей MobX.

A.G. Shumikhin, D.K. Kornilicyn
PARAMETERIZATION OF THE EMPIRICAL MODEL OF
A GAS FURNACE IN STEADY-STATE OPERATION
USING A NEURAL NETWORK APPROACH

Keywords: gas burner, empirical model,
parameterization, artificial neural network.

On the example of the production under consideration, a mathematical description of the dependence of the flue gas temperature after a gas burner on the values of technological variables at its inlet is parameterized. The results make it possible to use a trained neural network to quickly parameterize the empirical dependence based on the measurement results of technological variables of the natural gas combustion process.

Operational monitoring of the value of the loss coefficient in the furnace allows you to react almost instantly to changes in the calorific value of the fuel gas, overgrowth or clogging of the walls of the combustion chamber with carbon deposits, incomplete combustion of fuel. This makes it possible to optimize the operation of the burner unit in order to ensure its efficient and uninterrupted operation.

D.V. Shmyrov, V.E. Malakhov,
D.I. Muromtsev, G.G. Rogozinski
RECENT APPLICATIONS OF SONIFICATION:
REVIEW AND CLASSIFICATION

Keywords: Sonification, classification, auditory displays.

Sonification, as the technology of using non-speech sounds to represent information, has become a promising direction for the interpretation and perception of data. While most of the review articles in this area are devoted to the methods of sonification, this article is devoted to reviewing and classifying the various fields of application of this technique. By identifying common features and differences between these groups, we sought to identify those areas in which sonification demonstrates the greatest effectiveness.

M.P. Ovchintsev.
ON THE OPTIMAL RECOVERY OF A BOUNDED
ANALYTICAL FUNCTION

Keywords: optimal recovery, linear best method, coefficients of
linear best method, error of best method, extreme function.

The paper presents a linear best method for approximating the values at zero of a bounded analytical function defined in a unit circle based on information about its values and the values of its derivative at specified points forming a regular polygon centered at zero. The article consists of four sections. The first section provides the concepts and results necessary to solve the problem. In the second, I find some properties of the final result of W.Blaschke in the case when the zeros coincide with the given points. In the third section, the error of the best approximation method is determined. And in the fourth, the coefficients of the linear best recovery are calculated.

L.N. Abdurayimov, Y.P. Moskaeva, Z.S. Seidametova
FEATURES OF WORKING WITH COMPLEX DATA
TYPES IN MobX

Keywords: reactive packages, Flutter, BLoC, MobX.

In the paper we considered some aspects related to the MobX reactive Flutter package interaction with complex data types. Each of the reactive packages solves the problem of updating data on the screen without additional effort and control of visual elements. For working with complex data types, authors provide three recommendations, taking into account the features of MobX.

П.О. Глущенко, Ю.В. Царев

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ
НА БАЗЕ ВЫСОКОУРОВНЕВОГО ФРЕЙМВОРКА DJANGO*Ключевые слова:* виртуальная лабораторная работа, фреймворк Django, измерительный мост Хэя.

В представляемой работе рассматриваются процесс разработки виртуальной лабораторной работы измерительной мостовой схемы Хэя на базе высокоуровневого фреймворка Django. Отмечается преимущество использования веб-приложения для дистанционного обучения. В ходе разработки приложения было использовано сочетание набора инструментов Bootstrap, принципа DRY фреймворка Django на языке Python и Object-Relational Mapping Django, позволяющее использовать Python-объекты для взаимодействия с базой данных вместо написания сложных SQL-запросов

А.А. Головнина, А.В. Иващенко

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ
НА ПРИМЕРЕ СЕТЕВОГО РИТЕЙЛА*Ключевые слова:* большие данные, сетевой ритейл, искусственный интеллект.

В статье представлено разработанное программное решение «Коллаборативная биржа больших данных», осуществляющее обработку и предсказание процессов данных сетевого ритейла. Программное решение обеспечивает использование корпоративных данных, предоставляемых различными провайдерами, и данных открытых источников для построения, идентификации, комбинирования и исполнения предсказательных моделей процессов цифрового маркетинга и ритейла. В основе решения задач обработки данных сетевого ритейла лежит разработанный метод рекурсивной декомпозиции, основанный на теории анализа больших данных.

А.В. Кривошеев

АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ
В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ*Ключевые слова:* искусственный интеллект, нейронные сети, компьютерное зрение, мультиагентный подход.

В статье рассматривается актуальная научно-техническая задача комплексирования автономных искусственных нейронных сетей в интеллектуальной системе распознавания образов, способной адаптироваться к меняющимся внешним условиям эксплуатации. На основе метода мультиагентного ансамблирования интеллектуальных компонентов предложен новый алгоритм распределения задач в адаптивной системе распознавания образов. Предложенное решение было использовано в мобильном приложении для автоматизированной фиксации показателей электросчетчиков.

Нгуен Тхи Тху, Р.С. Зарипова, Нгуен Фук Хау

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИГРЫ T-REX НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Ключевые слова: игра, программирование, Python, T-rex, PyGame.

В настоящее время любой, кто использовал браузер Google Chrome, знает игру с динозавром, который преодолевает препятствия каждый раз, когда теряется интернет-сигнал. Запрограммировать такую игру с прыжками несложно, важна идея игры T-Rex. Эта статья раскроет секреты программирования этой игры на языке Python.

С.В. Николаева, С.А. Красников,

М.В. Сартаков, А.С. Филатов, К.В. Гусев

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ
ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА УМЕНЬШЕНИЯ
РАЗМЕРНОСТИ*Ключевые слова:* кластеризация, спектральные данные, размерность, алгоритм, метод K-Means, метод UMAP, метрика, расстояние Канберры, вектор.

P.O. Glushchenko, Yu.V. Tsarev

DEVELOPMENT OF VIRTUAL LABORATORY WORK
BASED ON THE HIGH-LEVEL DJANGO FRAMEWORK*Keywords:* virtual laboratory work,*Django framework, Hay's measuring bridge.*

The presented work discusses the results of developing a virtual laboratory work Hay's Measuring Bridge based on the high-level Django framework..

A.A. Golovnina, A.V. Ivaschenko

INTELLIGENT ANALYSIS OF BIG DATA
ON THE NETWORK RETAIL*Keywords:* big data, online retail, artificial intelligence.

The article presents the developed software solution "Collaborative Big Data Exchange", which processes and predicts network retail data processes. The software solution uses enterprise data provided by various providers and open source data to build, identify, combine and execute predictive models of digital marketing and retail processes. The basis for solving network retail data processing problems is the developed recursive decomposition method, based on the theory of big data analysis.

A.V. Krivosheev

TASK DISTRIBUTION ALGORITHM IN A MULTI-AGENT
INTELLIGENT PATTERN RECOGNITION SYSTEM*Keywords:* artificial intelligence, neural networks, computer vision, multi-agent technology.

The paper explores a challenging scientific and technical problem of integrating autonomous artificial neural networks into an intelligent pattern recognition system that can adapt to changing external operating conditions. Based on the method of multi-agent ensemble of intelligent components, a new algorithm for task distribution in an adaptive pattern recognition system is introduced. The proposed solution was used in a mobile application for automated recording of electricity meters.

Nguyen Thi Thu, R.S. Zaripova, Nguyen Phuc Hau

PROGRAMMING THE T-REX GAME IN PYTHON

Keywords: Game, Programming, Python, T-rex, PyGame.

Nowadays, anyone who has used the Google Chrome browser knows the game with the dinosaur that overcomes obstacles every time the internet signal is lost. Programming such a jumping game is not difficult, it's the idea behind the T-Rex game that matters. This article will reveal the secrets of programming this game in Python.

S.V. Nikolaeva, S.A. Krasnikov,

M.V. Sartakov, A.S. Filatov, K.V. Gusev

MULTIVARIATE SPECTRAL DATA CLUSTERING
USING DIMENSIONING ALGORITHM*Keywords:* clustering, spectral data, dimension, algorithm, K-Means method, UMAP method, metric, Canberra distance, vector.

Data clustered by K-Means. The data dimension was reduced

Выполнена кластеризация данных методом K-Means, уменьшение размерности которых осуществлялось с помощью метода UMAP. Идеальный результат получен благодаря применению метрики расстояния Канберры.

К.И. Сафина, Р.С. Зарипова

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКУЛЬТАТИВОВ

Ключевые слова: образование, факультатив, обучение, программное обеспечение, база данных, автоматизация.

Высшее учебное заведение может вести работу со студентами через удобное приложение, а также вести учет имеющихся факультативов. Необходимость создания программного обеспечения состоит в том, что приложение позволит фиксировать и обрабатывать данные о студентах, факультативах и записях. Это облегчит доступ к необходимой информации и ее модификации, повысит надежность операций, эффективность и производительность труда работников учебного заведения.

И.И. Исмагилов, Р.М. Мигунов

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВСТРАИВАНИЯ
СООБЩЕНИЙ В ЦИФРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ключевые слова: информационная безопасность, защита информации, стеганография, стеганографический алгоритм, дискретное косинусное преобразование.

В работе предложен стеганографический алгоритм, скрывающий информацию в трансформантах поблочного дискретного косинусного преобразования цифровых изображений. Встраивание информации проводится на основе метода Бенгама-Мемона-Эо-Юнг. Особенностью алгоритма является использование составного стеганоключа, повышающего уровень защиты информации.

В.В. Семенов

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ
ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: информационно-функциональная безопасность, киберфизические системы, системы мониторинга.

Представлены рекомендации по практическому применению методики, обеспечивающей в режиме реального времени мониторинг информационных и физических процессов объектов киберфизических систем с целью защиты от внешних деструктивных воздействий. С учетом рассматриваемой методики разработан цикл обеспечения информационной безопасности киберфизических систем. Предложенные в статье рекомендации могут быть применены на предприятиях промышленности, в системах управления событиями информационной безопасности, системах обнаружения атак.

using the UMAP method. The ideal result is due to the use of the Canberra distance metric.

K.I. Safina, R.S. Zaripova

SOFTWARE FOR AUTOMATING THE PROCESS OF
DETERMINING ELECTIVES

Keywords: education, elective, training, software, database, automation.

Higher education institution can work with students through a convenient application, as well as keep records of available elective classes in the database. The necessity of creating this software is that when taking into account the business process, the application will allow to fix and process data on electives, students and records, which will facilitate the process of access to the necessary information and its modification, increase the reliability of operations, efficiency and productivity of employees of the educational institution.

I.I. Ismagilov, R.M. Migunov

STEGANOGRAPHIC ALGORITHM FOR EMBEDDING
MESSAGES IN DIGITAL IMAGES BASED ON DISCRETE
COSINE TRANSFORMATION

Keywords: information security, steganography, steganographic algorithm, discrete cosine transformation.

The paper proposes a steganographic algorithm that hides information in the transformants of a block-by-block discrete cosine transformation of digital images. Embedding of information is carried out on the basis of the Bengama-Memon-Eo-Jung method. A feature of the algorithm is the use of a composite stegan key, which increases the level of information protection.

V.V. Semenov

PROSPECTS FOR APPLYING THE METHODOLOGY FOR
IDENTIFYING THE STATE OF OBJECTS

Keywords: information security and functional safety, cyber-physical systems, monitoring systems.

Recommendations for the practical application of a technique that provides real-time monitoring of information and physical processes of objects of cyber-physical systems in order to protect against external destructive influences are presented. Taking into account the methodology under consideration, a cycle for ensuring information security of cyber-physical systems has been developed. The recommendations proposed in the article can be applied at industrial enterprises, in security information and event management systems, and attack detection systems.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№10 2023

Направления:

- 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**
- 2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**
- 2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**
- 2.3.6. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvprrt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 31.10.2023 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 31.10.2023
17,2 усл.печ.л. 19,6 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 5581.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Цена свободная.

© Рашин Сайнс
тел. (843) 216-30-35
Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Рашин Сайнс»