

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№3 2024

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
2024**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №3 2024г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2024. – 220 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, 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, А.В. Репина, А.А. Иванова, Р.Х. Шагимуллин</i> СТРОЕНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ	10
---	----

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

<i>Д.А. Ахметшин, Ф.А. Галимянов</i> СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ УСТОЙЧИВЫМИ СОСТОЯНИЯМИ ДИСКРЕТНОЙ И НЕПРЕРЫВНОЙ ВЕРСИИ МОДЕЛИ ХОПФИЛДА В НЕЙРОДИНАМИКЕ	14
<i>Д.А. Ахметшин, Ф.А. Галимянов</i> ФИЛЬТР КАЛМАНА В ДИНАМИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИЕ РЕКУРРЕНТНОЙ СЕТЬЮ	17
<i>Д.А. Баишаков, С.В. Болдырев, Р.Р. Рахимов, Л.И. Фардеев, И.Ф. Гумеров, М.Д. Ханнанов, Э.Р. Алимгулов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ EURO 6 АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ НА ОБЩИЙ ШУМ ВЫХЛОПА И ПРОТИВОДАВЛЕНИЕ	20
<i>М.А. Бобров, Д.И. Березин</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗДАТЧИКОВЫХ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ	27
<i>А.Т. Галиакбаров, А.В. Болдырев, И.А. Гайсин, И.Ф. Минагулов, В.А. Луцко, Л.И. Фардеев, И.Ф. Гумеров</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ	32
<i>А.Г. Горюнов, В.В. Курганов, Д.Д. Качанов</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕАКТОРА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ RUTHON	39
<i>В.К. Ионычев, Д.М. Черашев</i> ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ В КРЕМНИЕВЫХ $P-N$ -ПЕРЕХОДАХ	43
<i>В.О. Линчук, М.К. Хасанов</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ГАЗОГИДРАТНОМ ПЛАСТЕ ПРИ ОТБОРЕ ГАЗА	47
<i>А.О. Попов, Ф.М. Ахметов, Л.С. Сабитов, И.Н. Гарькин, Л.И. Киямова</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ БАШЕННОГО ТИПА	51
<i>А.О. Попов, Ф.М. Ахметов, Л.С. Сабитов, И.Н. Гарькин, Л.И. Киямова</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С ФУНДАМЕНТАМИ СВАЙНОГО ТИПА	55
<i>Л.Б. Строгонова, М.С. Баранов, Ю.А. Васин</i> К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМЕ РЕАБИЛИТАЦИИ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ.	59
<i>Г.Х. Тазмеев, Х.К. Тазмеев</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ РАДИАЛЬНЫМ ВДУВОМ ГАЗА	62
<i>Р.Н. Тазмеева, А.Х. Тазмеев</i> К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ РАСПРЕДЕЛЕННОМ ВДУВЕ ГАЗА	66

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

Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ	69
Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПРИ СЛОЖНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ	73
О.Е. Виноградов, А.В. Семашко ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ЛЕСА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»	76
А.Е. Горбунов, А.Л. Золкин, С.А. Надежкина, В.А. Надежкин ОСОБЕННОСТИ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПАРОЛЕЙ МАРШРУТИЗАТОРОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	79
А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ЯЗЫКА PYTHON В НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ. ЧАСТЬ VI. БИБЛИОТЕКА SEABORN	84
А.Л. Золкин, В.Д. Мунистер, О.В. Сараджева, Ф.Ф. Хабибуллин СОЗДАНИЕ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ЦЕНТРЕ ОБРАБОТКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ	88
А.Л. Золкин, А.В. Юмашев, А.Н. Корнетов, Ф.Р. Ахмадуллин РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ БИОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАТЕЛЬНЫХ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ	93
П.П. Зорков ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ТЕПЛООТВОДЯЩИМИ СЛОЯМИ	98
Д.Ю. Мелешенко, Е.В. Бандяева, М.Н. Пиганов ВЫБОР ДИЭЛЕКТРИКА ДЛЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ МИКРОСБОРОК НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ЕГО СТАБИЛЬНОСТИ	103
Д.Ю. Мелешенко, Е.В. Бандяева, М.Н. Пиганов АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИСТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МИКРОСБОРОК	108
Е.А. Мучкаева, Е.Н. Чернопрудова, Е.Н. Наточая АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ПРАКТИКУМА ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА	113
А.И. Ромащенко, Т.П. Огар, И.М. Харитонов, А.Э. Панфилов МЕТОД РАСЧЕТА МАТРИЦЫ ДОСТИЖИМОСТИ ОСТАНОВОК ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА	116
В.А. Скуратов, К.А. Кузьмин, И.В. Нелин РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И АНАЛИЗА СТАТИСТИКИ ЦЕНОВЫХ МОДЕЛЕЙ БИРЖЕВЫХ КОТИРОВОК	119
А.Ю. Ужаринский, А.В. Коськин, С.В. Новиков ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СЕРВИСАМИ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ВУЗА	123
А.Ю. Унгер ЗОНАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СИНТАКСИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ	128
С.А. Царева, С.С. Паршина, Н.С. Дыбулина, Е.О. Шамин СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В КОНТЕКСТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ	131

<i>Е.Г. Царькова</i> К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ДАТАСЕТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭКСТРЕМИСТСКОГО КОНТЕНТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ	134
<i>Н.М. Чиганова</i> ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ВЕЙБУЛЛОВСКОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОТКАЗОВ	137

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

<i>Л.В. Галина, А.А. Корнипаева, Д.А. Проскурин</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ СИСТЕМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	141
<i>М.А. Гордеев-Бургвиц, М.А. Богданов</i> АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И ТРЕЩИН В БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	145
<i>К.В. Гусев, С.А. Красников, В.М. Образцов</i> АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В НЕПРЕРЫВНОМ ЦИКЛЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	149
<i>И.С. Полевщиков, В.А. Ляпушин</i> АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЕРЕ	153
<i>И.С. Полевщиков, Д.А. Тугаева</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТЕСТОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ	160
<i>З.Г. Сайфутдинов, Р.С. Ахметшин, А.А. Хафизов, Р.И. Валиев, Д.А. Башмаков, Л.Е. Волков</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА 6-10 кВ	168

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

<i>Т.А. Ершов, П.Д. Большаков, В.С. Осипов</i> ПОТЕНЦИАЛ И КРИТЕРИИ ОТБОРА РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ГЕНЕРАЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА	172
--	-----

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

<i>С.Р. Ермаков, Н.А. Зубов</i> РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОДДЕЛКИ ГОЛОСОВОЙ БИОМЕТРИИ	175
<i>Д.В. Жматов, К.И. Шутков</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСА ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ	179
<i>М.О. Ломовцев, А.А. Лобанов, А.А. Русяков</i> АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕО-КОНТЕНТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	184
<i>Е.Н. Наточая, В.В. Наточий, С.А. Литвинова</i> ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА	188

<i>А.Б. Сорокин, Ю.А. Зайцев</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ ТЕМАТИЧЕСКОГО КЛАССИФИКАТОРА ОБРАЩЕНИЙ	192
<i>Н.Ю. Чумакова, А.А. Мамонтова</i> ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕХАНИЗМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОТОКОЛОВ	195

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

<i>И.М. Герасимович, И.Ю. Попов, К.А. Пшеничный</i> КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДОМ КУСТА СОБЫТИЙ НА ПРИМЕРЕ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	201
---	-----

АННОТАЦИИ	206
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, A.V. Repina, A.A. Ivanova, R.H. Shagimullin</i> THE STRUCTURE OF BRANCHED INDUSTRIAL LIQUID THIOCOLS	10
--	----

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

<i>D.A. Akhmetshin, F.A. Galimyanov</i> RELATION BETWEEN STABLE STATES OF DISCRETE AND CONTINUOUS VERSIONS OF THE HOPFIELD MODEL IN NEURODYNAMICS	14
<i>D.A. Akhmetshin, F.A. Galimyanov</i> KALMAN FILTER IN DYNAMIC CONTROL OF RECURRENT NETWORK	17
<i>D.A. Bashmakov, S.V. Boldyrev, R.R. Rakhimov, L.I. Fardeev, I.F. Gumerov, M.D. Hannanov, E.R. Alimgulov</i> RESEARCH ON BACK PRESSURE, OVERALL EXHAUST-NOISE'S THE DEPENDENCES UPON THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE EXHAUST-GASES' NEUTRALIZATION-SYSTEM ON THE "KAMAZ" AUTOMOBILES' "EURO 6" ENGINES	20
<i>M.A. Bobrov, D.I. Berezin</i> SIMULATION OF OBSERVERS FOR THE IMPLEMENTATION OF SENSORLESS PRINCIPLES OF ELECTRIC DRIVE CONTROL BASED ON A DUAL-POWER MACHINE	27
<i>A.T. Galiakbarov, A.V. Boldyrev, I.A. Gaisin, I.F. Minagulov, V.A. Lushcheko, L.I. Fardeev, I.F. Gumerov</i> MODELING OF ACOUSTIC VIBRATIONS IN THE GAS FLOWS OF THE EXHAUST AND NEUTRALIZATION SYSTEM OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF TRUCKS	32
<i>A.G. Goryunov, V.V. Kurganov, D.D. Kachanov</i> DEVELOPMENT OF A REACTOR MODEL AS A CONTROL OBJECT IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE	39
<i>V.K. Ionychev, D.M. Cherashev</i> NUMERICAL CALCULATION OF THE IONIZATION REGION IN SILICON $P - N$ -JUNCTIONS	43
<i>V.O. Linchuk, M.K. Khasanov</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE HEAT AND MASS TRANSFER PROCESS IN A GAS HYDRATE FORMATION DURING GAS EXTRACTION	47
<i>A.O. Popov, F.M. Akhmetov L.S. Sabitov, I.N. Garkin, L.I. Kiyamova</i> DEFINITION OF STRESS-STRAIN STATE OF TOWER-TYPE CULTURAL HERITAGE OBJECTS	51
<i>A.O. Popov, F.M. Akhmetov L.S. Sabitov, I.N. Garkin, L.I. Kiyamova</i> DETERMINATION OF STRESS-STRAIN STATE OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS WITH PILE TYPE FOUNDATIONS	55
<i>L.B. Strogonova, M.S. Baranov, Yu.A. Vasin</i> REVIEW OF METHODS OF MATHEMATICAL SIGNAL PROCESSING APPLIED IN A NON-SOLID SUPPORT WITH BIOLOGICAL FEEDBACK IN CONDITIONS OF AN INHABITED LUNAR BASE	59
<i>G.K. Tazmeev, K.K. Tazmeev</i> MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRIC ARC WITH STABILIZATION BY RADIAL GAS INJECTION	62
<i>R.N. Tazmeeva, A.K. Tazmeev</i> TO MODELING THE ELECTRIC ARC IN A CYLINDRICAL CHANNEL WITH INTENSIVE DISTRIBUTED GAS INJECTION	66

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

<i>F.D. Bairamov, B.F. Bairamov</i> STABILITY AND ACCURACY OF FUNCTIONING OF CONTROLLED DYNAMIC SYSTEMS UNDER CONSTANT DISTURBANCES	69
<i>F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, A.R. Fardeev</i> ON STABILITY OF THE SOLUTION OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR THE PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATION UNDER COMPLEX BOUNDARY CONDITIONS	73

<i>O.E. Vinogradov, A.V. Semashko</i> APPLICATION OF THE ISOLATED FOREST METHOD FOR DETECTING NETWORK ANOMALIES IN THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX "SAFE CITY"	76
<i>A.E. Gorbunov, A.L. Zolkin, S.A. Nadezhkina, V.A. Nadezhkin</i> FEATURES OF CONFIGURING ROUTER PASSWORDS IN RAIL DATA NETWORKS	79
<i>A.G. Zhornyak, T.A. Morozova</i> ADDITIONAL PYTHON LIBRARIES FOR SCIENTIFIC AND ENGINEERING TASKS. PART VI. THE SEABORN LIBRARY	84
<i>A.L. Zolkin, V.D. Munister, O.V. Saradzheva, F.F. Khabibullin</i> CREATING A MULTIPARAMETRIC SERVICE SYSTEM FOR REQUEST PROCESSING IN A MULTIFUNCTIONAL PERSONAL DATA PROCESSING CENTER	88
<i>A.L. Zolkin, A.V. Yumashev, A.N. Kornetov, F.R. Akhmadullin</i> DEVELOPMENT OF TOOLS FOR CREATION OF BIOINFORMATION SOFTWARE FOR WEARABLE DEVICES	93
<i>P.P. Zorkov</i> COMPUTATIONAL STUDIES OF ESTIMATING THE PROBABILITY OF TROUBLE – FREE OPERATION OF MULILAYER PRINTED CIRCUIT BOARDS WITH HEAT – TRAPPING LAYERS	98
<i>D.Y. Meleshenko, E.V. Batyaeva, M.N. Piganov</i> THE CHOICE OF A DIELECTRIC FOR THIN-FILM CAPACITORS OF MICROASSEMBLIES BASED ON AN ASSESSMENT OF ITS STABILITY	103
<i>D.Y. Meleshenko, E.V. Batyaeva, M.N. Piganov</i> ANALYSIS AND RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RESISTIVE MATERIALS FOR THIN-FILM MICROASSEMBLIES	108
<i>E.A. Muchkaeva, E.N. Chernoprudova, E.N. Natochaya</i> AUTOMATED ADAPTIVE WORKSHOP SYSTEM FOR UNIVERSITY STUDENTS	113
<i>A.I. Romashchenko, T.P. Ogar, I.M. Kharitonov, A.E. Panfilov</i> METHOD FOR CALCULATING THE ACCESSIBILITY MATRIX OF URBAN PASSENGER PUBLIC TRANSPORT STOPS	116
<i>V.A. Skuratov, K.A. Kuzmin, I.V. Nelin</i> DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK EXPERT SYSTEM ALGORITHM FOR AUTOMATED COLLECTION AND ANALYSIS OF STATISTICS OF PRICE MODELS OF STOCK QUOTES	119
<i>A.Yu. Uzharinsky, A.V. Koskin, S.V. Novikov</i> ORGANIZATION OF INFORMATION INTERACTION BETWEEN THE SERVICES OF THE ONLINE REPRESENTATION OF THE UNIVERSITY	123
<i>A.Y. Unger</i> SCOPE-BASED ALGORITHM FOR SYNTACTIC RECOGNITION OF STRUCTURED TEXTS	128
<i>S.A. Tsareva, S.S. Parshina, N.S. Dybulina, E.O. Shamin</i> STATISTICAL ACCEPTANCE QUALITY CONTROL IN THE CONTEXT OF USING FUZZY SETS	131
<i>E.G. Tsarkova</i> ON THE ISSUE OF FORMATION OF TRAINING DATASETS TO IDENTIFY THE SOURCES OF DISTRIBUTION OF EXTREMIST CONTENT ON THE INTERNET	134
<i>N.M. Chiganova</i> AN APPROXIMATE ASSESSMENT OF THE PRODUCT RELIABILITY WITH A WEIBULL DISTRIBUTION OF FAILURES	137

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

<i>L.V. Galina, A.A. Kornipaeva, D.A. Proskurin</i> ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AUTOMATED TRANSPORT AND STORAGE SYSTEMS ON THE EFFICIENCY OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION	141
<i>M.A. Gordeev-Burgwitz, M.A. Bogdanov</i> AUTOMATIC RECOGNITION AND CLASSIFICATION OF DEFORMATIONS AND CRACKS IN CONCRETE	145

STRUCTURES USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

<i>K.V. Gusev, S.A. Krasnikov, V.M. Obrazcov</i> AUTOMATED PRODUCT QUALITY CONTROL IN A CONTINUOUS CYCLE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES	149
<i>I.S. Polevshchikov, V.A. Lyapushin</i> ALGORITHMIC AND SOFTWARE OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR TRAINING PROCESS OPERATORS ON A COMPUTER SIMULATOR	153
<i>I.S. Polevshchikov, D.A. Tugaeva</i> AUTOMATED LIFE CYCLE MANAGEMENT SYSTEM FOR TEST DOCUMENTATION OF SOFTWARE PRODUCTS	160
<i>Z.G. Saifutdinov, R.S. Akhmetshin, A.A. Khafizov, R.I. Valiev, D.A. Bashmakov, L.E. Volkov</i> DEVELOPMENT OF AUTOMATED SWITCH DEVICE 6-10 kV	168

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

<i>T.A. Ershov, P.D. Bolshakov, V.S. Osipov</i> POTENTIAL AND CRITERIA FOR SELECTION OF SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CREATING A DIGITAL SERVICE FOR GENERATING PERSONALIZED EDUCATIONAL CONTENT FOR STUDYING A FOREIGN LANGUAGE	172
---	-----

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

<i>S.R. Ermakov, N.A. Zubov</i> DEVELOPMENT OF A FORGERY PREVENTION SYSTEM FOR A VOICE BIOMETRICS	175
<i>D.V. Zhmatov, K.I. Shutov</i> ANALYTICAL METHOD FOR THE STOCK WEIGHTS DETERMINING USING STRAIN GAUSS SENSORS	179
<i>M.O. Lomovtsev, A.A. Lobanov, A.A. Ruslyakov</i> ARCHITECTURE OF A DIGITAL VIDEO CONTENT PROCESSING SYSTEM BASED ON MACHINE LEARNING TECHNOLOGY	184
<i>E.N. Natochaya, V.V. Natochiy, S.A. Litvinova</i> PROGRAMMATIC IMPLEMENTATION OF ASSESSMENT OF INDIVIDUAL ACHIEVEMENTS OF UNIVERSITY STUDENTS	188
<i>A.B. Sorokin, Yu.A. Zaitsev</i> PREDICTING VIOLATIONS IN THE OPERATION OF THE THEMATIC CLASSIFIER OF REQUESTS	192
<i>N.Y. Chumakova, A.A. Mamontova</i> APPLICATION OF PETRI NETS TO ANALYZE SCHEDULING MECHANISMS OF COMMUNICATION PROTOCOL	195

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

<i>I.M. Gerasimovich, I.Yu. Popov, C.A. Pshenichny</i> CONCEPTUALIZATION OF PHYSICAL MODELS BY THE EVENT BUSH METHOD EXEMPLIFIED BY DRONE FLIGHT MODEL	201
--	-----

ABSTRACTS	206
-----------	-----

2.3.3.

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ¹А.В. Репина,
¹А.А. Иванова, ²Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

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

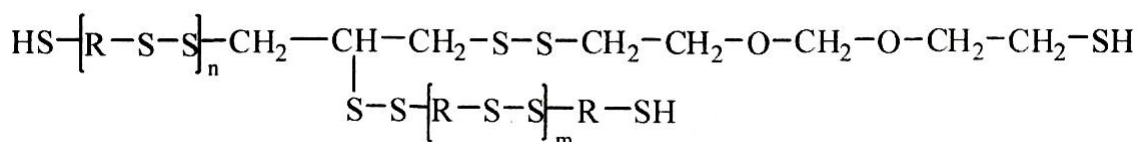
² главный редактор журнала Научно-технический вестник Поволжья

СТРОЕНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ

Методом ЯМР-спектроскопии установлены особенности строения промышленных жидких тиоколов. Выявлено влияние количества вводимого при синтезе разветвляющего агента -1,2,3-трихлорпропана на степень разветвленности тиоколов. Обсуждаются возможные структуры и тип разветвлений данных олигомеров.

Ключевые слова: жидкие тиоколы, ЯМР- спектроскопия.

Строение разветвленного промышленного жидкого тиокола на основе 2,2 – дихлордиэтилформала может быть представлено в виде [1-3]:



где R=CH₂-CH₂-O-CH₂-O-CH₂-CH₂- остаток формалевой цепи мономера, причем для промышленных тиоколов различных марок и молекулярных масс n + m ~ 6÷15.

Технологические и эксплуатационные свойства жидких тиоколов, а также герметиков на их основе, во многом зависят от степени разветвленности олигомера, которая определяется количеством вводимого при синтезе разветвляющего агента -1,2,3-трихлорпропана (ТХП) [1-3]. Однако не существует достаточно информативного химического метода количественного анализа степени превращения ТХП, плотности и характера разветвленности синтезируемых олигомеров.

В работе методом ЯМР-¹³C-спектроскопии установлены возможные структуры промышленных жидких тиоколов с различным количеством вводимого при синтезе разветвляющего агента (ТХП). Методика проведения измерений приведена в работах [3,4].

На рис.1 приведены характерные спектры ЯМР ¹³C модельных образцов и промышленных партий жидких тиоколов, среди которых в олигомерной цепи ядра ¹³C дают сигналы ЯМР, интенсивность которых пропорциональна исходной концентрации ТХП в реакционной смеси.

Это позволило предварительно охарактеризовать некоторые структурные особенности ряда промышленных жидких тиоколов как отечественного, так и зарубежного производства методом ЯМР высокого разрешения [4-6]. Более детальный анализ структуры жидких тиоколов с помощью как низкочастотных (до 100 МГц на протонах), так и высокочастотных (на сверхпроводящих магнитах) ЯМР-спектрометрах (не менее 200 ÷ 300 МГц) с широкополосной развязкой ядер углерода от протонов и без нее [6-9] выявил существенную разнородность полисульфидных цепей.

В таблице 1 приведены характеристики исследованных промышленных жидких тиоколов. Оказалось, что не все молекулы ТХП встают в полимерную цепь и не все атомы хлора в составе цепных остатков ТХ замещаются на серусодержащие фрагменты формалевых цепей, что особенно заметно в олигомерах с высоким содержанием разветвляющего агента в реакционной смеси. Кроме того, кроме вполне ожидаемых циклических структур были обнаружены ди- и триформалевые, а также моноформалевые участки с избыточным

содержанием остатков молекул формальдегида, а концевые фрагменты могли содержать небольшое количество не только тиольных, но и гидроксильных и метильных групп [8,9]. Однако для проведения наиболее информативного количественного анализа структуры жидких тиоколов в условиях максимального разрешения сигналов ЯМР (в особенности от ядер третичного и четвертичного углерода) требуются многочасовые (до суток и более) измерения на установках с предельной чувствительностью [8].

Таблица 1 - Характеристики некоторых исследованных промышленных жидких тиоколов

№ обр.	Марка тиокола	Содержание железа, %	SH·, %	Содержание серы, %	η , Па·с	Содержание ТХП, % мол.
1	158	0,014	2,16	39,8	37,9	2
2	374	0,013	2,1	39,0	33,4	2
3	266	0,021	1,98	39,2	41,2	2
4	574	0,013	2,25	39,0	36,0	2
5	437	0,012	1,92	39,0	47,8	2
6	LP-2	0,002	1,23	36,9	33,2	2

В то же время, существует возможность использования хотя и более косвенной, но достаточно информативной и намного более оперативной методики контроля топологической структуры жидких тиоколов.

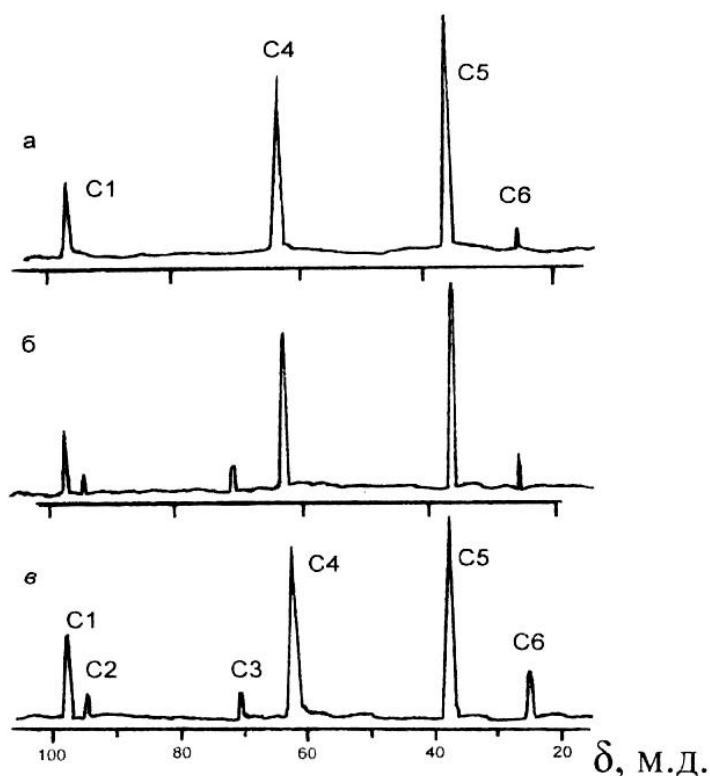


Рис. 1 – Спектры ЯМР ^{13}C линейного (а) и разветвленных (б, в) тиоколов при содержании ТХП до 3% (б) и при 5% мол. (в)

Ее описание можно начать с рассмотрения таблицы 2, где приведены и анализировались олигомеры с данными в таблице 1 значениями технологических параметров.

Первоначальные спектроскопические исследования ряда жидких тиоколов показали [4-6], что молекулы разветвляющего агента в составе тиоколов, их химические сдвиги и интегральные интенсивности типичных сигналов от фрагментов структуры разветвленных тиоколов, полученных на низкочастотной аппаратуре («Bruker-80»), приведенные в таблице 2, имеют определенное отличие.

Таблица 2 - Диапазоны изменения параметров сигналов ядер ^{13}C промышленных жидких тиоколов (по экспериментальным и литературным данным [4-6,8,9])

Атом углерода	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Функциональная группа	OCH_2O , $\text{OCH}_2\text{O}_{\text{k}^*}$	OCH_2O - CH_2O - CH_2O - $\text{O}-\text{CH}_2$ - C(H)Cl	$(\text{H})\text{S}$ - CH_2 - OCH_2 , OCH_2 - CHSS	OCH_2 , $(\text{H})\text{OCH}_2$ (k^*)	CH_2SS , $\text{CH}_2\text{SS}_{\text{k}^*}$, $\text{CH}_{(2)}\text{S}(\text{S}, \text{CH}_{(2)}, \text{H})$, $\text{CH}_{(2)}\text{S}(\text{S}, \text{CH}_{(2)}, \text{H})_{\text{k}^*}$	$\text{CH}_2\text{S(H)}$, $\text{CH}_2\text{S(H)}_{\text{k}^*}$, $\text{C(H)}_{(2)}$ - CH_3
Интервал $\delta^{13}\text{C}$ м.д. **	95-96	91-92	70-71	60-71	31-42	23-28
Интегральная** интенсивность, отн.ед.	47-50	2-4	6-10	95-100	91-95	7-12

*- к – конформационные сигналы – пики, связанные с изменением конформаций цепей (и обусловленные вариациями напряженностей связей в группах), что может вызываться топологическими и (или) структурно-динамическими переходами – разветвлением, циклообразованием, димеризацией или межцепными обменными или донорно-акцепторными взаимодействиями;

** - в зависимости от марки и молекулярной массы при 2% - ной мольной концентрации ТХП в реакционной смеси.

Особенностью таблицы 2 является отсутствие сигналов от третичных и, особенно, четвертичных атомов углерода, непосредственно характеризующих центры разветвления [8]. Однако наблюдаемые изменения в спектрах разветвленных образцов, полученных на низкочастотных спектрометрах, можно объяснить преобразованиями в конформационной структуре олигомеров, обусловленными присутствием в ее составе разветвляющего агента.

Как уже было показано в работах [4-6], часть низкоинтенсивных сигналов ЯМР, в том числе связанных с разветвленностью и конформациями цепей в окрестности разветвляющего агента, подвижна и не всегда воспроизводима, что вполне объяснимо интенсивными межцепными процессами, протекающими в полисульфидной среде [1, 3-6, 10]. При этом одновременное появление в спектрах ЯМР ^{13}C жидких тиоколов сигналов от ядер углерода C2, C3 и C6 обусловлено разветвлениями различного типа, а сигнала C2 – также и наличием вторичного атома хлора в молекуле ТХП, низкая реакционная способность которого может приводить к закреплению в цепи олигомеров непрореагировавших хлорсодержащих фрагментов ТХП. Последние, как и серусодержащие участки цепей, проявляют себя конформационными изменениями, вызванными взаимодействием атомов хлора и серы с энергетически активными точками соседних фрагментов. В результате интенсивности сигналов C3 и C6 закономерно коррелируют между собой, поскольку в первом приближении характеризуют метиленовые группы концевых структур (пику C3 соответствует фрагмент $\text{OCH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S(H)}$, а сигналу C6 – метиленовые группы $\text{OCH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S(H)}$), а также сигнал $\text{OCH}_2 - \text{C(H, Cl)}$ центра разветвления. При этом сравнение структурных фрагментов только по метиленовым группам минимизирует возможные неточности в определении интенсивностей сигналов ЯМР ^{13}C и, соответственно, относительных долей рассматриваемых фрагментов цепи, возникающих вследствие ядерного эффекта Оверхаузера [11].

Так как эта корреляция наблюдается только в присутствии ТХП, можно предположить, что C3 – типично конформационный сигнал, обусловленный соседством соответствующей метиленовой группы с фрагментами – CH-SS разветвляющего агента. Аналогично в сигнале C2 просматривается связь диформалевых фрагментов с CHCl – участками разветвленных цепей, а в сигнале C6 отражаются более интенсивные, чем в линейном олигомере, обратимые переходы от ди- к моносulfидным связям, обусловленные протеканием соответствующих реакций в окрестности достаточно подвижной метиновой группы.

Найденные структурные особенности промышленных жидких тиоколов необходимо учитывать при их дальнейшем отверждении.

Список литературы

1. Аверко-Антонович Л.А. Полисульфидные олигомеры и герметики на их основе / Л.А. Аверко-Антонович, П.А. Кирпичников, Р.А. Смыслова // Л.: Химия, 1983, 128 с.
2. Кирпичников П.А. Химия и технология СК / П.А. Кирпичников, Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович // Л.: Химия, 1976, 506 с.
3. Хакимуллин Ю.Н. Герметики на основе полисульфидных олигомеров: синтез, свойства, применение / Ю.Н. Хакимуллин, В.С. Минкин, Ф.М. Палютин, Т.Р. Дебердеев // М: Наука, 2007, 302 с.
4. Минкин В.С. Исследование строения разветвленных полисульфидных олигомеров методами ^{13}C и ^1H ЯМР спектроскопии / В.С. Минкин, Л.А. Аверко-Антонович, В.В. Зыкова, П.П. Суханов, Е.С. Нефедьев, Р.А. Шляхтер // Высокомолек. Соед., 1982, Т.24Б. №9. С. 712-716.
5. Минкин В.С. О строении разветвленных полисульфидных олигомеров / В.С. Минкин, В.В. Зыкова, Л.А. Аверко-Антонович, П.А. Кирпичников, П.П. Суханов // Высокомолек. Соед., 1984, Т.26Б. №3. С. 217-220.
6. Зыкова В.В. Определение степени разветвленности полисульфидных олигомеров с помощью ЯМР ^{13}C / В.В. Зыкова, В.С. Минкин // Журн. Прикл. Спектр., 1984, Т.41. №2. С. 318-321.
7. Буклет компании INTERTECH CORPORATION. Спектрометры ЯМР picoSpin 45 и picoSpin 80 фирмы THERMO SCIENTIFIC (USA). 2014. <http://www.intertech-corp.ru>
8. Mazurek W. ^{13}C NMR of Polysulfide Prepolymers / W. Mazurek, A.G. Moritz // Macromolecules, 1991, 24. P. 3261-3265.
9. Губайдуллин Л.Ю. Анализ структуры и состава 2,2' - дихлордиэтилформала / Л.Ю. Губайдуллин, Д.С. Иоффе, Н.П. Павельева и др. // тез. докл. н/практ. конф. «Состояние и перспективы развития синтетических каучуков, полисульфидных олигомеров и их производных». – Казань: 1996, С. 27-28.
10. Суханов П.П. Исследование процессов структурирования олигомерных композиций методами радиоспектроскопии / П.П. Суханов, В.С. Минкин // К: изд-во КГТУ, 2011, 223 с.
11. Леви Г., Нельсон Г. Руководство по ядерному магнитному резонансу углерода - ^{13}C / Пер. с англ. Сергеева Н.М. // М: Мир, 1975, 295 с.

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

1.2.2.

Д.А. Ахметшин, Ф.А. Галимянов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Кафедра информатики и прикладной математики,
Казань, AkhmetshinDA@corp.knrtu.ru, fanisgalimyanov@gmail.com

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ УСТОЙЧИВЫМИ СОСТОЯНИЯМИ ДИСКРЕТНОЙ И НЕПРЕРЫВНОЙ ВЕРСИИ МОДЕЛИ ХОПФИЛДА В НЕЙРОДИНАМИКЕ

В нашей работе мы рассматриваем нейродинамическую модель Хопфилда или сеть Хопфилда, в литературе эти термины равнозначны. Нами были получены функции энергии для сети Хопфилда. Исследованы максимумы и минимумы энергии и распределения ее в векторном пространстве. Вывели устойчивость модели согласно первой теореме Ляпунова. Описали эволюцию во времени непрерывной модели Хопфилда через систему нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка.

Ключевые слова: Сеть Хопфилда, обратная связь, нейродинамика, нелинейные дифференциальные уравнения, синаптические веса.

Сеть Хопфилда состоит из множества нейронов и соответствующего множества единичных задержек, формирующих систему с множеством обратных связей. Количество обратных связей равно количеству нейронов. Как правило, выход каждого нейрона замыкается через элемент единичной задержки на все остальные нейроны сети. Другими словами, нейрон этой сети не имеет обратных связей с самим собой[1].

Для анализа динамики сетей Хопфилда используем нейродинамическую модель, описываемую уравнением $C_j \frac{dv_j(t)}{dt} = -\frac{v_j(t)}{R_j} + \sum_{i=1}^N w_{ji}x_i(t) + I_j$, $j = 1, 2 \dots N$ которая основана на аддитивной модели нейрона.

Зная, что $x_i(t) = \varphi_i(v_i(t))$ [2], уравнение $C_j \frac{dv_j(t)}{dt} = -\frac{v_j(t)}{R_j} + \sum_{i=1}^N w_{ji}x_i(t) + I_j$, $j = 1, 2 \dots N$ можно переписать в следующем виде:

$$C_j \frac{d}{dt} v_j(t) = -\frac{v_j(t)}{R_j} + \sum_{i=1}^N w_{ij} \varphi_i(v_i(t)) + I_i, \quad j = 1, 2 \dots, N \quad (1)$$

Для продолжения рассуждения, сделаем следующие допущения.

1. Матрица синаптических весов является симметричной:

$$w_{ji} = w_{ij} \text{ для всех } i \text{ и } j. \quad (2)$$

2. Каждый нейрон имеет собственную нелинейную функцию активации (поэтому в записи $\varphi_i(\cdot)$) в выражении (1) присутствует индекс i).

3. Для всех нелинейных функций активации существуют обратные, т.е. можно записать:

$$v = \varphi_i^{-1}(x) \quad (3)$$

Пусть сигмоидальная функция $\varphi_i(v)$ определяется как гиперболический тангенс:

$$x = \varphi_i(v) = \tanh\left(\frac{a_i v}{2}\right) = \frac{1 - \exp(-a_i v)}{1 + \exp(-a_i v)} \quad (4)$$

который в начале координат имеет наклон, равный $\alpha_i/2$:

$$\frac{\alpha_i}{2} = \left. \frac{d\varphi_i}{dv} \right|_{v=0} \quad (5)$$

Исходя из этого, α_i называется коэффициентом передачи (gain) нейрона i . Обратное преобразование выхода во вход (3) можно переписать в следующем виде:

$$v = \varphi_i^{-1}(x) = -\frac{1}{\alpha_i} \log \left(\frac{1-x}{1+x} \right) \quad (6)$$

Стандартная форма этого обратного соотношения для нейрона с единичным коэффициентом передачи будет иметь следующий вид:

$$\varphi^{-1}(x) = -\log \left(\frac{1-x}{1+x} \right) \quad (7)$$

Выражение (6) можно переписать в терминах стандартного соотношения:

$$\varphi_i^{-1}(x) = \frac{1}{\alpha_i} \varphi^{-1}(x) \quad (8)$$

Функция энергии (Ляпунова) сети Хопфилда определяется следующим образом [3]:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ji} x_i x_j + \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j} \int_0^{x_j} \varphi_j^{-1}(x) dx - \sum_{j=1}^N I_j x_j \quad (9)$$

Функция энергии (9) может иметь сложную поверхность с множеством минимумов. Динамика этой сети описывается механизмом, обеспечивающим нахождение этих минимумов.

Функция энергии E , определяемая формулой (9), и удовлетворяет неравенству $\frac{dE}{dt} \leq 0$, следовательно можно переопределить функцию энергии непрерывной модели Хопфилда следующим образом:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1, i \neq j}^N \sum_{j=1}^N w_{ji} x_i x_j + \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j} \int_0^{x_j} \varphi_j^{-1}(x) dx \quad (10)$$

Обратная функция $\varphi_j^{-1}(x)$ определяется формулой $\varphi_i^{-1}(x) = -\log \left(\frac{1}{\alpha_i} \right) \varphi^{-1}(x)$, где α_i - это коэффициент передачи (gain) нейрона i . Таким образом, формулу (3) можно переписать в следующем виде:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1, i \neq j}^N \sum_{j=1}^N w_{ji} x_i x_j + \sum_{j=1}^N \frac{1}{\alpha_j R_j} \int_0^{x_j} \varphi^{-1}(x) dx \quad (11)$$

График стандартной формы интеграла $\int_0^{x_i} \varphi^{-1}(x) dx$ выглядит следующим образом:

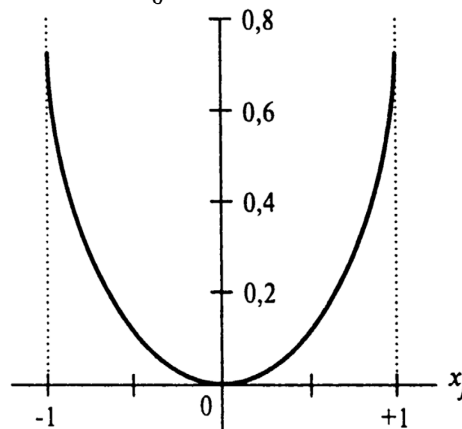


Рис. 1 - График интеграла $\int_0^{x_i} \varphi^{-1}(x) dx$

Он равен нулю в точке $x_i = 0$, и положителен во всех остальных точках. При достижении x_j значений ± 1 значения этого интеграла становятся очень большими. Если же коэффициент передачи α_j (gain) нейрона j становится бесконечно большим (т.е. сигмоидальная нелинейность достигает идеализированной формы с жесткими пределами), второе слагаемое в формуле (4) становится настолько малым, что им можно пренебречь [4]. В предельном случае, когда $\alpha_j = \infty$ для всех j , максимумы и минимумы непрерывной модели Хопфилда становятся идентичными максимумам и минимумам дискретной модели. В последнем случае функция энергии (Ляпунова) определяется следующим образом:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, i \neq j}^N w_{ij} x_i x_j \quad (12)$$

где состояние j -го нейрона $x_j = \pm 1$. Таким образом, можно сделать вывод, что только устойчивые точки непрерывной детерминированной модели Хопфилда с очень высоким коэффициентом передачи соответствуют устойчивым точкам дискретной стохастической модели Хопфилда.

Однако если все нейроны j имеют большой, но конечный коэффициент передачи α_j , оказывается, что второе слагаемое в правой части (10) вносит заметный вклад в функцию энергии непрерывной модели. В частности, этот вклад является большим и положительным вблизи всех граней, границ и углов единичного гиперкуба, определяющего пространство состояний этой модели. С другой стороны, вклад второго слагаемого становится пренебрежимо малым в точках, удаленных от граней этого куба. Следовательно, функция энергии такой модели имеет свои максимумы в углах, а минимумы смещены во внутреннюю область единичного гиперкуба [3].

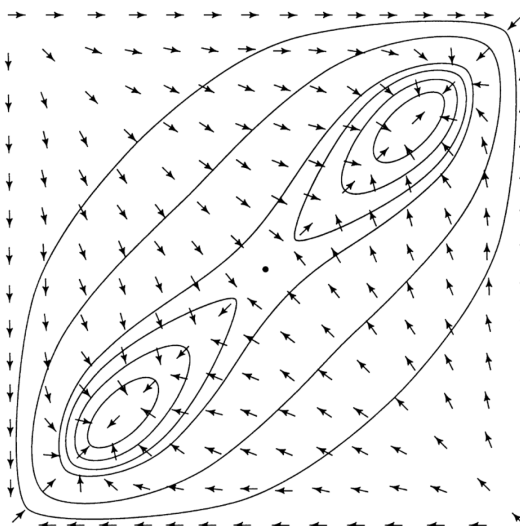


Рис. 2 - Контурная карта энергии системы

с двумя нейронами и двумя устойчивыми состояниями

На рисунке 2 показана контурная карта энергии (energy contour map) или ландшафт энергии (energy landscape) непрерывной модели Хопфилда, состоящей из двух нейронов. Ординаты и абсциссы являются выходами двух нейронов. Устойчивые состояния расположены около нижнего левого и около правого верхнего углов. Неустойчивые экстремумы расположены в остальных двух углах. Стрелки показывают перемещение состояний. В общем случае эти перемещения не перпендикулярны контурам энергии. Устойчивые состояния расположены около выходы этих двух нейронов определяют две оси этой карты. Нижний левый и верхний правый углы на рисунке 2 представляют собой устойчивые минимумы для случая бесконечного коэффициента передачи. Минимумы для случая конечного коэффициента передачи смещаются внутрь куба. Поток к фиксированным точкам (т.е. точкам устойчивого минимума) может интерпретироваться как решение задачи минимизации функции энергии E , определяемой формулой $E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ji} x_i x_j + \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j} \int_0^{x_j} \varphi_j^{-1}(x) dx - \sum_{j=1}^N I_j x_j$

Список литературы

1. Haykin S., B. Van Veen. Signals and Systems, New York: Wiley, 1998.
2. Галимянов Ф.А., Малов П.В., Конструктивные, независимые от распределения пределы обобщающей способности обучаемых машин / Научно-технический вестник Поволжья. 2020, в.6, с.102-104
3. Hopfield J.J. Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons, Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 1984, vol. 81, p. 3088-3092.
4. Кошкина К.В., Ахметшин Д.А., Нуриев Н.К., Entwicklung von simulationsmodellen von padagogischen tests / . 2018, т.1, в.1, с.12-19

1.2.2.

Д.А. Ахметшин, Ф.А. Галимянов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Кафедра информатики и прикладной математики,
Казань, AkhmetshinDA@corp.knrtu.ru, fanisgalimyanov@gmail.com

ФИЛЬТР КАЛМАНА В ДИНАМИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ РЕКУРРЕНТНОЙ СЕТЬЮ

В работе мы решаем задачу фильтрации как альтернатива классическому градиентному спуску при непрерывном обучении нейронных сетей. Для вывода фильтра Калмана мы производим ряд допущений и вводим понятие инновации, который рассматриваем неразрывно от вектора наблюдений. Это позволяет заменить коррелированную последовательность наблюдаемых данных некоррелированной последовательностью инноваций, при этом не теряя информацию. В результате получаем уравнения для фильтрации Калмана.

Ключевые слова: *Нейронные сети, градиентный спуск, фильтр Калмана, задача фильтрации, инновационный процесс.*

Непрерывное обучение, основанное на градиентном спуске, осуществляется довольно медленно из-за доверия к мгновенным оценкам градиентов. Это серьезное ограничение можно обойти, рассмотрев обучение рекуррентной сети с учителем как задачу оптимальной фильтрации, решение которой рекурсивно использует информацию, содержащуюся в данных обучения, неявно возвращаясь к первой итерации процесса обучения. Описанная здесь идея лежит в основе фильтрации Калмана (Kaiman filtering) [1]. Среди новаторских признаков фильтра Калмана следует выделить следующие.

- Эта теория сформулирована в терминах концепций пространства состояний и предлагает эффективное использование информации, содержащейся во входных данных.
- Оценка состояния выполняется рекурсивно. Это значит, что каждая скорректированная оценка состояния вычисляется на основе предыдущей оценки и доступных в текущий момент данных. Следовательно, сохранение требуется только для предыдущей оценки.

Теория фильтров Калмана берет свое начало в классической работе [1]. Эта теория заняла свое место как существенная часть управления и обработки сигнала и нашла применение в разнообразных областях деятельности человека. Подробное описание стандартного фильтра Калмана, его вариантов и расширенных форм, работающих с нелинейными динамическими системами, содержится в [2], [3]. Первая работа целиком посвящена теории и практике фильтрации Калмана, а во второй рассматривается теория фильтров Калмана с позиций адаптивной фильтрации. Среди других книг, посвященных этому вопросу, можно выделить [4], [5], [6].

Рассмотрим линейную, дискретную динамическую систему. Временное описание представленной здесь системы сохраняет сходство с формализмом пространства состояний. Нашу систему опишем в виде системы уравнений:

$$w(n+1) = w(n) \quad (1)$$

$$d(n) = C(n)w(n) + v(n) \quad (2)$$

Величины, использованные в уравнении процесса (1) и уравнении измерения (2), можно описать следующим образом.

- $w(n)$ — вектор состояния (state vector) системы.
- $d(n)$ — вектор наблюдения (observation vector).
- $C(n)$ — матрица измерений (measurement matrix).
- $v(n)$ — шум или погрешность измерений (measurement noise).

В уравнении процесса (1) сделаны два упрощающих допущения. Во-первых, уравнение процесса не учитывает шума. Во-вторых, передаточная матрица, связывающая состояния системы в моменты времени $n+1$ и n , равна единице.

Задачу фильтрации Калмана сформулируем следующим образом.

Используя все множество наблюдаемых данных, состоящее из набора векторов $\{d(i)\}_{i=1}^n$ нужно найти для каждого $n \geq 1$ оценку с минимальной среднеквадратической ошибкой состояния $w(i)$.

Обратим внимание, что информация о векторе состояний недоступна. Эта задача называется задачей фильтрации (при $i = n$), прогнозирования (при $i > n$) или сглаживания (при $1 \leq i \leq n$). Решение этой задачи получаем на основе следующих допущений.

1. Погрешность измерений $v(n)$ имеет нулевое среднее значение и является процессом белого шума с матрицей ковариации:

$$E[v(n)v^T(k)] = \begin{cases} R(n), & n = k, \\ 0, & n \neq k. \end{cases} \quad (3)$$

2. Начальное состояние $w(0)$ не коррелировано $v(n)$ для всех $n > 0$.

Для изящного вывода фильтра Калмана можно использовать понятие инновации. Более точно, процесс инновации, связанный с вектором наблюдений $d(n)$, определяется следующим образом:

$$\alpha(n) = d(n) - \hat{d}(n|n-1) \quad (4)$$

где $\hat{d}(n|n-1)$ - оценка $d(n)$ с минимальной среднеквадратической ошибкой на основе всех прошлых значений вектора наблюдений, начиная с момента времени $n = 1$ и заканчивая моментом $n - 1$. Под "оценкой с минимальной среднеквадратической ошибкой" понимается та оценка, которая минимизирует среднеквадратическую ошибку $d(n)$. Инновационный процесс $\alpha(n)$ можно рассматривать как меру новой информации, содержащейся в $d(n)$, которая была недоступна в прогнозируемой части $\hat{d}(n|n-1)$. Инновационный процесс имеет ряд следующих полезных свойств.

1) Инновационный процесс $\alpha(n)$, ассоциированный с $d(n)$, не коррелирован со всеми предыдущими наблюдениями $d(1), d(2), \dots, d(n-1)$, т.е.

$$E[\alpha(n)d^T(k)] = 0 \text{ для } 1 \leq k \leq n-1$$

2) Инновационный процесс состоит из последовательности случайных векторов, которые не коррелированы друг с другом:

$$E[\alpha(n)\alpha^T(k)] = 0 \text{ для } 1 \leq k \leq n-1$$

3) Существует однозначное соответствие между последовательностью случайных векторов, представляющих наблюдаемые данные, и последовательностью случайных векторов, представляющих инновационный процесс:

$$\{d(1), d(2), \dots, d(n)\} = \{\alpha(1), \alpha(2), \dots, \alpha(n)\} \quad (5)$$

Теперь можно заменить коррелированную последовательность наблюдаемых данных некоррелированной последовательностью инноваций, при этом не теряя информацию. Это упрощает вывод фильтра Калмана, так как выражает оценку состояния в момент времени i через заданный набор инноваций $\{\alpha(k)\}_{k=1}^n$. При проведении этого анализа можно вывести стандартный фильтр Калмана.

В этом алгоритме существуют три новые величины, которые требуют определения.

1) $K(n, n-1)$ - матрица ковариации ошибки, определяемая следующим образом:

$$K(n, n-1) = E[\varepsilon(n, n-1)\varepsilon^T(n, n-1)], \quad (6)$$

где вектор состояния $\varepsilon(n, n-1)$, в свою очередь, определяется как

$$\varepsilon(n, n-1) = w(n) - \hat{w}(n|n-1), \quad (7)$$

где $w(n)$ - фактическое состояние; $\hat{w}(n|n-1)$ - его прогнозируемое значение на один шаг вперед, основанное на предыдущих значениях данных наблюдения вплоть до момента времени $n-1$.

2) $\Gamma(n)$ - переводной коэффициент, который связывает ошибку фильтрованной оценки $e(n)$ с инновацией $\alpha(n)$:

$$e(n) = R(n)\Gamma(n)\alpha(n) \quad (8)$$

где

$$e(n) = d(n) - \hat{d}(n|n) \quad (9)$$

и $\hat{d}(n|n)$ - оценка вектора наблюдений $d(n)$, полученная на основе всех наблюдений вплоть до момента времени n .

3) $G(n)$ - коэффициент усиления Калмана (Kalman gain), который определяет коррекцию, применяемую к оценке состояния.

Отсюда мы находим уравнения фильтрации Калмана:

Для $n=1,2,\dots$ получаем

$$\begin{aligned} \Gamma(n) &= [C(n)K(n, n-1)C^T(n) + R(n)]^{-1}, \\ G(n) &= K(n, n-1)C^T(n)\Gamma(n), \\ \alpha(n) &= y(n) - C(n)\hat{w}(n|n-1), \\ \hat{w}(n+1|n) &= \hat{w}(n|n-1) + G(n)\alpha(n), \\ K(n+1, n) &= K(n, n-1) - G(n)C(n)K(n, n-1) \end{aligned}$$

которые, предназначены для распространения матрицы ковариации ошибки $K(n, n-1)$ и поэтому называется ковариационным алгоритмом фильтрации Калмана.

Список литературы

1. Kalman R.E. A new aproach to linear filtering and prediction problems, Transactions of the ASME, Journal of Basic Engineering, 1960, vol. 82, p. 35-45.
2. Grewal M.S. and A.R Andrews. Kalman Filtering: Theory and Practice, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1993.
3. Haykin S. Adaptive Filter Theory, 3rd edition, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1996.
4. Jazwinski A.H. Stochastic Processes and Filtering Theory, New York: Academic Press, 1970.
5. Maybeck P.S. Stochastic Models, Estimation and Control, vol. 2, New York: Academic Press, 1982.
6. Maybeck P.S. Stochastic Models, Estimation and Control, vol. 1, New York: Academic Press, 1979

1.2.2.

¹Д.А. Башмаков канд. техн. наук, ¹С.В. Болдырев канд. техн. наук,
¹Р.Р. Рахимов, ²Л.И. Фардеев, ²И.Ф. Гумеров, ²М.Д. Ханнанов, ²Э.Р. Алимгулов

¹Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
отделение информационных технологий и энергетических систем,
кафедра «Высокоэнергетические процессы и агрегаты»,
Набережные Челны, azpirin123z@yandex.ru,
²НТЦ ПАО «КАМАЗ»,
Набережные Челны

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ EURO 6 АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ НА ОБЩИЙ ШУМ ВЫХЛОПА И ПРОТИВОДАВЛЕНИЕ

В статье выполнено численное моделирование акустических и газодинамических процессов в системе выпуска и нейтрализации отработавших газов на примере дизельного двигателя Euro 6 автомобиля КАМАЗ. Используются метод матриц передачи и дифференциальные уравнения Эйлера для массы, импульса и энергии в одномерной постановке, и уравнение состояния идеального газа. Исследовано влияние объемов камер глушителя-нейтрализатора, длин и углов поворота каналов системы на уровень шума и противодавление на нескольких режимах работы двигателя. Сделан вывод о целесообразности увеличения объемов входной и выходной камер глушителя-нейтрализатора на 30% для достижения снижения уровня шума на 1.2...14.5% при обеспечении небольшого снижения противодавления (на 0.6...4.4%) или, по крайней мере, сохранении его практически равным исходному значению.

Ключевые слова: численное моделирование; система выпуска и нейтрализации; геометрические параметры; шум выхлопа; противодавление.

Введение. Основным способом снижения шумовых характеристик систем выпуска и нейтрализации отработавших газов дизельных двигателей является применение реактивных резонансных и отражательных глушителей с расширительными камерами и пористыми стенками. Это обусловлено их высокими потерями при передаче, малой чувствительностью к загрязнениям и большой прочностью при высоких пульсациях давления и сильных механических вибрациях. Однако к их недостаткам относят сравнительно большое противодавление и узкополосное глушение шума [1].

Вместе с тем, в ходе обзора расчетных и экспериментальных исследований [2-10], выявлено значительное влияние на газодинамические и акустические характеристики таких геометрических параметров глушителей как форма и размеры камер, каналов и отверстий.

Например, в статье Mishra P. C. et al. [2] установлено, что минимальные противодавления достигаются в вариантах глушителя с камерами прямоугольного или эллиптического поперечного сечения.

В работе Nursal R.S. et al. [3] обнаружено влияние расстояния от двигателя до места установки глушителя на поле скоростей и противодавление в системе выпуска отработавших газов.

В статье Jun F. et al. [4] показано, что увеличение степени расширения газов на входе в разработанный авторами глушитель оказывает наибольшее влияние на потери давления, а рост отношения длин полостей может привести к локализации зон турбулентности и колебаний давления.

В дальнейшем, данные результаты уточнены в работе Fu J. et al. [5]. Сделан вывод о том, что максимальное влияние увеличения степени расширения на рост трансмиссионных потерь наблюдается в диапазонах низких и средних частот 20...2400 Гц, отношения длин полостей – в диапазонах средних и высоких частот 2500...4500 Гц, а отношения общей длины к диаметру – в высокочастотном диапазоне 3000...4500 Гц.

В статье Ming P. et al. [6] выявлено, что наибольшее снижение давления и температуры газов происходит во входной секции двухкамерного теплообменника-глушителя с дефлектором потока, в то время как в секции глушителя – лишь 0.48% от общих потерь давления.

В работе Shinde, P.V. et al. [7] предложен вариант модернизации реактивного глушителя, предусматривающий увеличение объема расширительной камеры, установку одинарной перфорированной перегородки, перфорацию внутренней части впускной трубы, пористость расширенного входного отверстия. Отмечено, что новая конструкция обеспечивает снижение противодавления, большие трансмиссионные потери 14 дБ и снижение уровня шума на 5.5%.

В статье Xue J. et al. [8] выполнена модернизация спаренного глушителя, у которого расширительная камера соединена с выходом разделительно-струйного узла. Чтобы уменьшить противодавление, площадь каждого отверстия выполнена большей или равной площади входного поперечного сечения. Обнаружено снижение противодавления и расхода топлива и увеличение вносимых потерь на 34% в диапазоне частот до 200 Гц.

В работах Fu J. et al. [9-10] продемонстрировано увеличение трансмиссионных потерь в среднем на 9.8 дБ при увеличении степени расширения газов на входе в глушитель с 7.1 до 9.8, длины корпуса со 140 мм до 190 мм, диаметра корпуса с 82 мм до 100 мм, длины вставки выпускной перфорированной трубы с 36 мм до 50 мм, расстояния между диафрагмой и передней частью со 101 мм до 130 мм. Зафиксировано, что с ростом отношения длины корпуса к диаметру и степени перфорации сетчатой диафрагмы увеличение потерь при передаче смещается в область больших частот. При увеличении эллиптичности корпуса выявлено снижение величин резонансных частот, соответствующих максимальному снижению шума.

Таким образом, цель настоящей работы, заключающаяся в оценке влияния геометрических параметров системы выпуска и нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя на общий шум выхлопа и противодавление, является актуальной.

Методы. На первом этапе исследований выполнена верификация одномерных акустической и газодинамической математических моделей программного пакета AVL BOOST. Для линейных акустических расчетов применен метод матриц передачи, а при моделировании одномерного течения газов и теплообмена – дифференциальные уравнения Эйлера для массы, импульса и энергии и уравнение состояния идеального газа с учетом зависимости свойств газовой смеси от ее состава, температуры и давления [11]. В ходе численного моделирования получены и сравнены с известными экспериментальными данными зависимость трансмиссионных потерь от частоты звуковых колебаний в канале с цилиндрической камерой и зависимости массового расхода отработавших газов от противодавления в системе выпуска и нейтрализации на 140 режимах работы (при упрощенном представлении глушителя-нейтрализатора в виде камеры постоянного объема).

На втором этапе исследований система выпуска и нейтрализации отработавших газов рассмотрена на примере двигателя Euro 6 автомобиля КАМАЗ (рис. 1). В данном случае глушитель-нейтрализатор представлен подробно в виде совокупности камер, катализаторов, сажевого фильтра и каналов. Таким образом, реализовано последовательное движение газов из турбины в атмосферу через катализатор окисления DOC, сажевый фильтр DPF, камеру смешивания, селективные каталитические нейтрализаторы SCR 1, 2, каталитические нейтрализаторы аммиака ASC 1, 2.

Расчетная схема, составленная для данной задачи в программе AVL BOOST, представлена (рис. 2):

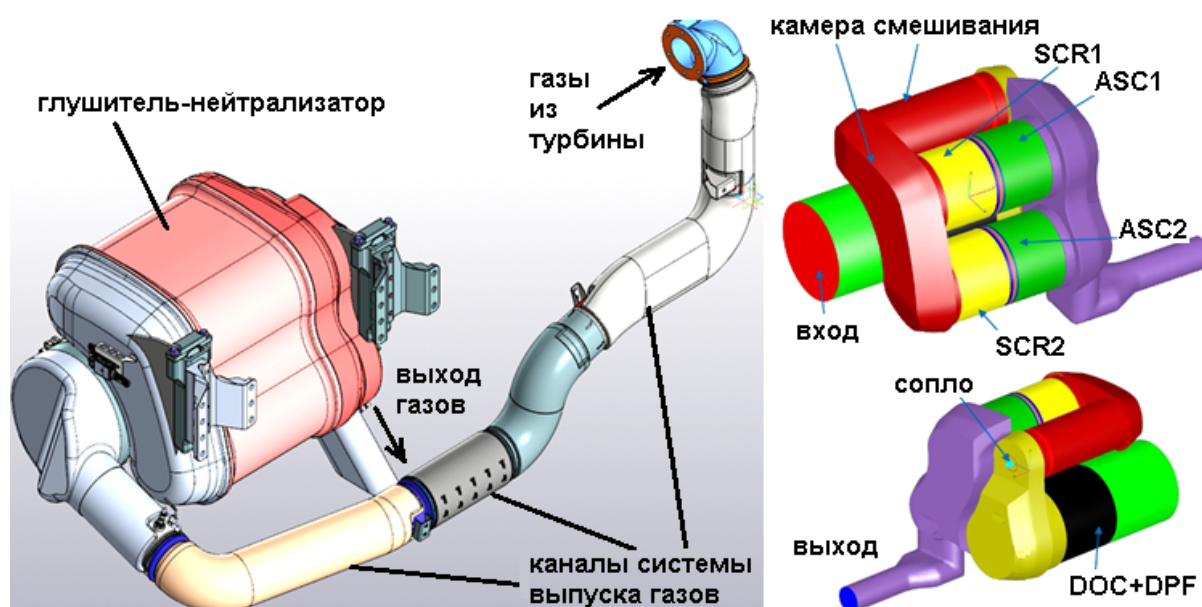


Рис. 1 – Система выпуска и нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя Евро 6 автомобиля КАМАЗ

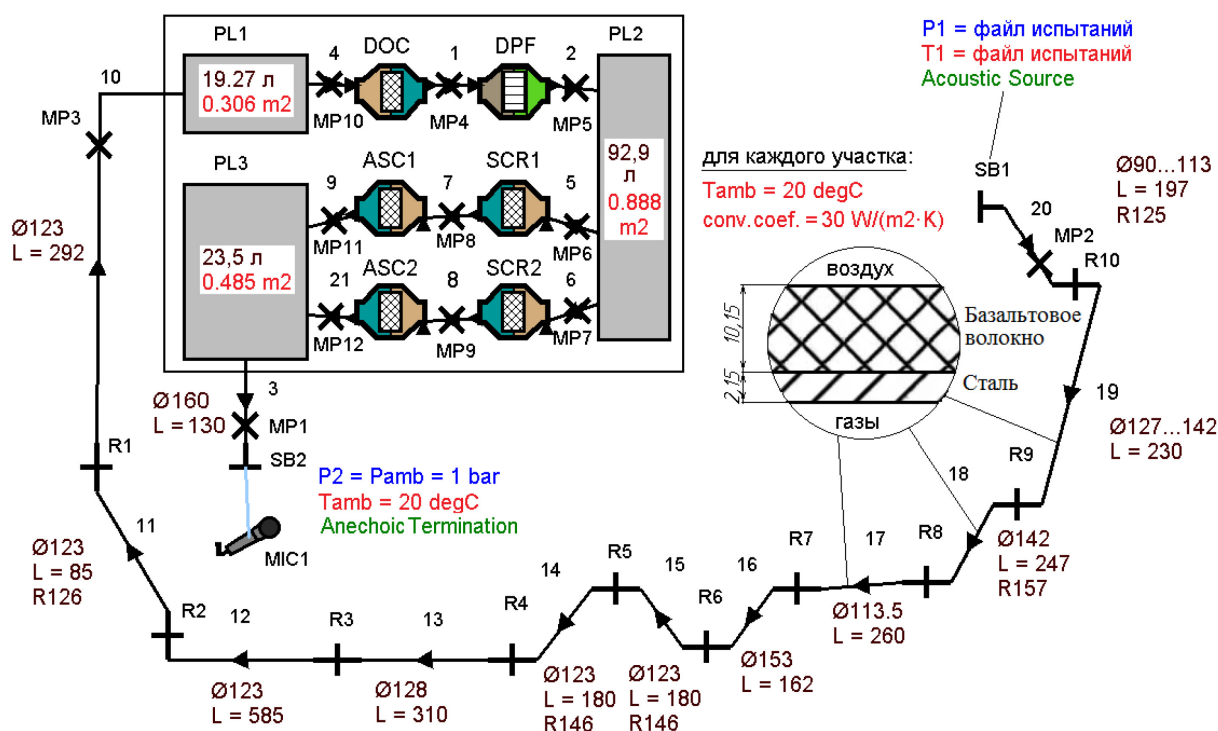


Рис. 2 – Расчетная схема и параметры

(для каналов – внутренний диаметр, длина, радиус изгиба, толщины стенки и теплоизоляции, мм; для камер – объем, л, и площадь теплообмена, м²)

- входной границей SB1 (выход газов из турбины с заданными абсолютным давлением и температурой исследуемого режима при амплитуде колебаний 0.0005 бар и частоте от 0 до 2000 Гц);
- 21 каналом постоянного или переменного поперечного сечения;
- 10 местными сопротивлениями при расширении или сужении каналов;
- камерами постоянного объема (входной камерой PL1, камерой смешивания PL2, выходной камерой PL3);
- измерительными точками MP1-MP12;

- катализатором окисления DOC (объем 7.4 л, длина 101.6 мм, плотность и толщина ячеек – 19.7 мм² и 0.28 мм);
- сажевым фильтром DPF (объем 18.5 л, длина 254 мм, плотность и толщина ячеек – 19.7 мм² и 0.28 мм);
- селективными каталитическими нейтрализаторами SCR 1, 2 (объем 8.1 л, длина 177.8 мм, плотность и толщина ячеек – 19.7 мм² и 0.28 мм);
- каталитическими нейтрализаторами аммиака ASC 1, 2 (объем 8.1 л, длина 177.8 мм, плотность и толщина ячеек – 19.7 мм² и 0.28 мм);
- выходной неотражающей границей SB2 («беззхвое окончание» с абсолютным давлением 1 бар и температурой 20°C окружающей среды);
- микрофоном (осевое расстояние от выхлопной трубы 500 мм и высота расположения относительно основания 200 мм).

Причем в рамках данной статьи катализаторы и фильтр представлены как создающие сопротивление движению газов пористые объемы (без рассмотрения протекающих в них химических реакций).

В настройках решателя «Моделирование цикла» для каждого исследуемого режима учтена частота вращения коленчатого вала.

Для расчета тепловых потерь в рамках модели Петухова стенки каналов рассмотрены как двухслойные с постоянным коэффициентом теплоотдачи от наружной поверхности к окружающей среде 30 Вт/(м²·К) (в программу введены теплофизические свойства стали и базальтового волокна и толщины этих слоев).

Для дискретизации каналов выбран размер ячеек 10 мм (даже самый короткий канал состоял как минимум из 10 ячеек).

В качестве критериев сходимости использованы стабилизация значений массового расхода газов в точках измерения в течение минимум 10 циклов.

На основе верифицированных математических моделей проведено сравнение влияния нескольких геометрических параметров системы на общий шум и массовый расход отработавших газов на нескольких режимах, отличающихся перепадом давлений и частотой вращения коленчатого вала:

- увеличение объемов входной и выходной камер V1 и V3;
- увеличение объема камеры смешивания V2;
- уменьшение длины трубопроводной магистрали (на примере участка №12 по схеме на рисунке 2);
- изменение углов поворота участков трубопроводной магистрали (на примере участка №11 по схеме на рисунке 2).

Увеличение расчетного массового расхода газов при одном и том же перепаде давлений означало меньшее сопротивление движению, а значит, косвенно указывало на уменьшение противодавления в системе.

Результаты и обсуждение. На рисунке 3 показаны результаты исследования влияния перечисленных выше факторов на общий шум выхлопа, а на рисунке 4 – на противодавление в системе.

Причем приведены как абсолютные значения интересующих величин, так и их отклонения в процентах относительно исходных величин.

Для упрощения восприятия данных в таблицах использовано следующее правило окрашивания полей: зеленый цвет – положительный эффект от изменения фактора (снижение шума или противодавления); желтый цвет – влияние фактора отсутствует или незначительно; красный цвет – отрицательный эффект от изменения фактора.

Как видно из рисунка 3, наибольший положительный эффект по снижению уровня шума достигается при увеличении объемов входной и выходной камер глушителя-нейтрализатора V1 и V3 на 30% (снижение уровня общего шума выхлопа на 1.2...6.8% при высоких частотах 1500...1900 об/мин и на 1.2...14.5% – при низких частотах 900...1200 об/мин).

Режимы работы двигателя и системы выпуска			Влияющие факторы							
Частота, об/мин	Перепад давлений, бар	Температура на входе, °C	Объемы камер глушителя V1 + V3 (42,8 л)		Объем камеры глушителя V2 (92,9 л)		Длина участка L12 (585 мм)		Угол поворота участка 11 (90 град.)	
			+ 15 %	+ 30 %	+ 15 %	+ 30 %	- 146 мм	- 293 мм	45 град.	0 град.
1900	1.09133	363.9	62 -1.59 %	60 -4.76 %	62 -1.59 %	61 -3.17 %	63 0 %	63 0 %	63 0 %	63 0 %
	1.06126	237.3	89 1.14 %	82 -6.82 %	86 -1.15 %	86 -1.15 %	89 2.3 %	82 -5.75 %	89 9.88 %	86 6.17 %
	1.03166	132.5	96 -3.03 %	96 -3.03 %	98 0 %	98 0 %	99 2.06 %	97 0 %	98 -1.01 %	98 -1.01 %
1700	1.09201	331.4	62 -1.59 %	61 -3.17 %	62 -1.59 %	61 -3.17 %	63 0 %	63 0 %	64 0 %	63 -1.56 %
	1.06228	262.9	84 0 %	83 -1.19 %	81 -2.41 %	81 -2.41 %	87 4.82 %	83 0 %	86 7.5 %	87 8.75 %
	1.02208	137.3	98 0 %	96 -2.04 %	100 2.04 %	99 1.02 %	98 0 %	99 1.02 %	100 1.01 %	99 0 %
1500	1.08227	346.5	62 -1.59 %	61 -3.17 %	62 -1.59 %	61 -3.17 %	64 1.59 %	64 1.59 %	63 0 %	63 0 %
	1.05274	267	87 2.35 %	83 -2.35 %	83 -1.19 %	78 -7.14 %	82 -2.38 %	78 -7.14 %	85 3.66 %	82 0 %
	1.01302	151.7	87 -3.33 %	86 -4.44 %	92 3.37 %	90 1.12 %	89 -1.11 %	89 -1.11 %	92 2.22 %	94 4.44 %
1300	1.0621	313.5	70 -1.41 %	68 -4.23 %	73 2.82 %	69 -2.82 %	72 0 %	72 0 %	65 0 %	78 20 %
	1.0368	244.9	81 -3.57 %	85 1.19 %	89 1.14 %	85 -3.41 %	85 -4.49 %	89 0 %	82 -10.87 %	89 -3.26 %
	1.00725	169.5	95 -1.04 %	88 -8.33 %	93 3.33 %	86 -4.44 %	91 -5.21 %	87 -9.38 %	93 -2.11 %	87 -8.42 %
1200	1.04865	296	75 -3.85 %	75 -3.85 %	83 3.75 %	79 -1.25 %	79 -2.47 %	81 0 %	79 9.72 %	75 4.17 %
	1.02805	255.4	83 -4.6 %	83 -4.6 %	91 1.11 %	86 -4.44 %	91 2.25 %	93 4.49 %	84 -3.45 %	91 4.6 %
	1.00528	177.3	85 -9.57 %	88 -6.38 %	93 2.2 %	91 0 %	86 -1.15 %	87 0 %	85 -10.53 %	87 -8.42 %
1000	1.0269	307.6	83 2.47 %	80 -1.23 %	81 0 %	78 -3.7 %	83 6.41 %	83 6.41 %	89 5.95 %	87 3.57 %
	1.01404	312.6	85 -4.49 %	79 -11.24 %	90 4.65 %	83 -3.49 %	78 -7.14 %	88 4.76 %	83 -3.49 %	81 -5.81 %
	1.00226	204.6	79 -10.23 %	84 -4.55 %	86 -1.15 %	81 -6.9 %	83 -7.78 %	83 -7.78 %	83 -6.74 %	86 -3.37 %
900	1.01887	349.8	75 -9.64 %	71 -14.46 %	77 -7.23 %	78 -6.02 %	79 2.6 %	75 -2.6 %	74 0 %	82 10.81 %
	1.00934	350.8	79 0 %	73 -7.59 %	72 -4 %	75 0 %	77 0 %	74 -3.9 %	74 4.23 %	81 14.08 %
	1.00179	215.6	79 -7.06 %	80 -5.88 %	84 0 %	79 -5.95 %	81 -3.57 %	81 -3.57 %	83 2.47 %	82 1.23 %

Рис. 3 – Общий шум выхлопа, дБА, и его относительное изменение при варьировании влияющих факторов, %

Несколько менее эффективны увеличение объемов входной и выходной камер V1 и V3 на 15% и увеличение объема камеры смешивания глушителя-нейтрализатора V2 на 30% (на некоторых режимах влияние незначительно или приводит к увеличению шума).

Отмечено, что уменьшение длины участка трубопроводной магистрали №12, переход от угла поворота участка 90° к углу 45°, увеличение объема камеры смешивания V2 на 15% вызвали положительный эффект лишь на нескольких режимах работы системы.

Режимы работы двигателя и системы выпуска			Влияющие факторы							
Частота, об/мин	Перепад давлений, бар	Температура на входе, °C	Объемы камер глушителя V1 + V3 (42,8 л)		Объем камеры глушителя V2 (92,9 л)		Длина участка L12 (585 мм)		Угол поворота участка l1 (90 град.)	
			+ 15 %	+ 30 %	+ 15 %	+ 30 %	- 146 мм	- 293 мм	45 град.	0 град.
1900	1.09133	363.9	0.31 0 %	0.31 0 %	0.31 0 %	0.31 0 %	0.309 -0.32 %	0.308 -0.65 %	0.31 -0.32 %	0.309 -0.64 %
	1.06126	237.3	0.265 0 %	0.265 0 %	0.265 0 %	0.265 0 %	0.264 -0.38 %	0.263 -0.75 %	0.265 -0.75 %	0.265 -0.75 %
	1.03166	132.5	0.181 0.56 %	0.182 1.11 %	0.181 0 %	0.183 1.1 %	0.18 -0.55 %	0.18 -0.55 %	0.18 0 %	0.181 0.56 %
1700	1.09201	331.4	0.326 0 %	0.326 0 %	0.326 0 %	0.326 0 %	0.325 -0.31 %	0.324 -0.61 %	0.326 -0.31 %	0.326 -0.31 %
	1.06228	262.9	0.26 0 %	0.26 0 %	0.26 0 %	0.26 0 %	0.259 -0.38 %	0.258 -0.77 %	0.261 -0.38 %	0.259 -1.15 %
	1.02208	137.3	0.133 0 %	0.133 0 %	0.134 0.75 %	0.134 0.75 %	0.134 0 %	0.134 0 %	0.133 0 %	0.135 1.5 %
1500	1.08227	346.5	0.293 0 %	0.293 0 %	0.293 0 %	0.293 0 %	0.292 -0.34 %	0.291 -0.68 %	0.293 -0.34 %	0.292 -0.68 %
	1.05274	267	0.226 0 %	0.226 0 %	0.225 -0.44 %	0.225 -0.44 %	0.225 -0.44 %	0.224 -0.88 %	0.226 -0.44 %	0.224 -1.32 %
	1.01302	151.7	0.079 0 %	0.08 1.27 %	0.079 0 %	0.079 0 %	0.08 1.27 %	0.079 0 %	0.08 -1.23 %	0.079 -2.47 %
1300	1.0621	313.5	0.245 0 %	0.244 -0.41 %	0.244 -0.41 %	0.244 -0.41 %	0.243 -0.82 %	0.242 -1.22 %	0.245 -0.81 %	0.243 -1.62 %
	1.0368	244.9	0.173 0 %	0.173 0 %	0.172 -0.58 %	0.172 -0.58 %	0.172 0 %	0.171 -0.58 %	0.173 -0.57 %	0.172 -1.15 %
	1.00725	169.5	0.046 2.22 %	0.047 4.44 %	0.032 -28.89 %	0.045 0 %	0.045 0 %	0.046 2.22 %	0.045 0 %	0.046 2.22 %
1200	1.04865	296	0.204 0 %	0.204 0 %	0.204 0 %	0.203 -0.49 %	0.203 -0.49 %	0.202 -0.98 %	0.204 -0.97 %	0.202 -1.94 %
	1.02805	255.4	0.137 0 %	0.137 0 %	0.137 0 %	0.137 0 %	0.136 -0.73 %	0.136 -0.73 %	0.137 -0.72 %	0.136 -1.45 %
	1.00528	177.3	0.033 3.13 %	0.031 -3.13 %	0.031 -3.13 %	0.023 -28.13 %	0.024 -25 %	0.034 6.25 %	0.024 -25 %	0.032 0 %
1000	1.0269	307.6	0.125 0 %	0.125 0 %	0.125 0 %	0.125 0 %	0.125 0 %	0.124 -0.8 %	0.126 -0.79 %	0.124 -2.36 %
	1.01404	312.6	0.076 0 %	0.076 0 %	0.075 -1.32 %	0.075 -1.32 %	0.075 -1.32 %	0.075 -1.32 %	0.076 0 %	0.075 -1.32 %
	1.00226	204.6	0.008 0 %	0.007 -12.5 %	0.008 0 %	0.008 0 %	0.008 0 %	0.008 0 %	0.008 0 %	0.008 0 %
900	1.01887	349.8	0.091 0 %	0.091 0 %	0.091 0 %	0.091 0 %	0.091 0 %	0.09 -1.1 %	0.091 -1.09 %	0.09 -2.17 %
	1.00934	350.8	0.053 0 %	0.053 0 %	0.053 0 %	0.053 0 %	0.053 0 %	0.053 0 %	0.053 -1.85 %	0.053 -1.85 %
	1.00179	215.6	0.006 0 %	0.006 0 %	0.006 0 %	0.006 0 %	0.006 0 %	0.006 0 %	0.006 0 %	0.006 0 %

Рис. 4 – Массовый расход отработавших газов, кг/с, и его относительное изменение при варьировании влияющих факторов, %

Выявлено, что существенный отрицательный эффект дает переход от угла поворота участка 90° к углу 0° (увеличение шума на 4.4...8.8% при высоких частотах 1500...1900 об/мин и на 3.6...14.1% – при низких частотах 900...1200 об/мин).

Как видно из рисунка 4, в целом, влияние исследуемых факторов в указанных пределах на сопротивление системы выпуска незначительно: положительный эффект составляет в среднем 3.7% (хотя на отдельных режимах отмечены значения 12.5...18.75%), отрицательный эффект – в среднем 2.4% (на отдельных режимах 12.5...28.89%).

Установлено, что увеличение объемов входной и выходной камер V1 и V3 на 15% или на 30% обеспечивает для большей части режимов работы практически равную исходной величину противодавления, а на трех режимах в диапазоне частот 1900...1200 об/мин – ее снижение на 0.6...4.4%. Лишь на одном режиме (при частоте 1000 об/мин, перепаде давлений 1.0023 бар, входной температуре газов 204.6°C) с увеличением объемов V1 и V3 на 30% противодавление заметно выросло на 12.5%.

Уменьшение длины участка трубопроводной магистрали или переход от угла поворота канала 90° к углам 0° или 45° привело к увеличению противодавления на 0.3...25% на большинстве режимов работы системы.

С увеличением объема камеры смешивания V2 зафиксирован рост противодавления на 0.4...28.9% при частотах 1000...1500 об/мин.

Заключение. Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод о целесообразности увеличения объемов входной и выходной камер глушителя-нейтрализатора V1 и V3 на 30% для достижения в зависимости от режима работы системы выпуска снижения общего уровня шума выхлопа на 1.2...14.5% при обеспечении небольшого снижения противодавления (на 0.6...4.4%) или, по крайней мере, сохранении его практически равным исходному значению на большинстве режимов.

Список литературы

1. *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
2. *Mishra P.C., Kar S.K., Mishra H., Gupta A.* Modeling for combined effect of muffler geometry modification and blended fuel use on exhaust performance of a four stroke engine: A computational fluid dynamics approach // *Applied Thermal Engineering*. 2016. Vol. 108. Iss. 1. Pp. 1105-1118.
3. *Nursal R.S., Hashim A.H., Nordin N.I., Abdul Hamid M.A., Danuri M.R.* CFD analysis on the effects of exhaust backpressure generated by four-stroke marine diesel generator after modification of silencer and exhaust flow design // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Vol. 12. No. 4. Pp. 1271-1280.
4. *Jun F., ZengFeng Z., Wei C., Hong M., JianXing, L.* Computational fluid dynamics simulations of the flow field characteristics in a novel exhaust purification muffler of diesel engine // *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*. 2018. Vol. 37. Iss. 4. Pp. 816-833.
5. *Fu J., Zheng W., Xu M., Wang W., Huang Y.* Study on the influence of structure factors of diesel engine exhaust purification muffler on transmission loss in different frequency bands // *Applied Acoustics*. 2021. Vol. 180. Iss. 8. Article number 108147.
6. *Ming P., Yuan M., Zhang W., Yang Z.* Numerical simulation of heat exchange and resistance characteristics of heat exchanger in muffler of diesel engines // *Journal of Harbin Engineering University*. 2019. Vol. 40. No. 12. Pp. 2010-2015.
7. *Shinde P.V., Desavale R.G., Patil V.R., Gawali P.M., Patil S.M.* Modeling, attenuation and flow field analysis of diesel engine muffler using fluid structure interaction approach and experimental analysis // *SN Applied Sciences*. 2020. Vol. 2. Article number 920.
8. *Xue J., Wu P., Su H., Zhang Y., Zhang H.* Experimental research on comprehensive performance of coupled muffler based on split-stream rushing principle // *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 62. No. 3. Pp. 29-38.
9. *Fu J., Xu M., Zhang Z., Kang W., He Y.* Muffler structure improvement based on acoustic finite element analysis // *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*. 2019. Vol. 38. Iss. 2. Pp. 415-426.
10. *Fu J., Xu M., Zheng W., Zhang Z., He Y.* Effects of structural parameters on transmission loss of diesel engine muffler and analysis of prominent structural parameters // *Applied Acoustics*. 2021. Vol. 173. Article number 107686.
11. AVL BOOST 2020 R1: The integrated simulation software of engine performance, tailpipe emissions and acoustics. User Guide. AVL List GmbH, 2020.

1.2.2.

М.А. Бобров, Д.И. Березин

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева,
институт электроники и светотехники,
кафедра электроники и электротехники,
Саранск, danilkaak@gmail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗДАТЧИКОВЫХ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

В данной статье показаны результаты математического и имитационного моделирования системы векторного управления электроприводом на базе машины двойного питания с реализацией векторных законов регулирования. Показаны математические модели и структуры наблюдателей скорости для данного типа привода.

Ключевые слова: *двигатель двойного питания, наблюдатель скорости, бездатчиковое управление, векторное регулирование координат.*

В настоящее время более половины производимой в мире электрической энергии потребляют электрические двигатели. В силу ряда широко известных и проверенных многими годами успешной эксплуатации положительных качеств двигателей переменного тока для реализации систем электропривода подавляющего большинства общепромышленных установок и механизмов применяются электродвигатели переменного тока в качестве базовых электрических машин. Среди основных преимуществ данного типа привода можно отметить:

- возможность выдерживать кратковременные механические перегрузки;
- технологичность изготовления, высокая надёжность и ремонтпригодность;
- сравнительно низкие эксплуатационные затраты и удельная стоимость изготовления;
- налаженность промышленного производства широкой линейки установленных номинальных мощностей и др.

В последнее время всё чаще применяют бездатчиковые алгоритмы вычисления координат электропривода. Недостатками построения системы бездатчикового управления являются значительные ошибки в оценке скорости ротора при малых частотах тока статора, что объясняется отклонением математического описания наблюдателя относительно реальных процессов в АД. Кроме этого, наблюдатель, построенный на основе решения полной системы уравнений электрического равновесия цепей статора и ротора, использует в вычислительном алгоритме параметры базовой машины, которые могут существенно изменяться в зависимости от режима работы привода. Это требует применения дополнительных мер по обеспечению грубости регуляторов в отношении параметрических возмущений, например, использование релейных регуляторов, функционирующих на скользящих режимах. Другим подходом является параметрическая адаптация, осуществляемая в реальном масштабе времени [2, 3, 4].

В отличие АД с короткозамкнутым ротором в асинхронизированном вентильном двигателе (АВД) [5] имеется возможность непосредственного измерения мгновенных значений токов и напряжений фаз не только статорной, но и роторной цепи с помощью датчиков, а также возможно управление соотношением частот токов статора и ротора в зависимости от угловой скорости вала.

В начале проводится преобразование линейных напряжений, снимаемых с вторичных обмоток датчика фаз напряжений статора (входы – AB , BC , CA) в фазные (выход – ABC). Подсистема ABC_pulses , обеспечивающая преобразование, показана на рис. 1.

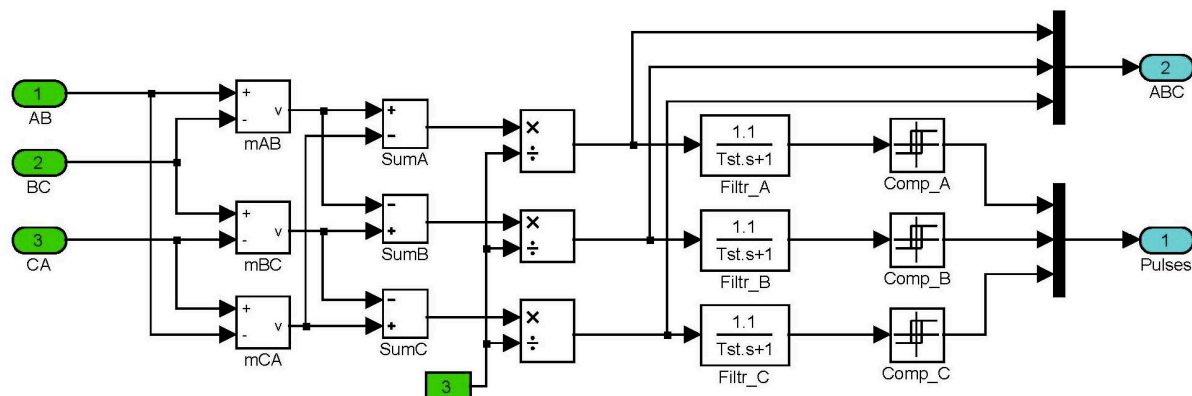


Рис. 1 – Преобразователь линейных напряжений в фазные (ABC_pulses)

Данная подсистема также обеспечивает выделение первых гармоник фазных напряжений якоря и преобразование (блоки $Comp_A$, $Comp_B$, $Comp_C$) их в прямоугольные логические сигналы (мультиплексированный выход – $Pulses$) с целью дальнейшего их использования для управления силовыми ключами инверторного звена преобразователя частоты. Апериодические звенья ($Filtr_A$, $Filtr_B$, $Filtr_C$) с постоянной времени $T_{st} = 0,02\text{ с}$ фильтруют синусоидальные сигналы.

Далее необходимо вычислить сдвиги в сигналах управления в преобразователе относительно задающих сигналов, для этого вычисляется значение периода наводимой синусоиды. Это реализовано в структурном блоке ($Synchro$) (рис. 2).

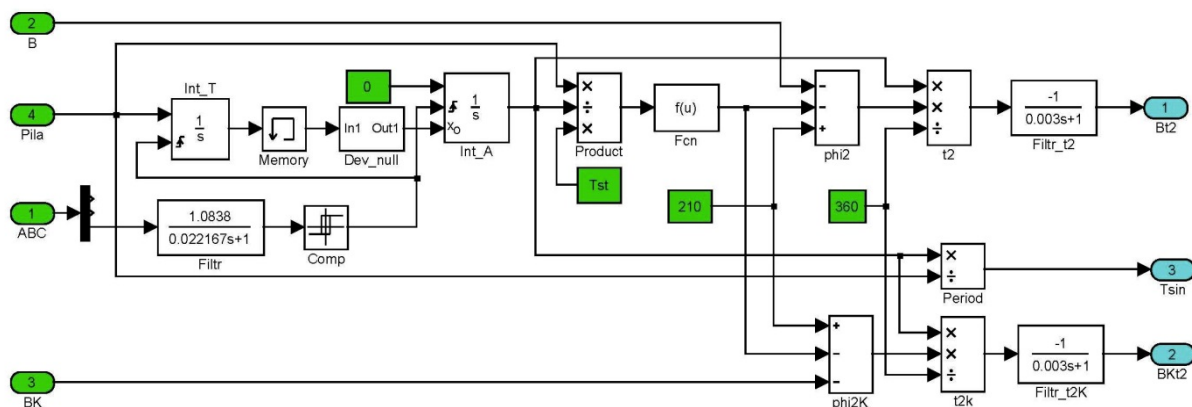


Рис. 2 – Блок измерения периода и синхронизации управляющих импульсов ($Synchro$)

Для реализации программных вычислений скорости берется сигнал с фазы C сформированного в блоке ABC_pulses сигнала и поданного на вход ABC . Данный сигнал фильтруется ($Filtr$) и преобразуется прямоугольный сигнал ($Comp$). После трансформируется в пилообразный сигнал (блок Int_T), амплитуда которого пропорциональна величине периода и вычисляется относительно постоянной «пилы» (вход – $Pila$). Фиксация амплитуды (блок Int_A) и перезапуск интеграторов (Int_T , Int_A) осуществляются одновременно по переднему фронту логического сигнала с блока $Comp$. Для предотвращения потери информации при рестарте интегратора выполняется задержка (блок $Memory$) входного сигнала на один шаг модельного времени. Период синусоиды (выход – T_{sin}) определяется делением полученного значения на постоянную «пилы» ($Pila$).

Временные диаграммы работы блока *Synchro* при измерении периода наведенной в статоре ЭДС до начала разгона двигателя представлены на рисунке 3,а. Изменение амплитуды ЭДС связано с процессом установления основного магнитного потока. На рисунке 3,б представлено измеренное значение периода наведенной в статоре ЭДС до пуска инвертора тока. Так как разгон двигателя еще не начался, то значение периода соответствует заданной частоте возбуждения (в нашем случае – 10 Гц).

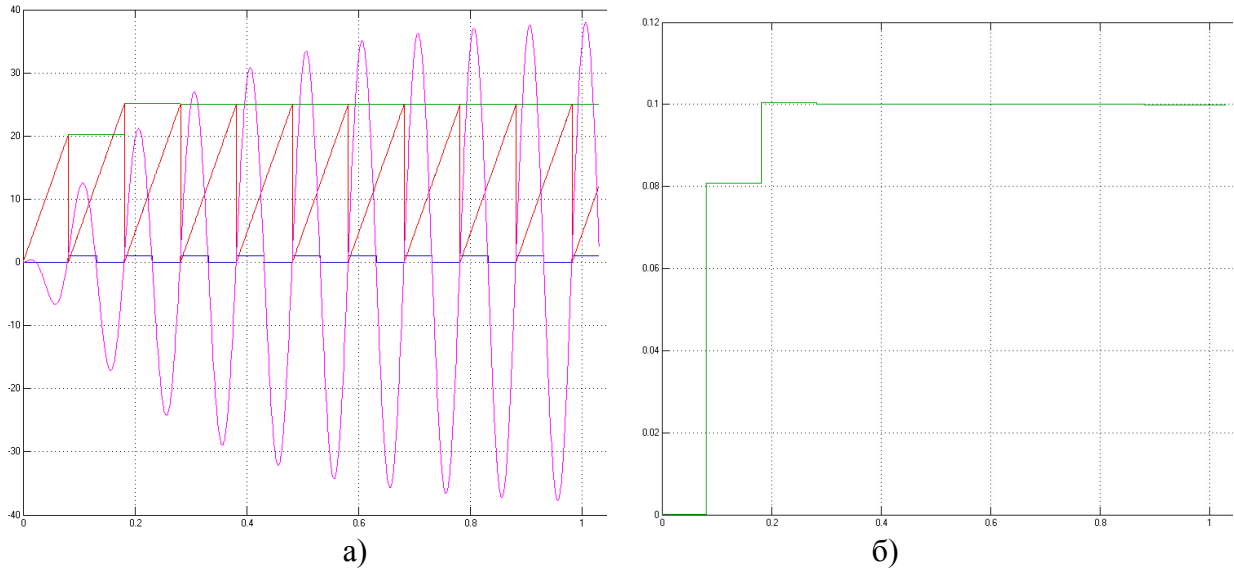


Рис. 3 – Процессы при измерении периода T_{sin} до включения инвертора тока

После начала разгона вала процессы в статоре меняются (рисунок 4).

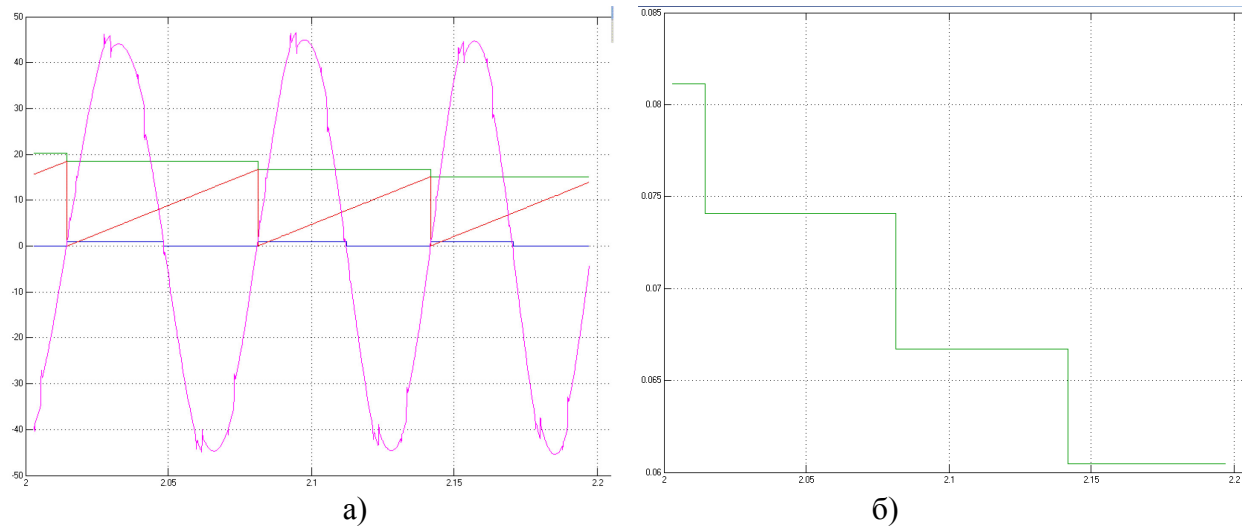


Рис. 4 – Процессы при измерении периода T_{sin} после включения инвертора тока

На рисунке 4,а можно наблюдать процессы коммутации силовых ключей в фазе С. По мере разгона вала уменьшаются амплитуда и период «пилы». Выходной сигнал T_{sin} также уменьшается.

После определения значения периода проводятся элементарные вычисления:

$$f_1 = \frac{1}{T_{sin}}. \quad (1)$$

$$\omega_1 = 2\pi f_1 = \frac{2\pi}{T_{sin}}. \quad (2)$$

При заданной частоте возбуждения $\omega_2 = 2\pi f_2$ вычисляется угловая скорость ротора:

$$\omega_e = \omega_1 - \omega_2 = \frac{2\pi}{T_{\sin}} - 2\pi f_2. \quad (3)$$

Результаты моделирования пуска электропривода показаны на рис. 5.

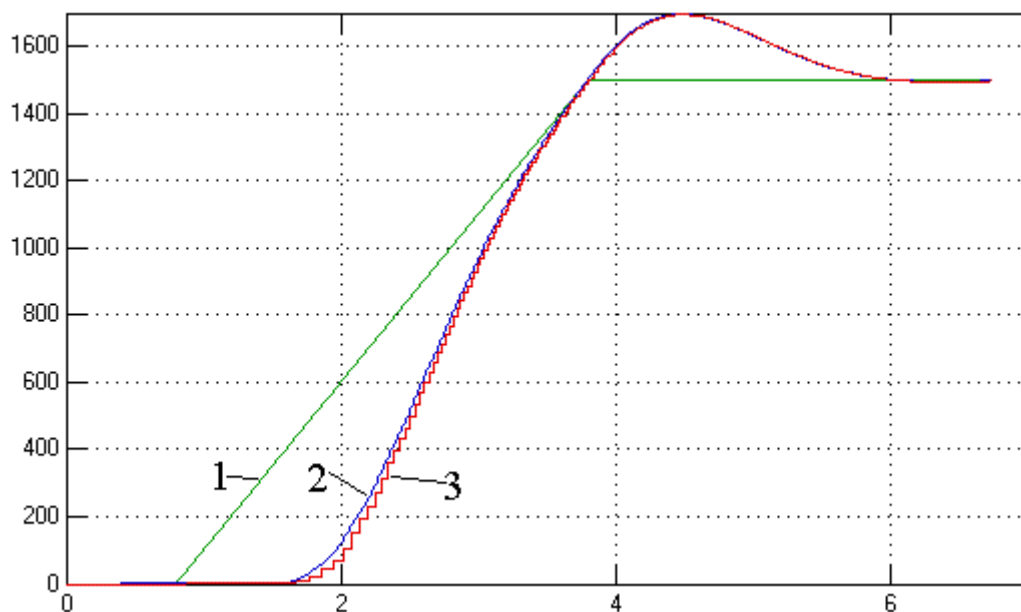


Рис. 5 – Моделирование пуска электропривода до номинальной скорости

На рисунке цифрами обозначены:

1 – задание угловой скорости ротора задатчиком интенсивности;

2 – угловая скорость ротора, определенная в блоке *Machines Measurement Demux*, входящем в библиотеку *SimPowerSystems*. Этот блок фактически представляет блок датчиков измеряемых переменных базовой машины;

3 – угловая скорость ротора, вычисленная по методике, описанной выше.

При реализации векторного управления ЭП с АВД без датчика угловой скорости ротора параметры базовой машины не оказывают влияния на точность определения скорости, поскольку они не задействованы в данном алгоритме. Неточности в определении скорости ротора в нижнем диапазоне (см. рис. 5) связаны с использованием операции интегрирования, когда на низких скоростях при большом периоде $T_{\sin}$ накапливается ошибка, которая может быть устранена введением в интегратор отрицательной обратной связи.

Список литературы

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
2. Ишматов З.Ш. Робастные регуляторы тока и скорости частотно-регулируемого асинхронного электропривода / З.Ш. Ишматов, Ю.В. Плотников, Е.А. Гурентьев // Электротехника. – 2014. – № 9. – С. 35-40.
3. Исаков А.С. Адаптивный наблюдатель состояний асинхронного двигателя в бездатчиковой системе векторного управления / А.С. Исаков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2008. – № 47. – С. 126-131.
4. Вдовин В.В. Синтез идентификатора координат для бездатчикового асинхронного электропривода / В.В. Вдовин, А.А.З. Диаб, Д.А. Котин, В.В. Панкратов // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2014. – № 1 (54). – С. 5-17.
5. Сонин Ю.П., Гуляев И.В. Асинхронизированный вентильный двигатель. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1998. – 68 с.
6. А.с. 1610589 СССР, МКИЗ Н 02 Р 07/42. Способ управления двигателем двойного питания, выполненным на базе асинхронного двигателя с фазным ротором и устройство для его осуществления / Ю.П. Сонин, Ю.Г. Шакарян, Ю.И. Прусаков, С.А. Юшков, И.В. Гуляев (СССР). Оpubл. 30.11.1990, Бюл. № 44. – 7 с.
7. Тутаев Г.М. Моделирование динамических процессов в обобщенной электромеханической системе / Г.М. Тутаев, И.В. Гуляев, А.Н. Ломакин, И.С. Юшков // Материалы IX международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2008)». В 7 томах. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского гос. техн. ун-та, 2008. – Т. 7. – С. 129-133.

1.2.2.

¹А.Т. Галиакбаров канд. техн. наук, ¹А.В. Болдырев канд. техн. наук,
¹И.А. Гайсин канд. техн. наук, ²И.Ф. Минагулов,
²В.А. Луцко, ²Л.И. Фардеев, ²И.Ф. Гумеров

¹Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
отделение информационных технологий и энергетических систем,
кафедра «Высокоэнергетические процессы и агрегаты»,
Набережные Челны, azpirin123z@yandex.ru,
²НТЦ ПАО «КАМАЗ»,
Набережные Челны

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье выполнена верификация одномерных акустической и газодинамической математических моделей программного пакета AVL BOOST. В первой части получена расчетная зависимость трансмиссионных потерь от частоты звуковых колебаний в канале с цилиндрической камерой. Во второй части рассчитаны зависимости массового расхода отработавших газов от противодавления в системе выпуска и нейтрализации на 140 режимах работы. Выполнено сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными. Подтверждена возможность использования математических моделей программного пакета AVL BOOST для качественной оценки влияния параметров системы выпуска и нейтрализации отработавших газов двигателя внутреннего сгорания на шум выхлопа и противодавление.

Ключевые слова: численное моделирование; верификация математической модели; система выпуска и нейтрализации; шум выхлопа; противодавление.

Введение. Известно, что система выпуска отработавших газов двигателя внутреннего сгорания создает около 32% общего шума, производимого любым транспортным средством, причем в зависимости от размера и типа двигателя уровень его шума колеблется от 90 до 130 дБ. Снижение шумовых характеристик автомобиля необходимо во избежание нанесения вреда здоровью людей.

Основным способом решения данной задачи, помимо изменения конструкции или звукоизоляции, является использование глушителей. Функционирование таких устройств основано на отражении, интерференции, поглощении звуковых волн, уменьшении скорости газовой струи и излучаемой звуковой мощности, совершении работы потоком газа.

К наиболее важным акустическим характеристикам глушителей относятся потери при передаче (трансмиссионные потери TL), увеличение которых способствует уменьшению шума. С данной точки зрения эффективны реактивные, фрикционные и комбинированные глушители с расширительными камерами и пористыми стенками с использованием проницаемых и звукопоглощающих материалов.

Однако при оптимизации систем выпуска отработавших газов двигателя необходимо учитывать и другие показатели и особенности работы глушителей. Например, если минимальные потери давления характерны для активных глушителей, то наибольшее противодавление – для отражательных. В то же время, реактивные резонансные и отражательные глушители менее чувствительны к загрязнению, чем активные, что может иметь значение при пропускании потока отработавших газов дизельного двигателя [1].

Для совершенствования систем выпуска отработавших газов двигателя, помимо материально затратных экспериментальных методов широко используется трехмерное численное моделирование газодинамики, теплообмена и акустики в реактивных глушителях с помощью специализированных программных пакетов типа Ansys [2-11].

Вместе с тем, наличие большого числа параметров, которые характеризуют форму и размеры проточной полости глушителей и каналов системы выпуска и влияют на снижение шума и противодавление, приводит к необходимости использования значительных вычислительных ресурсов для уменьшения времени получения численного решения.

Альтернативой является 1D численное моделирование систем выпуска отработавших газов двигателя с широким использованием эмпирических исходных данных [12]. Однако применение этого подхода возможно лишь после оценки адекватности соответствующих математических моделей.

В частности, настоящая статья посвящена верификации математических моделей программного пакета AVL BOOST [13] для одномерных акустических и газодинамических расчетов системы выпуска и нейтрализации отработавших газов двигателя внутреннего сгорания.

Методы. В программе AVL BOOST линейные акустические расчеты основаны на применении матриц передачи T , определенным образом связывающих векторы звуковых давлений P и объемных расходов q газов на входе (индекс «1») и на выходе (индекс «2») канала или аппарата [13]:

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ q_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_2 \\ q_2 \end{bmatrix}.$$

Например, для газов, движущихся по прямому каналу постоянного поперечного сечения матрица передачи [13]:

$$T = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \cdot (e^{i \cdot k_+ \cdot l} + e^{-i \cdot k_- \cdot l}) & \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho_0 \cdot c'}{A} \cdot (e^{i \cdot k_+ \cdot l} - e^{-i \cdot k_- \cdot l}) \\ \frac{1}{2} \cdot \frac{A}{\rho_0 \cdot c'} \cdot (e^{i \cdot k_+ \cdot l} - e^{-i \cdot k_- \cdot l}) & \frac{1}{2} \cdot (e^{i \cdot k_+ \cdot l} + e^{-i \cdot k_- \cdot l}) \end{bmatrix},$$

где k_+ – волновое число на выходе:

$$k_+ = \frac{1}{1+M} \cdot \left\{ k - i \cdot \left[\beta_{vt} + \frac{\Psi \cdot M}{2 \cdot a} \cdot \left(1 + \frac{\text{Re}}{2} \cdot \frac{\partial \ln \Psi}{\partial \text{Re}} \right) \right] \right\};$$

k_- – волновое число на входе:

$$k_- = \frac{1}{1-M} \cdot \left\{ k - i \cdot \left[\beta_{vt} + \frac{\Psi \cdot M}{2 \cdot a} \cdot \left(1 + \frac{\text{Re}}{2} \cdot \frac{\partial \ln \Psi}{\partial \text{Re}} \right) \right] \right\};$$

c' – комплексная скорость звука:

$$c' = c \cdot \left\{ 1 - \frac{i}{k} \cdot \left[\beta_{vt} + \frac{\Psi \cdot M}{2 \cdot a} \cdot \left(1 + \frac{\text{Re}}{2} \cdot \frac{\partial \ln \Psi}{\partial \text{Re}} \right) \right] \right\};$$

k – волновое число:

$$k = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c};$$

β_{vt} – коэффициент вязкостно-тепловых потерь в пограничном слое:

$$\beta_{vt} = \frac{k}{4 \cdot a} \cdot (\delta_v + (\gamma - 1) \cdot \delta_h);$$

ρ_0 – осредненная плотность газов;

l – длина канала;

a – гидравлический радиус поперечного сечения канала;

A – площадь поперечного сечения канала;

c – скорость звука;

f – частота звуковых колебаний;

M – осредненное число Маха;

i – мнимая единица;

Re – осредненное число Рейнольдса;

δ_b – толщина динамического пограничного слоя;

δ_h – толщина теплового пограничного слоя;

γ – показатель адиабаты газов;

Ψ – коэффициент турбулентного трения (эмпирический закон Прандтля):

$$\frac{1}{4\sqrt{\Psi}} = \lg(2 \cdot \sqrt{\Psi} \cdot |Re|) - 1.6.$$

В качестве объекта линейной акустической тестовой задачи в данной работе выбран канал системы выпуска отработавших газов дизельного двигателя, состоящий из трех цилиндрических частей (рис. 1): узких входной и выходной (диаметр 35 мм, длина 105 мм) и широкой центральной (диаметр 153,3 мм и длиной 203,2 мм).

Для верификации математической модели применены экспериментальные данные о трансмиссионных потерях, представленные в статье Milad E.M. et al. [14].

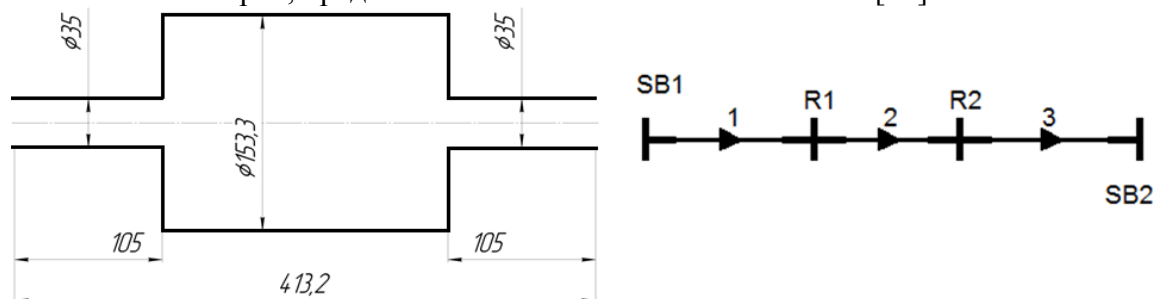


Рис. 1 – Геометрия и расчетная схема акустической тестовой задачи

Расчетная схема, составленная для этой задачи в программе AVL BOOST, представлена (рис. 1): входной границей SB1 (акустическим источником), тремя каналами 1, 2, 3 соответствующего диаметра и длины, местными сопротивлениями при расширении R1 и сужении R2, выходной неотражающей границей SB2 (безэховым окончанием).

Линейные акустические расчеты проведены для звуковых колебаний в диапазоне частот 0...3000 Гц при амплитуде колебаний давления в источнике 0.0005 бар.

В то же время, одномерные газодинамические и тепловые расчеты применительно к двигателям внутреннего сгорания в программе AVL BOOST реализованы с использованием подхода «Перенос классических компонентов», когда дифференциальные уравнения переноса и уравнение состояния идеального газа решаются для паров топлива и продуктов сгорания (с характерным соотношением «воздух-топливо»). Причем учтены зависимости свойств газовой смеси от ее состава, температуры и давления [13].

Например, для одномерного течения газов в канале применена система уравнений в рамках подхода Эйлера [13]:

$$\frac{dU}{dt} + \frac{dF(U)}{dx} = S(U),$$

где U – вектор состояния:

$$U = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho \cdot u \\ E \\ \rho \cdot w_j \end{pmatrix};$$

F – вектор потока:

$$F = \begin{pmatrix} \rho \cdot u \\ \rho \cdot u^2 + p \\ u \cdot (E + p) \\ \rho \cdot u \cdot w_j \end{pmatrix},$$

причем внутренняя тепловая и кинетическая энергия газов E :

$$E = \rho \cdot c_V \cdot T + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2,$$

где t – время;

x – координата вдоль оси трубы;

ρ – плотность газовой смеси;

u – средневзвешенная скорость газов;

p – давление газов;

c_V – удельная теплоемкость газовой смеси при постоянном объеме;

T – температура газа;

w_j – массовая доля j -компонента в газовой смеси.

Источниковый член $S(U)$ представлен двумя составляющими, учитывающими изменение поперечного сечения A трубы вдоль ее оси и трение, гомогенные химические реакции, тепломассоперенос [13].

В качестве объекта газодинамической тестовой задачи в данной статье выбрана система выпуска и нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя Р6 910.52-460 рабочим объемом 13 л автомобиля КАМАЗ.

Для верификации математической модели применены табличные данные испытаний двигателя, предоставленные предприятием и включающие в себя в частности: массовый расход, давление и температуру отработавших газов на выходе турбины, частоту вращения коленчатого вала на 140 различных режимах работы.

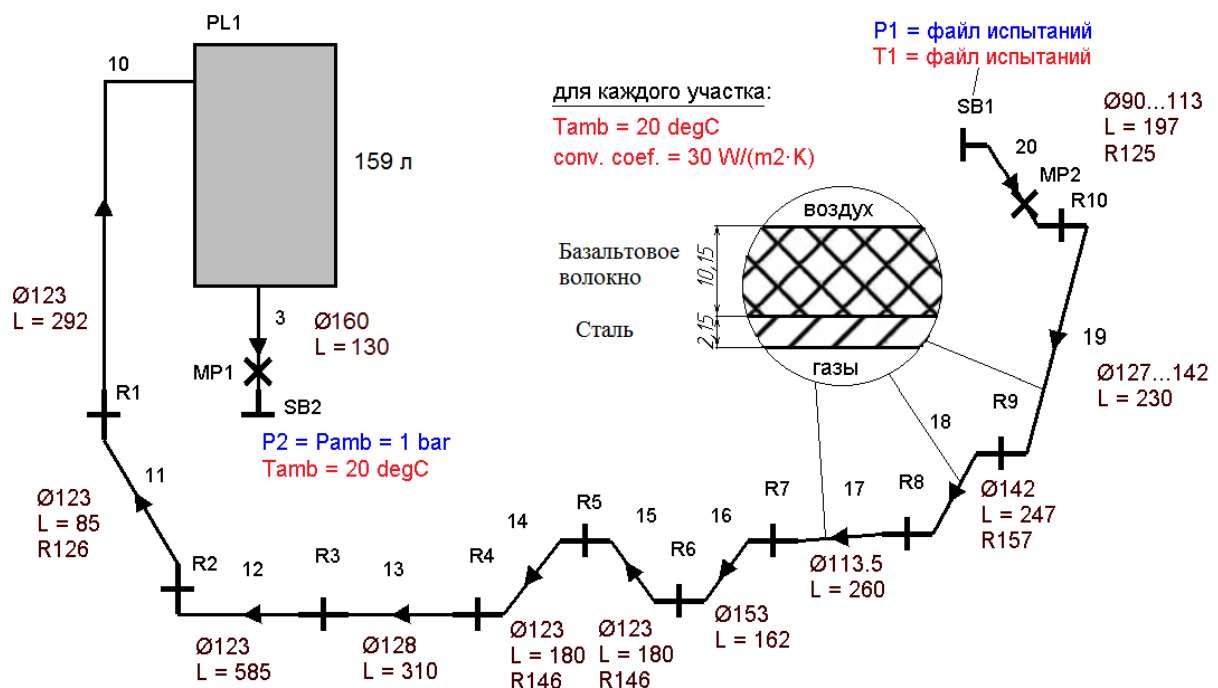


Рис. 2 – Расчетная схема и параметры газодинамической тестовой задачи (для каналов указаны внутренний диаметр, длина, радиус изгиба в мм; для расширяющихся участков приведены диаметры входа и выхода)

Расчетная схема, составленная для этой задачи в программе AVL BOOST, представлена (рис. 2):

- входной границей SB1 (выход газов из турбины с заданными абсолютным давлением и температурой исследуемого режима);
- 12 каналами постоянного или переменного поперечного сечения;
- 10 местными сопротивлениями при расширении или сужении каналов;
- камерой постоянного объема PL1 (упрощенное представление глушителя-нейтрализатора);
- измерительными точками MP1, MP2 вблизи выхода и входа системы;
- выходной границей SB2 (с абсолютным давлением 1 бар и температурой 20°C окружающей среды).

В настройках решателя «Моделирование цикла» программы AVL BOOST для каждого режима работы двигателя учтена частота вращения коленчатого вала.

Для расчета тепловых потерь в рамках модели Петухова стенки каналов рассмотрены как двухслойные с постоянным коэффициентом теплоотдачи от наружной поверхности к окружающей среде 30 Вт/(м²·К) (в программу введены теплофизические свойства стали и базальтового волокна и толщины этих слоев).

Для дискретизации каналов выбран размер ячеек 10 мм (даже самый короткий канал состоял как минимум из 10 ячеек).

В качестве критериев сходимости использованы стабилизация значений массового расхода газов в точках измерения в течение минимум 10 циклов.

Результаты и обсуждение. Судя по решению акустической тестовой задачи (рис. 3), в диапазоне частот звуковых колебаний 0...2700 Гц достигнуто хорошее соответствие расчетных трансмиссионных потерь экспериментальным данным [14], причем как по величине, так и по расположению экстремумов, соответствующих резонансным частотам, при которых происходит наиболее эффективное глушение шума.

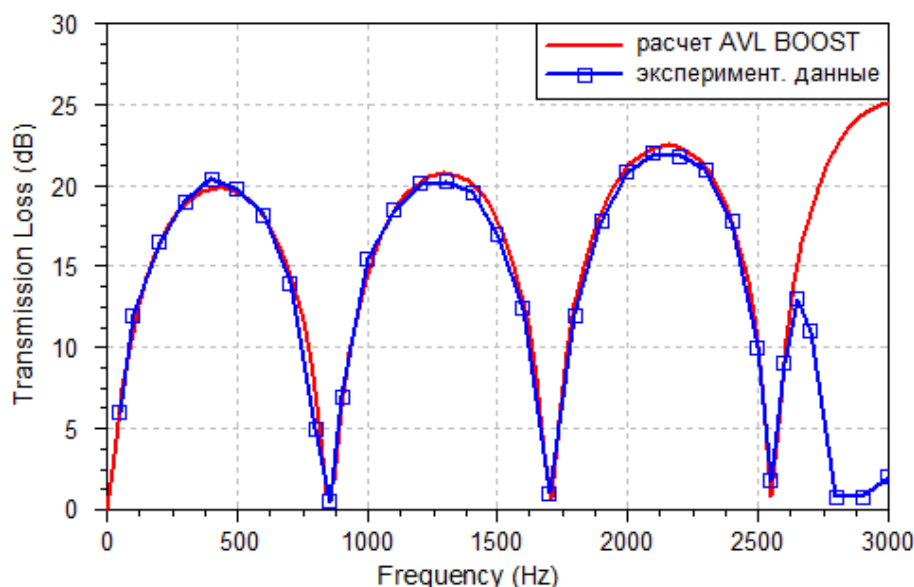


Рис. 3 – Расчетные и экспериментальные зависимости трансмиссионных потерь (дБ) от частоты звуковых колебаний (Гц)

Значения резонансных частот можно также проверить с помощью известной формулы для определения эффективности реактивного глушителя с цилиндрической камерой [1]:

$$\Delta L_{\text{глуш}} = 10 \cdot \lg \left[1 + \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{S_1}{S_2} - \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \cdot \sin(k \cdot L_2) \right],$$

где S_1 – площадь поперечного сечения узкой части канала;

S_2 – площадь поперечного сечения широкой части канала;

L_2 – длина широкой части канала.

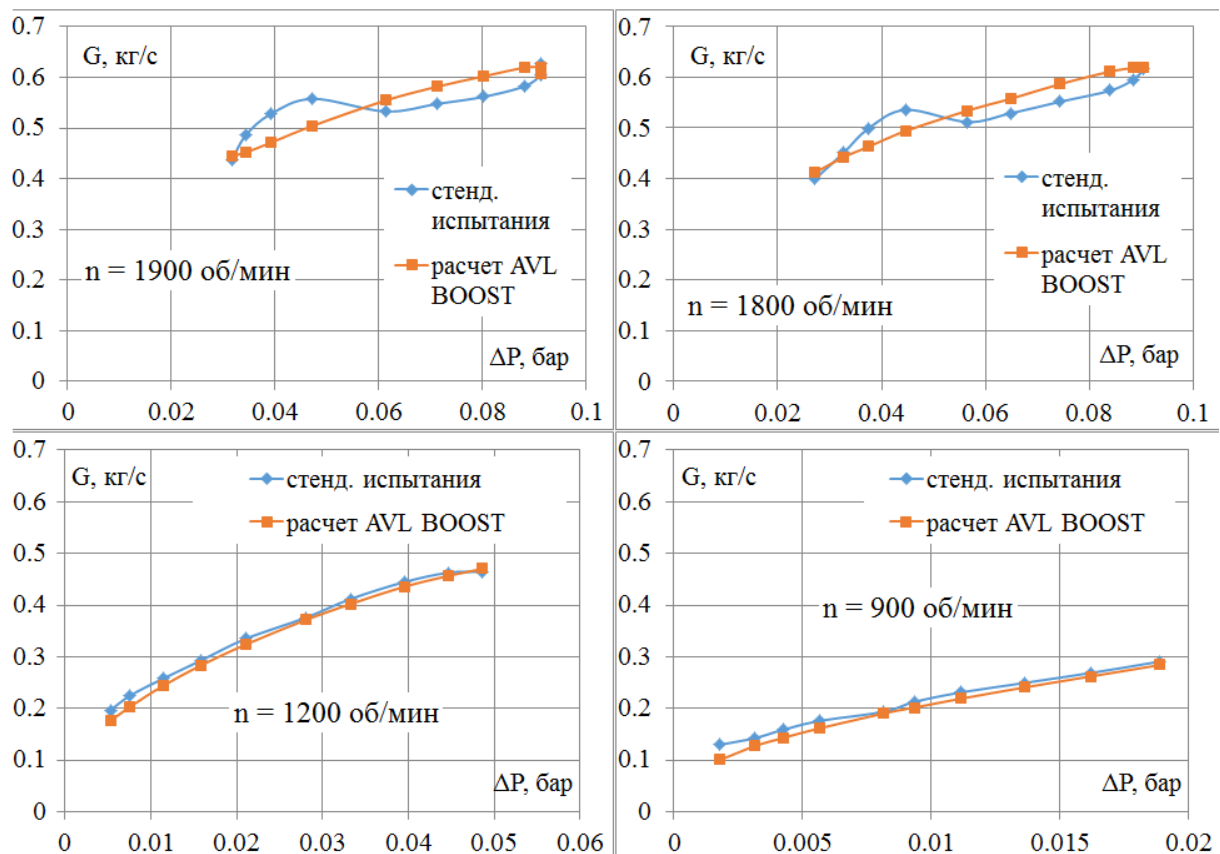


Рис. 4 – Зависимости массового расхода отработавших газов (кг/с) от противодавления (бар) в системе выпуска и нейтрализации на 4 режимах (стендовые испытания и расчеты в AVL BOOST)

В ходе решения газодинамической тестовой задачи расчетные зависимости массового расхода отработавших газов от противодавления в системе выпуска и нейтрализации двигателя сравнены с данными стендовых испытаний (рис. 4), причем максимальная погрешность расчета не превысила 10%.

Установлено, что отклонение расчетных и экспериментальных значений массового расхода уменьшается на режимах с повышением перепада давлений и понижением частоты вращения коленчатого вала. Возможно, к увеличению точности расчетов также может привести дальнейшее уменьшение размеров ячеек, используемых при моделировании для дискретизации трубопроводов.

Закключение. Таким образом, в настоящей статье подтверждена возможность использования одномерных математических моделей программного пакета AVL BOOST для акустических и газодинамических расчетов, проводимых с целью качественной оценки влияния на шум выхлопа и противодавление различных геометрических и режимных параметров системы выпуска и нейтрализации отработавших газов двигателя внутреннего сгорания. Получение данной информации, в свою очередь, может поспособствовать последующей оптимизации данной системы.

Список литературы

1. *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
2. *Mishra P.C., Kar S.K., Mishra H., Gupta A.* Modeling for combined effect of muffler geometry modification and blended fuel use on exhaust performance of a four stroke engine: A computational fluid dynamics approach // *Applied Thermal Engineering*. 2016. Vol. 108. Iss. 1. Pp. 1105-1118.
3. *Nursal R.S., Hashim A.H., Nordin N.I., Abdul Hamid M.A., Danuri M.R.* CFD analysis on the effects of exhaust backpressure generated by four-stroke marine diesel generator after modification of silencer and exhaust flow design // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Vol. 12. No. 4. Pp. 1271-1280.
4. *Jun F., ZengFeng Z., Wei C., Hong M., JianXing, L.* Computational fluid dynamics simulations of the flow field characteristics in a novel exhaust purification muffler of diesel engine // *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*. 2018. Vol. 37. Iss. 4. Pp. 816-833.
5. *Fu J., Zheng W., Xu M., Wang W., Huang Y.* Study on the influence of structure factors of diesel engine exhaust purification muffler on transmission loss in different frequency bands // *Applied Acoustics*. 2021. Vol. 180. Iss. 8. Article number 108147.
6. *Ming P., Yuan M., Zhang W., Yang Z.* Numerical simulation of heat exchange and resistance characteristics of heat exchanger in muffler of diesel engines // *Journal of Harbin Engineering University*. 2019. Vol. 40. No. 12. Pp. 2010-2015.
7. *Shinde P.V., Desavale R.G., Patil V.R., Gawali P.M., Patil S.M.* Modeling, attenuation and flow field analysis of diesel engine muffler using fluid structure interaction approach and experimental analysis // *SN Applied Sciences*. 2020. Vol. 2. Article number 920.
8. *Xue J., Wu P., Su H., Zhang Y., Zhang H.* Experimental research on comprehensive performance of coupled muffler based on split-stream rushing principle // *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 62. No. 3. Pp. 29-38.
9. *Fu J., Xu M., Zhang Z., Kang W., He Y.* Muffler structure improvement based on acoustic finite element analysis // *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*. 2019. Vol. 38. Iss. 2. Pp. 415-426.
10. *Fu J., Xu M., Zheng W., Zhang Z., He Y.* Effects of structural parameters on transmission loss of diesel engine muffler and analysis of prominent structural parameters // *Applied Acoustics*. 2021. Vol. 173. Article number 107686.
11. *Chivate S., Hujare P., Askhedkar R., Hujare D., Chinchani S.* A review on acoustic performance analysis of reactive muffler // *Materials Today: Proceedings*. 2022. Vol. 63. Pp. 613-622.
12. *Bellér G., Árpád I., Kiss J.T., Kocsis D.* AVL Boost: a powerful tool for research and education // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1935. Article number 012015.
13. *AVL BOOST 2020 R1: The integrated simulation software of engine performance, tailpipe emissions and acoustics. User Guide. AVL List GmbH, 2020.*
14. *Milad E.M., Jolgaf M.* Acoustic Analysis of a Perforated-pipe Muffler using ANSYS. // *University Bulletin*. 2017. Vol. 4. Iss. 45. No. 19. Pp. 45-56.

1.2.2.

А.Г. Горюнов д-р техн. наук, В.В. Курганов канд. техн. наук, Д.Д. КачановТомский политехнический университет,
Томск, danil3@tpu.ru**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕАКТОРА
КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON**

Данная работа посвящена моделированию нестационарных процессов в ядерном реакторе с использованием "точечной" модели. Реактор находится в критическом состоянии в начальный момент времени, после чего происходит скачкообразное изменение реактивности. Для анализа кинетики реактора используется система дифференциальных уравнений, учитывающая запаздывающие нейтроны. Работа использует шесть групп запаздывающих нейтронов и приводит таблицу постоянных распада и относительных долей для этих групп.

Ключевые слова: моделирование, ядерный реактор, кинетика реактора, запаздывающие нейтроны, постоянные распада, библиотеки Python.

Применение методов моделирования для исследования объектов управления, таких как ядерный реактор имеет несомненную актуальность.

Данная работа заключается в том, чтобы создать библиотеку «точечной» кинетики реактора используя язык программирования Python, которая отличается от уже готовых тем, что будут учитываться нелинейности и при этом иметь достаточно быстрое время работы [1]. Также особенностью данной модели будет то, что это Open-source модель, то есть будет доступна каждому. Использование языка программирования Python обусловлено его быстродействием, для того, чтобы строить современные алгоритмы управления такие как Model Predictive Control [2].

Для рассмотрения и анализа кинетики реактора воспользуемся системой дифференциальных уравнений кинетики реактора, учитывая запаздывающие нейтроны [3].

Уравнения точечной кинетики представляют собой набор упрощенных уравнений, используемых для моделирования переходного процесса ядерного реактора. Эти уравнения описывают зависящие от времени изменения мощности реактора и популяции нейтронов в ответ на изменения реактивности. Уравнения точечной кинетики обычно выводятся на основе определенных допущений, таких как хорошо перемешанная активная зона реактора и постоянное время генерации нейтронов.

Обычно используют линеаризованную систему уравнений, но в данной работе мы будем работать именно с системой в исходном виде [4]. Основные уравнения показаны в формуле (1):

$$\begin{cases} \frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - \beta_{\infty}}{\Lambda} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t), \\ \frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta_{\infty}}{\Lambda} n(t) - \lambda_i C_i(t), \end{cases} \quad (1)$$

Анализируя нестационарные процессы обычно используют шесть групп запаздывающих нейтронов. Ядерно-физические параметры возьмем такие же, что и в модели из SimInTech для равных условий.

Результаты работы модели реактора, полученные в результате моделирования на языке программирования Python представлены ниже [5]. На рис. 1 отображается скачек реактивности с течением времени. Также на рисунке представлены графики концентраций нейтронов 6 групп и выдаваемая мощность.

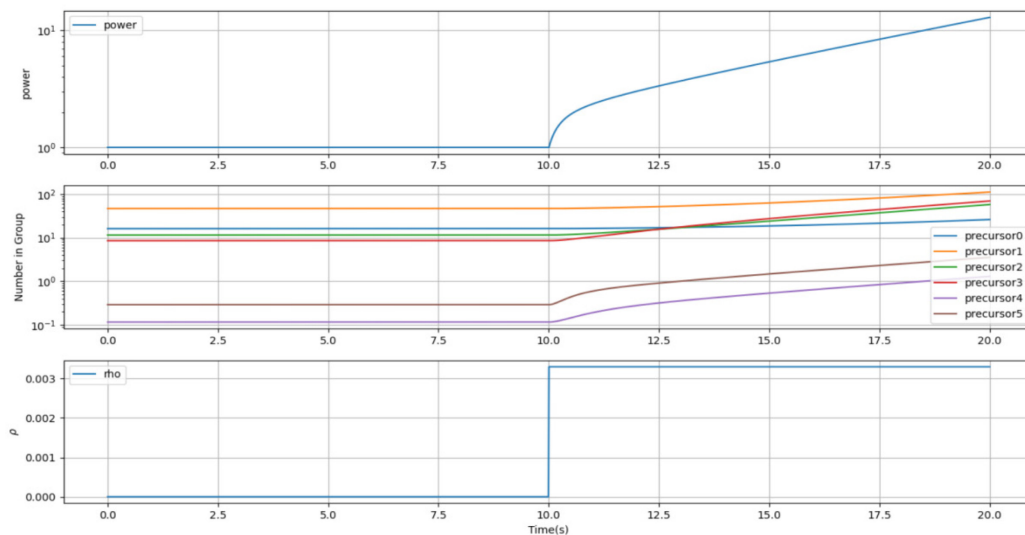


Рис. 1 – Модель мгновенного скачка в Python

Сравним нашу модель с уже готовыми аналогами. Возьмем за эталон модель в программе SimInTech. Результаты сравнения представлены на рисунке 2.

График зависимости мощности от времени

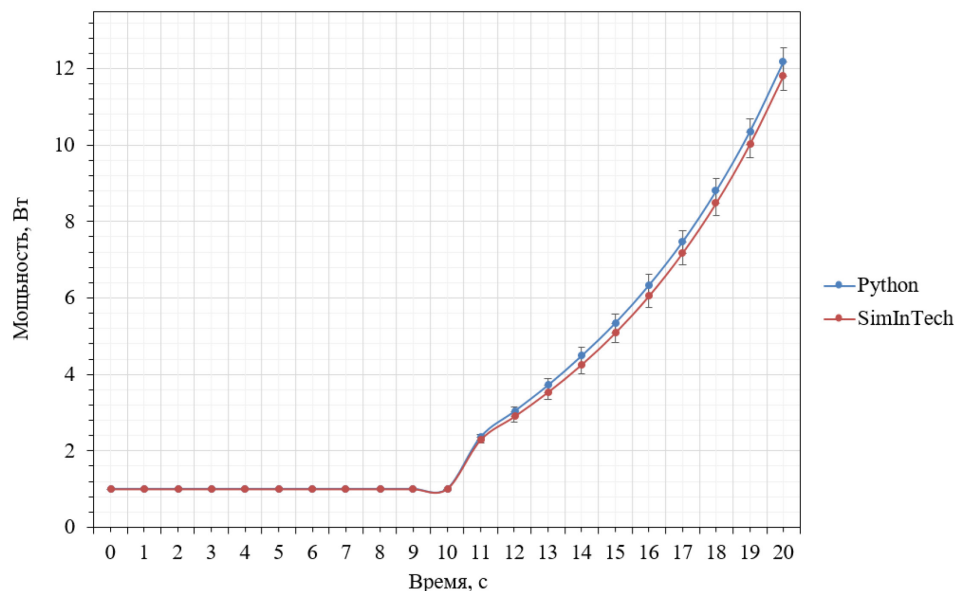


Рис. 2 – Сравнение с эталонной моделью

Исходя из полученных графиков можно сделать вывод, что модели схожи. Относительная погрешность полученных графиков составляет 3.13% и представлена в формуле (2). Также модель, разработанная на языке программирования Python показывает график реактивности и концентрации групп запаздывающих нейтронов, чего нет в эталонной модели. Еще значительной особенностью нашей модели является то, что это «Open-source» проект, то есть доступ к его исходному коду открыт каждому. Используем формулу относительной погрешности с особенностью, что за эталон возьмем значения из модели SimInTech.

$$\delta = \frac{|11.81 - 12.18|}{11.81} \cdot 100\% = 3.13\% \quad (2)$$

На рисунке 3 представлен интерфейс программы, написанный при помощи библиотеки Tkinter в Python. На главном окне задаются начальная мощность, реактивность и время симуляции.

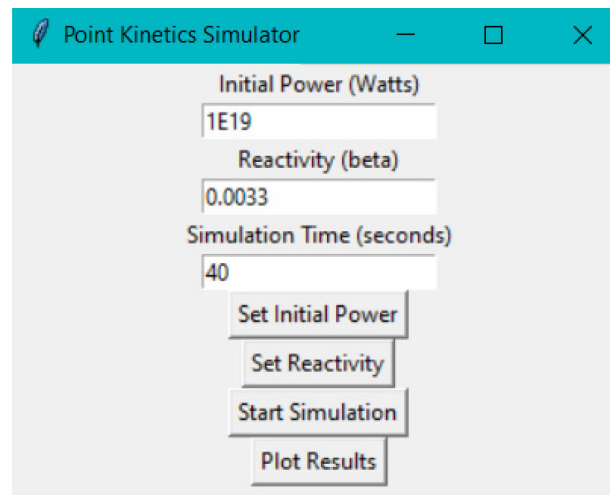


Рис. 3 – Интерфейс программы

Затем добавим реактивность с тепловой обратной связью в полученную ранее модель. Основные уравнения показаны в формуле (3):

$$\begin{cases} \frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - \beta_{\infty}}{\Lambda} n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i(t), \\ \frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta_{\infty}}{\Lambda} n(t) - \lambda_i C_i(t), \\ m_T c_T \frac{dT_T(t)}{dt} = n(t) - n_0, \\ \rho = \rho_0 + \alpha_T (T_T - T_0); \end{cases} \quad (3)$$

Давайте предположим, что мы поднимаем регулирующие стержни и вводим некоторую реактивность, не изменяя потребность в паре [6]. Мы должны увидеть самокорректирующийся переходный процесс мощности, самоограничивающийся изменением температуры. Это означает, что в рабочем режиме стержни можно использовать для контроля температуры активной зоны, а не мощности.

Результаты работы модели реактора, полученные в результате моделирования представлены ниже. На рис. 4 отображается результат работы нашей модели.

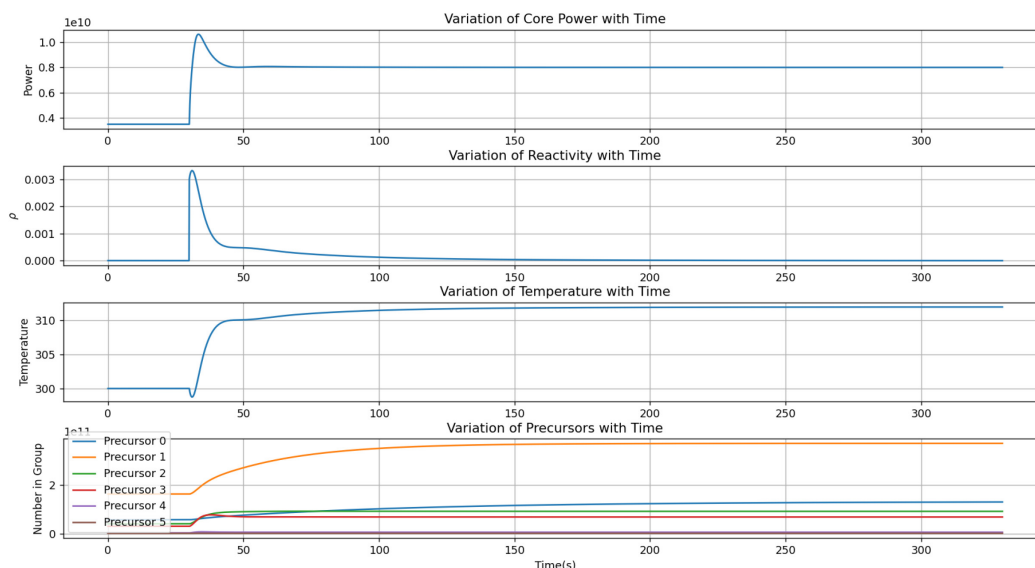


Рис. 4 – График работы модели с обратной тепловой связью

В результате данной работы была получена модель кинетики реактора, реализованная на языке Python [7], что дает быстроедействие системы за счет встроенных библиотек. Сравнив полученные значения с эталонной моделью, получили относительную погрешность, равную 3.13%. Модель основана на 7 дифференциальных уравнениях, включающих в себя константы для урана-235. Расчеты проводились при помощи метода интегрирования Эйлера. Интерфейс модели реализован при помощи библиотеки Tkinter.

Список литературы

1. *Климов А.Н.* Ядерная физика и ядерные реакторы: учебник / А. Н. Климов. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП, 2015. – 350 с. – Текст: непосредственный.
2. *Bequette W.*, Process Control Modeling Design an Simulation, Prentice Hall, 2003. – 564 с.
3. *Владимиров В.И.* Физика ядерных реакторов: практические задачи по их эксплуатации / В. И. Владимиров. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: URSS, 2009. – 478 с.: ил. – Текст: непосредственный.
4. *Демченко В.А.* Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В. А. Демченко. – Одесса: Астропринт, 2001. – 395с.
5. *Ганджа Т.В.* Формализованное представление технически сложного объекта с компьютерной моделью в контуре управления // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2012. – № 2. – С. 29-35.
6. *Кипин Дж.Р.* Физические основы кинетики ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1967.
7. *Oliphant T.E.*, "Python for Scientific Computing," Computing in Science & Engineering, vol. 9, no. 3, pp. 10–20, 2007.

1.2.2.

В.К. Ионычев, Д.М. Черашев

Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,
институт электроники и светотехники,
кафедра электроники и наноэлектроники,
Саранск, microelektro@mail.ru

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ В КРЕМНИЕВЫХ $P - N$ -ПЕРЕХОДАХ

Проведен численный расчет области ионизации в кремниевых резких и плавных $p - n$ -переходах в диапазоне пробивных напряжений от 30 В до 3 кВ. При расчете использовались коэффициенты ударной ионизации электронов и дырок, которые в настоящее время считаются наиболее точными и пригодными в широком диапазоне электрических полей. Выбран критерий, по которому определяется значение эффективной области ионизации.

Ключевые слова: лавинный пробой, $p - n$ -переход, ударная ионизация, область эффективной ионизации, напряжение пробоя, коэффициент ударной ионизации.

Ударная ионизация происходит в ограниченной части области пространственного заряда (ОПЗ), вблизи плоскости с максимальным значением поля – это так называемая область умножения или область ионизации [1]. Остальная часть области объемного заряда играет роль балластного сопротивления, ограничивающего рост тока при увеличении напряжения в области пробоя. Оно дает основной вклад в дифференциальное сопротивление $p - n$ -перехода в области лавинного пробоя на вольт-амперной характеристике.

Ширина области ионизации непосредственно входит в расчетные формулы для сопротивления пространственного заряда, и ее определение для $p - n$ -переходов представляет значительный интерес, ее знание представляет интерес и при исследованиях глубоких центров по задержке микроплазменного пробоя $p - n$ -перехода [2, 3], а также для определения критерия применимости аналитических формул для расчета напряжения лавинного пробоя $p^+ - n - n^+$ ($n^+ - p - p^+$)-переходов [4].

Предыдущие расчеты области ионизации в кремниевых переходах проведены с использованием устаревших данных о коэффициентах ударной ионизации и только в резких $p - n$ -переходах до напряжения пробоя 500 В.

Целью работы является получение более точных и обширных данных о зависимости области ионизации от напряжения лавинного пробоя в кремниевых резких $p^+ - n$, $n^+ - p$ и плавных $p - n$ -переходах.

Алгоритм расчета ширины области ионизации заключается в следующем. Рассчитывалась зависимость напряжения лавинного пробоя $p^+ - n - n^+$, $n^+ - p - p^+$ и $p^+ - p - n - n^+$ -структур от ширины умеренно легированной области l путем численного решения уравнения, соответствующего критерию пробоя [1]

$$\int_0^l \alpha_n \exp \left[- \int_0^x (\alpha_n - \alpha_p) dx' \right] dx = 1, \quad (1)$$

где α_n , α_p – коэффициенты ударной ионизации электронов и дырок соответственно. Для расчета использовались зависимости коэффициентов ударной ионизации электронов и дырок, считающиеся в настоящее время наиболее точными для кремния, в виде [5]

$$\alpha_{n,p} = \frac{E}{\left(a + b \exp\left(\frac{d}{E + c} \right) \right)}, \quad (2)$$

где E – напряженность электрического поля; a, b, c, d – параметры аппроксимации. Для электронов $a = 4,34$ В, $b = 0,235$ В, $c = 1,68 \cdot 10^4$ В/см, $d = 1,234 \cdot 10^6$ В/см, для дырок $a = 2,38$ В, $b = 0,177$ В, $c = 9,47 \cdot 10^3$ В/см, $d = 1,404 \cdot 10^6$ В/см.

Также рассчитывались зависимости напряжения пробоя от ширины умеренно легированной области по аналитическим формулам, широко используемым в научной литературе [6], для резких переходов

$$U_{анал} = U_b \left[1 - \left(1 - \frac{l}{L_B} \right)^2 \right], \quad (3)$$

для плавных переходов

$$U_{анал} = U_b \frac{l}{2L_B} \left[3 - \left(\frac{l}{L_B} \right)^2 \right], \quad (4)$$

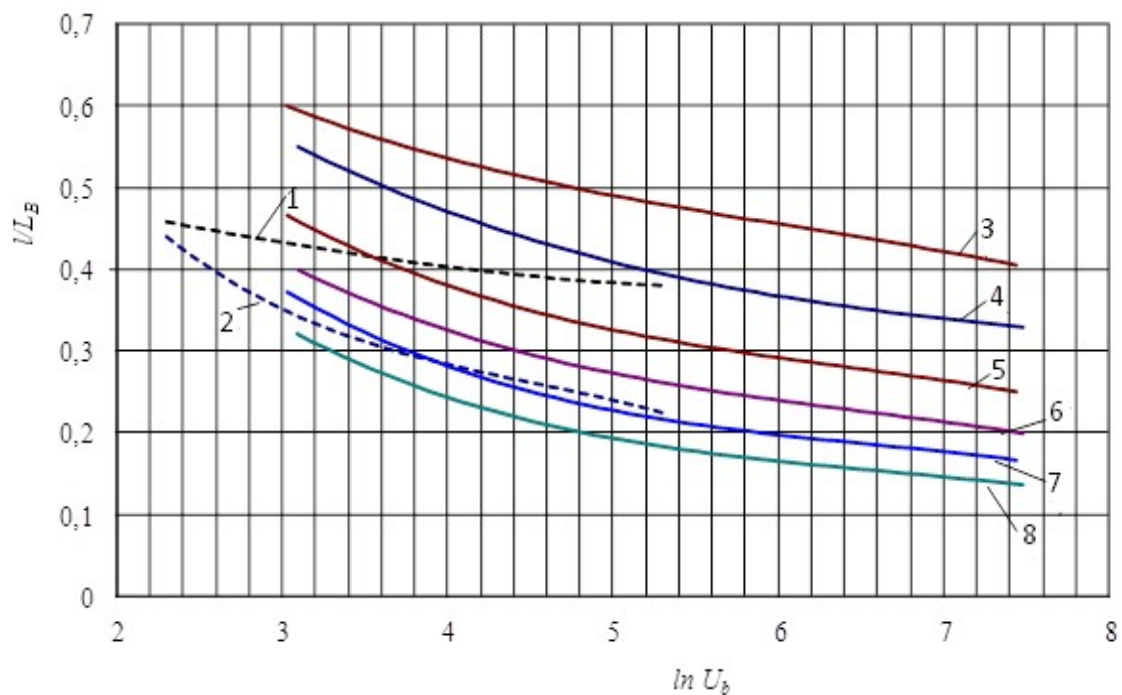
где U_b – напряжение лавинного пробоя $p-n$ -перехода без ограничения ОПЗ; L_B – ширина области объемного заряда при напряжении лавинного пробоя без ограничения ОПЗ.

Эти выражения получены в предположении, что ограничение расширения области объемного заряда сильно легированной областью не распространяется на область ионизации $p-n$ -перехода. В этом случае пробой структур происходит при одной и той же максимальной напряженности электрического поля в $p-n$ -переходе.

Расчеты проводились для различных концентраций легирующей примеси в слаболегированной области: от $5 \cdot 10^{13}$ до 10^{17} см⁻³ в резких переходах и различных градиентов концентраций примеси в центральной умеренно легированной области: от 10^{17} до 10^{23} см⁻³ в плавных переходах. Напряжение лавинного пробоя $p-n$ -переходов без ограничения области объемного заряда составляло от 15 В до 3 кВ.

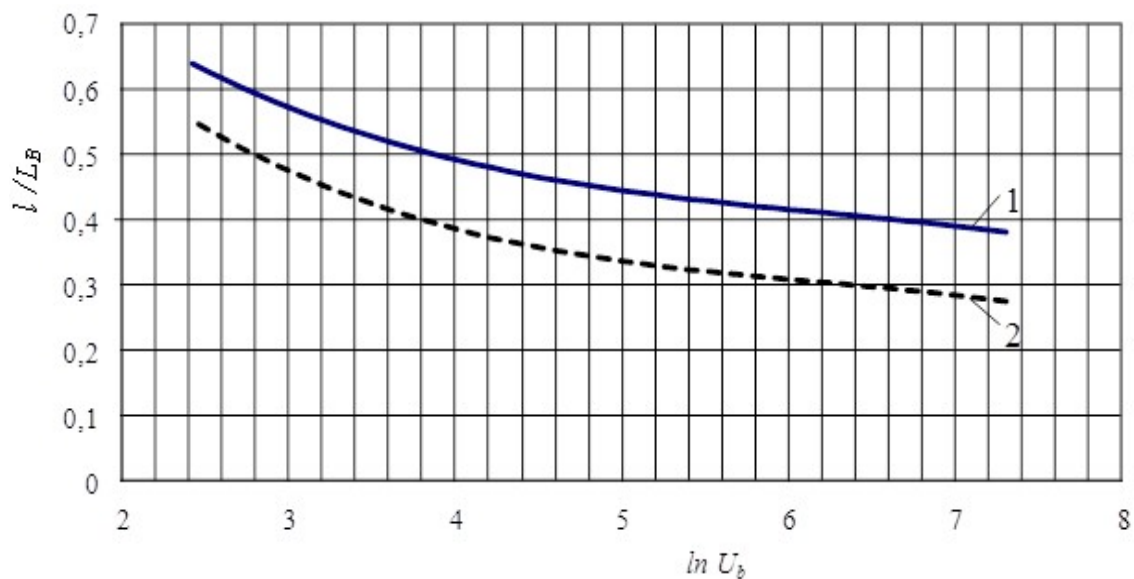
Ширина области ионизации из расчетных данных определяется выбранным критерием. Так как резкой границы, определяющей область ионизации от области пролета не имеется, необходимо определить, при каком различии между $U_{числ}$ и $U_{анал}$ можно считать, что сильнолегированная область «вторглась» в область ионизации. Точность расчетов $U_{числ}$ настолько высока, что можно уверенно определить значение l , при котором эта разница составляет 0.1 %.

На рис. 1 и 2 представлены зависимости ширины области ионизации от напряжения пробоя для резких и плавных $p-n$ -переходов для критериев 0.1 %, 1 % и 3 %. Как следует из представленных данных, области ионизации, определенные по этим критериям, заметно различаются. Это свидетельствует о том, что граница между областями ионизации и областями пролета достаточно размыта. На этом же рисунке представлена также зависимость l / L_B от U_b из работы [7]. В этой работе область ионизации определялась как область, в которой ионизационный интеграл изменялся от 5 до 95% полного значения.



- 1 – $p^+ - n$ -переход из работы [7]; 2 – $n^+ - p$ -переход из работы [7];
 3 – $p^+ - n$ -переход по критерию 0.1 %; 4 – $n^+ - p$ -переход по критерию 0.1 %;
 5 – $p^+ - n$ -переход по критерию 1 %; 6 – $n^+ - p$ -переход по критерию 1 %;
 7 – $p^+ - n$ -переход по критерию 3%; 8 – $n^+ - p$ -переход по критерию 3%.

Рис. 1 – Зависимости ширины области ионизации от напряжения пробоя для резких $p^+ - n$ и $n^+ - p$ -переходов



- 1 – по критерию 1 %; 2 – по критерию 3 %.

Рис. 2 – Зависимости ширины области ионизации от напряжения пробоя для плавных $p - n$ -переходов

Результаты расчетов показали, что относительная ширина области ионизации (в единицах l / L_B) для высоковольтных $p - n$ -переходов меньше. Для $n^+ - p$ -переходов относительная ширина области ионизации при одинаковых концентрациях легирующей примеси в умеренно легированной области меньше, чем в $p^+ - n$ -переходах. В плавных $p - n$ -переходах относительная ширина области ионизации при одинаковом напряжении пробоя больше, чем в резких переходах.

Лавинный пробой реальных $p - n$ -переходов носит микроплазменный характер [2, 3]. Поэтому напряжение пробоя реальных $p - n$ -переходов всегда несколько ниже, чем предсказывается расчетами, погрешность которых порядка 2-3%. На основании этого, нами в качестве критерия для определения области ионизации принято значение I , при котором точное (численно рассчитанное) значение напряжения пробоя больше на 1 % значения, даваемого аналитической формулой.

Для удобства определения области ионизации зависимости (рис. 1, 2) были аппроксимированы полиномами 3 степени

$$I / L_B = b_0 + b_1(\ln U_b) + b_2(\ln U_b)^2 + b_3(\ln U_b)^3, \quad (5)$$

где U_b в вольтах; b_0, b_1, b_2, b_3 – параметры аппроксимации.

В таблице приведены значения коэффициентов b для исследованных типов переходов.

Таблица – Коэффициенты аппроксимации b

Коэффициенты	$p^+ - n$ -переход	$n^+ - p$ -переход	Плавный $p - n$ -переход
b_0	1.085	0.972	1.091
b_1	– 0.321	– 0.289	– 0.269
b_2	$4.565 \cdot 10^{-2}$	$4.017 \cdot 10^{-2}$	$3.757 \cdot 10^{-3}$
b_3	$-2.364 \cdot 10^{-3}$	$-2.038 \cdot 10^{-3}$	$-1.917 \cdot 10^{-3}$

Список литературы

1. Грехов И.В., Серезжин Ю.Н. Лавинный пробой $p-n$ -перехода в полупроводниках. Л.: Энергия, 1980. – 152 с.
2. Булярский С.В., Серезжин Ю.Н., Ионычев В.К. Определение параметров глубоких уровней по релаксационной задержке пробоя $p-n$ -перехода // ФТП. –т. 33, вып. 4. –1999. – С. 494 – 497.
3. Ионычев В.К., Ребров А.Н. Исследование глубоких центров в микроплазменных каналах кремниевых лавинных эпитаксиальных диодов // ФТП. –т. 43, вып. 7. – 2009. – С. 980 – 984.
4. Серезжин Ю.Н., Ионычев В.К. Проектирование полупроводниковых низкочастотных выпрямительных диодов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2000, 60 с.
5. Valdinoci M., Ventura D., Vecchi M. C., Rudan M., Baccarani G., Illien F., Straicker F., Zullino L. Impact ionization in silicon at large operating temperature // SISPAD Proc., 1990. – P. 27–30.
6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн.1. Пер. с англ. 2-е перераб. и доп. изд. – М.: Мир, 1984. – 456 с.
7. Schroeder W.E., Haddad G.I. Avalanche region width in various structures of IMPATT – diodes // Proc. IEEE, 1971. - V. 59. – P. 357-365.

1.2.2.

В.О. Линчук, М.К. Хасанов канд. физ.-мат. наук

Стерлитамакский филиал Уфимского университета науки технологий,
кафедра прикладной информатики и программирования,
Стерлитамак, sevalinchuk@gmail.com

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ГАЗОГИДРАТНОМ ПЛАСТЕ ПРИ ОТБОРЕ ГАЗА

На основе представленной математической модели исследуются особенности разложения газогидратов при отборе газа из пористой среды, в исходном состоянии заполненной газом и гидратом. В автомодельном приближении получено решение задачи с учетом конвективного переноса тепла. Показана возможность существования решений, согласно которым разложение газогидрата может происходить как на фронтальной поверхности, так и в объемной области.

Ключевые слова: математическая модель, газогидрат, фильтрация.

Введение. Научное сообщество проявляет высокий интерес к изучению разложения газогидратов, поскольку эти вещества обладают большим потенциалом для использования в качестве природного газа, благодаря их обширному распространению и возможностям применения [1,2]. В предыдущих исследованиях [3-5] была разработана математическая модель, описывающая процесс разложения газогидратов в пористых средах без учета конвекции в переносе тепла. Однако, данная работа фокусируется на изучении диссоциации газогидратов под влиянием депрессии в пористых средах с учетом конвективного переноса тепла, расширяя тем самым понимание данного процесса.

Постановка задачи и математическая модель. В рамках нашего исследования по анализу процессов, связанных с передачей тепла и массы в пористых материалах, был сформирован ряд предположений для упрощения математической модели. Исходим из того, что в процессе участвующие температуры, будь то пористая структура или ее насытитель (будь то газ, гидрат или жидкость), находятся в состоянии термодинамического равновесия, не показывая различий между собой. Дополнительно, система, состоящая из гидрата отмечается как имеющая двухкомпонентный состав, где газ обозначается через G и имеет определенную массовую долю. Отметим, что в нашем рассмотрении структура пористого материала, а также гидрат и вода рассматриваются как несжимаемые и статические элементы.

Принимая во внимание указанные выше условия, мы подходим к формулировке основных математических положений для анализа одномерной плоской задачи. В этом контексте, мы описываем сохранение массы, применяем закон Дарси для описания фильтрации, формулируем уравнения состояния для газа и учитываем процессы теплопередачи без включения в рассмотрение баротермических эффектов:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(mS_g\rho_g) + \frac{\partial}{\partial x}(S_g m v_g \rho_g) &= -mG\rho_h \frac{\partial S_h}{\partial t}, \quad \frac{\partial}{\partial t}(mS_l\rho_l) = -m(1-G)\rho_h \frac{\partial S_h}{\partial t}, \\ mS_g v_g &= -\frac{k_g}{\mu_g} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad p = \rho_g R_g T, \\ \rho c \frac{\partial T}{\partial t} + \rho_g c_g mS_g v_g \frac{\partial T}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + m\rho_h L_h \frac{\partial S_h}{\partial t}. \end{aligned} \quad (1)$$

В данном контексте обсуждаются различные параметры, связанные с физическими свойствами материалов, включая пористость, обозначаемую как m , давление и температуру,

представленные символами p и T соответственно. Также упоминаются истинная плотность и степень насыщения пор для различных фаз, обозначаемых индексами j , которые могут принимать значения h , l или g , соответственно указывая на гидрат, воду и газ. Дополнительные параметры включают в себя скорость, проницаемость и динамическую вязкость, специфичные для газовой фазы, а также удельную теплоту разложения гидрата (L_h), удельную теплоемкость газа (c_g), объемную теплоемкость и коэффициент теплопроводности системы.

Отдельно описывается, как проницаемость газа, k_g , зависит от его насыщенности и абсолютной проницаемости k_0 , представляя это в форме определенного соотношения:

$$k_g = k_0 S_g^3.$$

Значения температуры и давления в области разложения гидрата связаны условием фазового равновесия [1]:

$$T = T_0 + T_* \ln \left(\frac{p}{p_{s0}} \right), \quad (2)$$

Анализ системы включает в себя ключевые элементы, такие как пористость, давление, температура, а также плотность и насыщенность в разных фазах. Особое внимание уделяется значениям для газов, таким как скорость, проницаемость и вязкость, а также характеристикам, связанным с теплом, вроде удельной теплоты разложения и теплоемкости. Важным аспектом изучения является взаимосвязь между проницаемостью газа и его насыщенностью в контексте абсолютной проницаемости.

При рассмотрении диссоциации газовых гидратов выделяются три зоны с характерными особенностями. Непосредственно около скважины находится область, где поры наполнены водой и газом. Следующая за ней, промежуточная зона, характеризуется наличием газа, воды и газогидрата, указывая на процесс разложения газогидрата. В самой удаленной зоне обнаруживаются газ и газогидрат. Между этими зонами должны соблюдаться принципы сохранения массы и энергии.

$$\begin{aligned} \left[m(S_h \rho_h (1 - G) + S_l \rho_l) \dot{x}_{(s)} \right] &= 0, \\ \left[m \left(\rho_g S_g (v_g - \dot{x}_{(s)}) - \rho_h S_h G \dot{x}_{(s)} \right) \right] &= 0, \\ \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right] &= \left[m \rho_h L_h S_h \dot{x}_{(s)} \right]. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $[\psi]$ – скачок параметра ψ на границе $x_{(s)}$ между областями; $\dot{x}_{(s)}$ – скорость движения этой границы. Температуру и давление на этой границе будем полагать непрерывными.

В начале рассмотрим ситуацию, когда в пористом пласте, охватывающем бесконечное пространство, изначально присутствуют газ и гидрат, обладающие давлением и температурой (p_0 и T_0 соответственно), которые соответствуют условиям для стабильного существования гидрата. Эти параметры изначально одинаковы по всему объему пласта:

$$t=0: T=T_0, p=p_0 \quad (x \geq 0).$$

Далее, предположим, что происходит отбор газа через границу пласта, сопровождающийся одновременным нагреванием, при этом давление и температура на данной границе остаются неизменными:

$$x=0: T=T_e, p=p_e \quad (t > 0).$$

Решение с фронтальной поверхностью. Фокусировка на скорости движения межобластной границы и изменении определенного параметра является ключевым аспектом при работе с решением, где фронтальная поверхность занимает важное место.

Предполагается, что непрерывность температуры и давления на границе сохраняется в процессе анализа этой задачи.

Изучим процесс, при котором происходит разложение гидратов на поверхности. В этом контексте можно выделить две основные зоны. В зоне ближе к краю пласта гидрат полностью перешел в газ и воду, что означает полную диссоциацию в порах этой области. На границе фронтальной поверхности происходит разделение газогидратов на две зоны - более удаленную и противоположную. Поры пласта содержат как газ, так и гидраты в этой области. Промежуточная зона отсутствует между ними в процессе этого разделения. На самой границе между ближней и дальней зонами наблюдается резкое изменение насыщенности гидратами с начального значения до нуля, при этом начальное значение соответствует насыщенности гидратами до начала процесса. Кроме того, условия температуры и давления на этой границе соответствуют состоянию фазового равновесия (2).

Результаты расчетов. В ходе анализа полученных данных было проверено соответствие условиям термодинамической стабильности. Это условие подразумевает, что температура в области, находящейся ближе к источнику, должна превышать температуру, при которой происходит разложение гидрата, определяемую на основе распределения давления, полученного в результате расчетов. В то же время, в более отдаленной области температура должна быть ниже температуры, при которой достигается термодинамическое равновесие. В документации представлен график (Рис. 1), демонстрирующий изменения температуры и

давления в зависимости от выбранной переменной $\xi = \frac{x}{\sqrt{\frac{\lambda}{\rho c} t}}$ при различных уровнях

давления, используемых для откачки метана из залежей.

Для параметров, характеризующих систему, приняты следующие значения: $m = 0.1$, $G = 0.12$, $S_{l0} = 0.2$, $p_0 = 7$ МПа, $T_0 = 280$ К, $T^* = 10$ К, $p_{s0} = 5.5$ МПа, $k_0 = 10^{-14}$ м², $R_g = 520$ Дж/(К·кг), $c_g = 1560$ Дж/(К·кг), $\rho c = 2.5 \cdot 10^6$ Дж/(К·кг), $\lambda = 2$ Вт/(м·К), $\mu_g = 10^{-5}$ кг/(м·с), $L_h = 5 \cdot 10^5$ Дж/кг. Штриховая линия 2 показывает равновесную температуру, соответствующую вычисленному давлению.

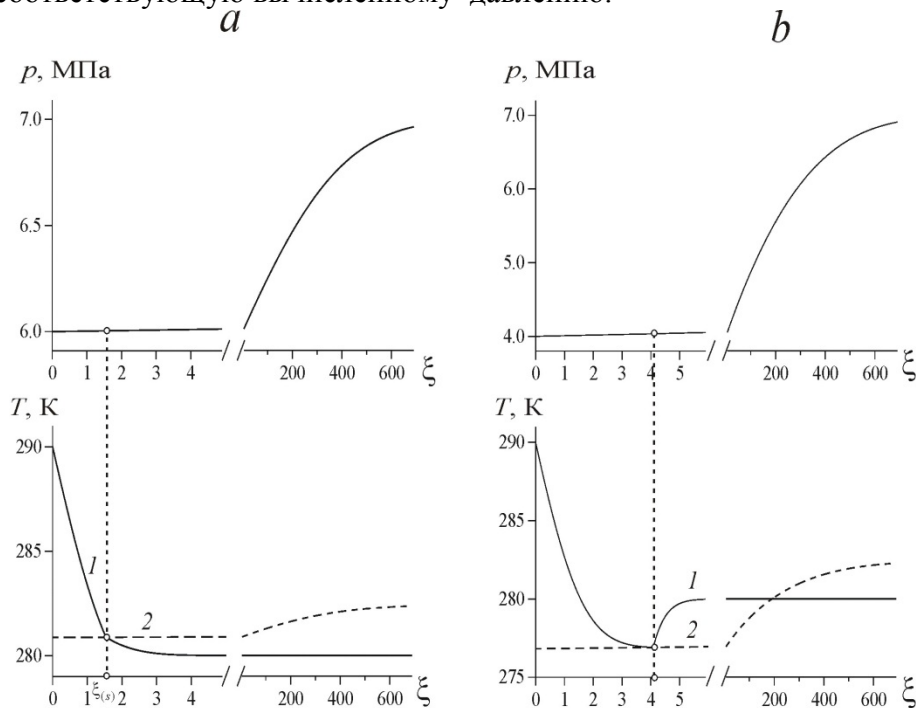


Рис. 1 - Распределение давления, температуры пласта (1) и равновесной температуры (2). $p_e = 6$ МПа (a) и $p_e = 4$ МПа (b).

На иллюстрации демонстрируется, как в зависимости от уровня депрессии изменяется температурный режим вокруг фронта диссоциации гидрата. В ситуации с низким уровнем депрессии (пример а) обнаруживается, что температура в первой зоне, расположенной перед фронтом диссоциации, превышает температуру равновесия, в то время как в области за фронтом температура оказывается нижеупомянутой равновесной температуры. Это указывает на то, что процесс формирования гидрата с фронтом диссоциации не содержит внутренних противоречий в таком контексте. После фронта диссоциации (вторая зона) происходит увеличение температуры в области при росте уровня депрессии (пример б), приводящее к перегреву смеси газа и гидрата в данном сегменте, что приводит к превышению равновесной температуры.

Выводы. Исходя из проведенных анализов и численных исследований, становится ясно, что в процессе газовой добычи и его нагревания могут наблюдаться два существенно отличающихся механизма распада гидрата. Это поднимает вопрос о неприемлемости использования модели с фронтальной диссоциацией гидрата для создания физически согласованных решений. В качестве решения этой проблемы предлагается применение модели, предусматривающей разложение гидрата в объемной области.

Список литературы

1. Бык С.Ш., Макогон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. М.: Химия, 1980. 296 с.
2. Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. М.: Недра, 1992. 236с.
3. Цыпкин Г.Г. Математическая модель диссоциации газовых гидратов, сосуществующих с газом в пластах // Доклады РАН. 2001. Т. 381, № 1. С. 56-59.
4. Васильев В.И., Попов В.В., Цыпкин Г.Г. Численное исследование разложения газовых гидратов, сосуществующих с газом в природных пластах // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 2006. № 4. С. 127-134.
5. Цыпкин Г.Г. Аналитическое решение нелинейной задачи о разложения газового гидрата в пласте // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 2007. № 5. С. 133-142.

1.2.2.

¹А.О. Попов, ¹Ф.М. Ахметов, ^{1,2}Л.С. Сабитов, ³И.Н. Гарькин, ⁴Л.И. Киямова¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,²Казанский государственный энергетический университет, Казань,³ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Пенза,⁴Казанский филиал НО Ассоциация «Ростехэкспертиза», Казань**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ БАШЕННОГО ТИПА**

Для сохранения объектов культурного наследия требуется определить при его реальное напряжённно-деформированного состояния с использованием САПР. На реальном примере показан опыт определения НДС объекта культурного наследия башенного типа с использованием программного комплекса PLAXIS.

Ключевые слова: *программный комплекс, автоматизация расчетов, PLAXIS, цифровое моделирование, объекты культурного наследия, обследование.*

Объекты культурного наследия являются сложными в части технической экспертизы объектами. В связи с этим для определения их реального состояния требуется применять весь комплекс современных инструментов и методов [1,2]. Самым совершенным из методов, по мнению авторов, является использования программно расчетных комплексов. Рассмотрим на примере расчетно-программного комплекса PLAXIS определение реального состояния напряжённно-деформированного состояния строительных конструкций объекта культурного наследия (ОКН; на примере объекта являющемся объектом башенного типа), а именно каменная церковь во имя иконы Божией Матери Казанской (начало строительства 1782 г., окончание 1791 год).

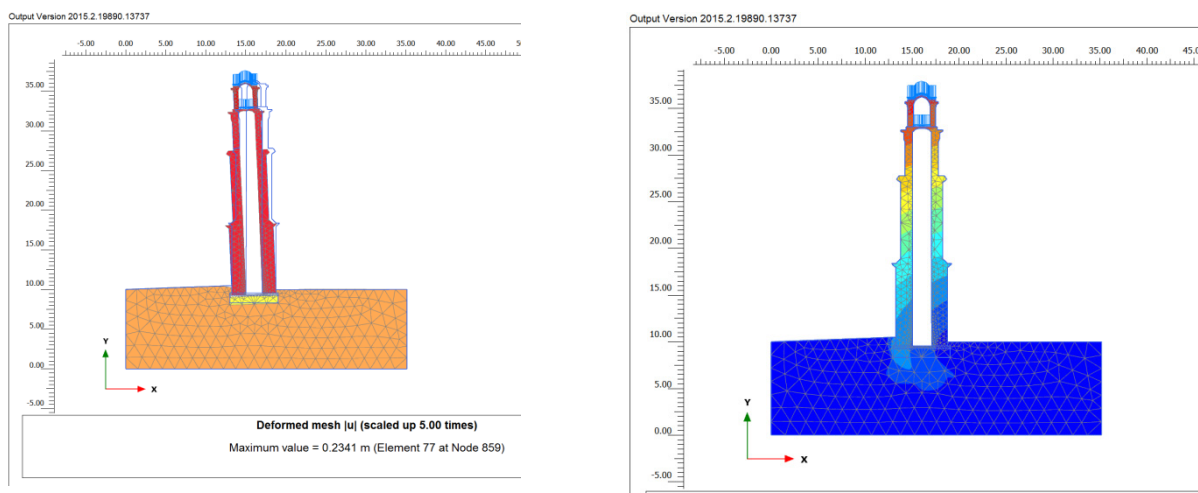


Рис. 1 - Расчетная модель отдельно-стоящей колокольни

Колокольня, устроена в классическом стиле, по принципу наращивания уменьшающихся к верху объемов и имеет в основании лапидарный куб, к которому примыкают экседры, завершенные полукуполами с восточной и западной стороны. В противовес экседрам, с северной и южных сторон устроены контрфорсы конической формы, придающие еще большую античную монументальность. Лапидарный куб основания украшен треугольными фронтонами, нишами и карнизным пояском по четырем сторонам. Венчает кубический объем мало уклонная площадка объединяющая "коньки" фронтонов [3,4]. На кубическое основание установлен барабан, украшенный декоративным карнизным и межъярусным

пояском, в объеме которого располагается деревянная лестничная клетка, ведущая к звоннице. Звонница является третьим ярусом колокольни, устроена и представляет собой барабан меньшего диаметра с четырьмя проемами, имеющих полуциркульные перемычки. В уровне полуциркульных перемычек располагается декоративный ступенчатый пояс. Венчает звонницу декоративный пояс и ступенчатый карниз. Четвертый ярус звонницы представляет собой восьмерик с круглыми проемами, направленными по четырем сторонам света и украшенный ступенчатым карнизом. Для определения зоны влияния и прогнозирования возможных дополнительных деформаций (горизонтальные, вертикальные, общие перемещения) массива грунта, вмещающие в себя фундаменты существующих зданий построена геомеханическая модель массива грунта (рис.1) и расчетная модель иных строительных конструкций (рис.2-4).

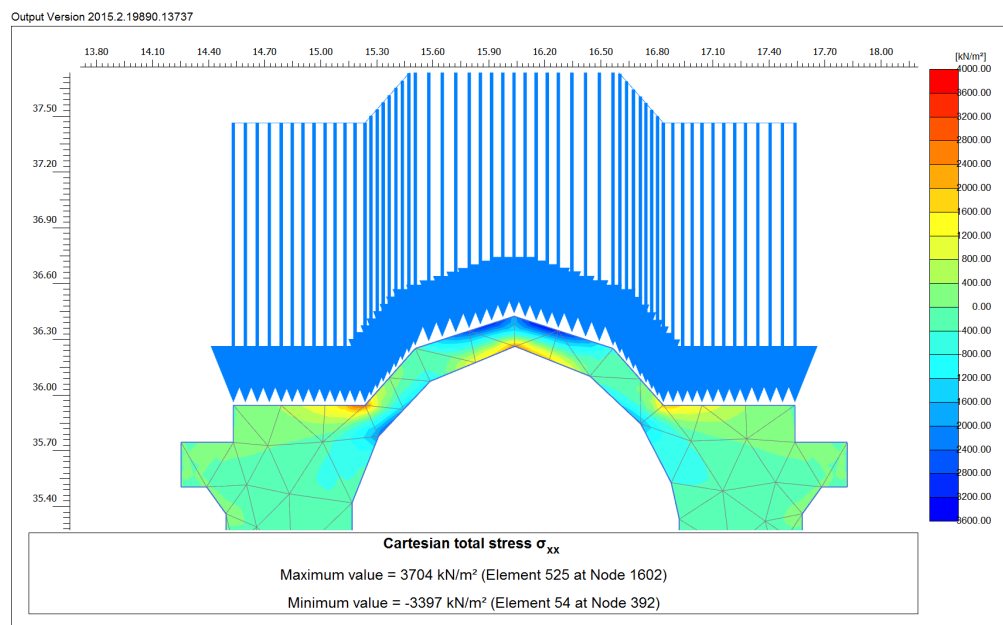


Рис. 2 - Расчетная схема исследуемого объекта

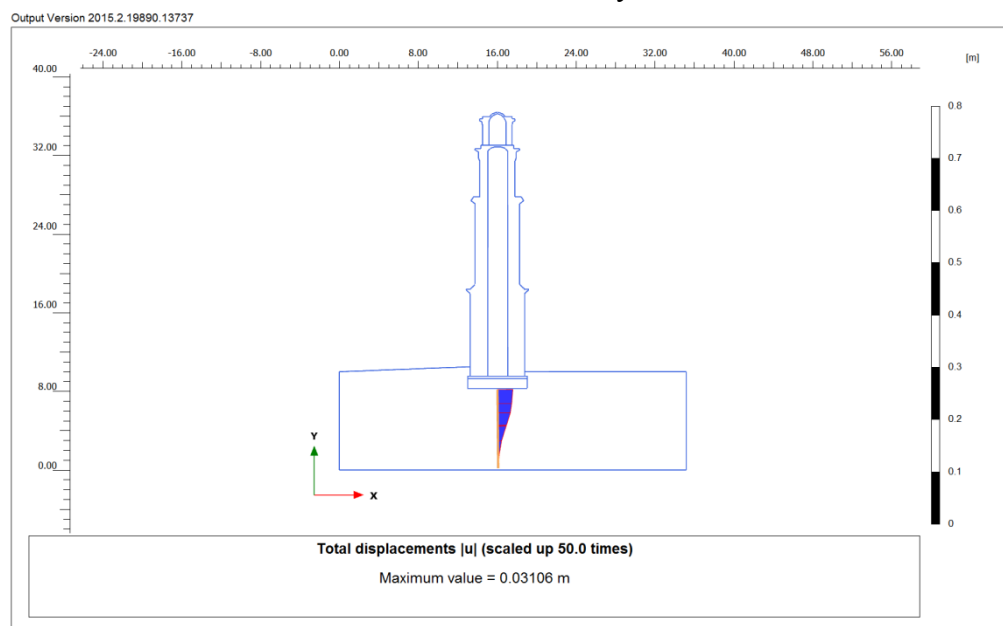


Рис. 3 - Расчетная схема исследуемого объекта

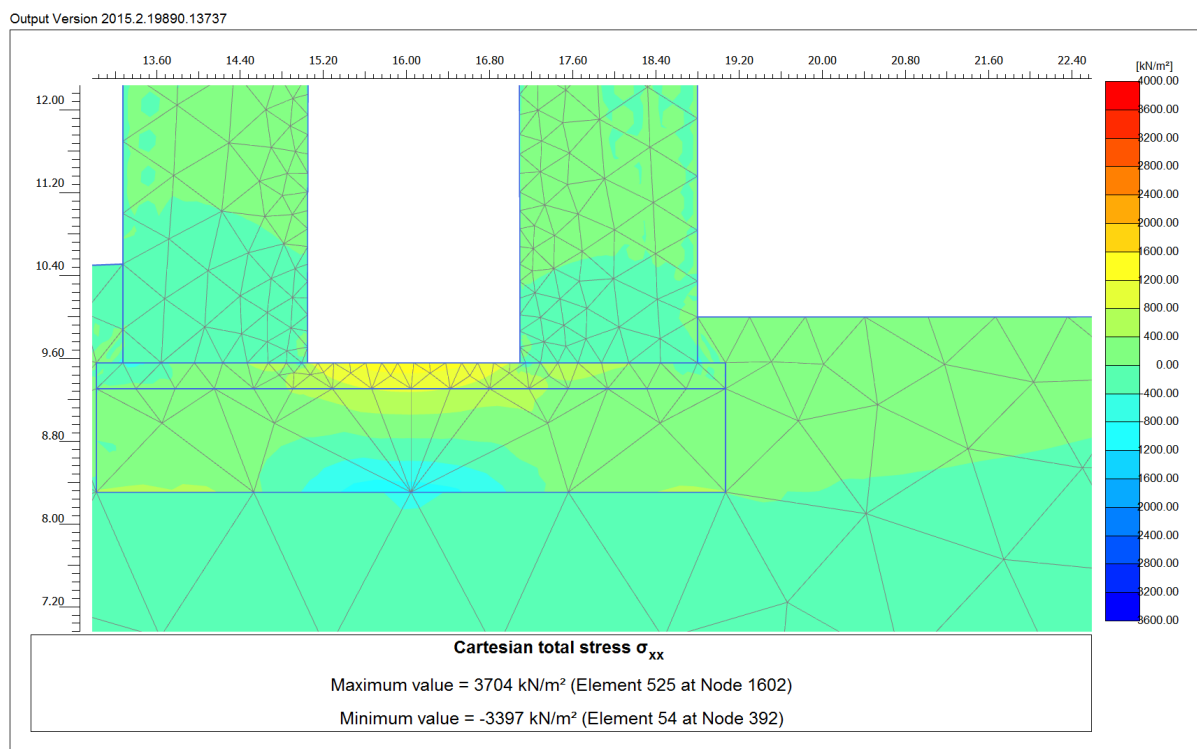


Рис. 4 - Расчетная схема исследуемого объекта

На основании данных анализа информации, полученной в ходе натурного обследования несущих и ограждающих конструкций, можно сделать следующие **выводы**:

1. Поверочными расчетами установлено, что несущая способность грунтового основания представленного суглинками твердыми, полутвердыми обеспечена для восприятия действующих нагрузок. Однако развиваются склоновые процессы, связанные с значительным перепадом рельефа прилегающей территории и постоянным замачиванием грунтового основания поверхностными и талыми водами типа верховодка. Техническое состояние фундаментов **ограниченно работоспособное**.

2. Фундаменты с глубиной заложения меньше нормативной глубины залегания на момент проведения обследования, не подвержены влиянию сил морозного пучения грунтов, о чем свидетельствует отсутствие силовых трещин на поверхностях фундаментов. Техническое состояние фундаментов оценивается как **ограниченно работоспособное**.

3. Суффозионное вымывание раствора из швов бутовых фундаментов связано с длительной эксплуатацией здания, фундаменты которого не имеют вертикальной и горизонтальной гидроизоляции, а кроме того отсутствует отмостка. Техническое состояние фундаментов **ограниченно работоспособное**.

4. Участки замачивания и следы систематического увлажнения фундаментов и стен в цокольной части связано с инфильтрацией грунтовых вод телом кладки и вызвано отсутствием горизонтальной и вертикальной гидроизоляции. Длительная эксплуатация фундаментов и стен с указанным дефектом приводит к конструктивному нарушению целостности кирпича, бутового камня и раствора в кирпичной кладке, в значительной степени это усугубляется в условиях попеременного замораживания и оттаивания. Техническое состояние фундаментов и стен в цокольной части оценивается как **ограниченно работоспособное**, однако при дальнейшей эксплуатации в указанных условиях возможен переход в **аварийное**.

5. На вертикальных несущих конструкциях имеются трещины с шириной раскрытия до 40 мм и длиной более восьми рядов кладки, являющиеся внешне выраженными признаками снижения их несущей способности и долговечности. Появление указанных вертикальных и слабонаклонных трещин связано с длительным нахождением здания в открытом, неэксплуатируемом состоянии, без крыши, окон и дверей. Техническое состояние стен на указанных участках **аварийное** [5,6].

Таким образом, именно использование расчетно-программного комплекса PLAXIS позволило определить реальное напряженно-деформированное состояния конструкций и вкпе с иными факторами выявить аварийное состояние конструкций.

Список литературы

1. Попов А.О., Маляян Л.Р., Сабитов Л.С., Данилов А.М., Гарькин И.Н. Системный подход к анализу технического состояния объектов культурного наследия на примере корпуса «Орешек» Шлиссельбургской крепости // Региональная архитектура и строительство. 2023. № 4 (57). С. 199-205
2. Саденко Д.С., Гарькин И.Н., Маляян Л.Р., Сабитов Л.С. Виброметрические методы диагностики строительных конструкций // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 3 (59). С. 175-189
3. Скачков Ю.П., Данилов А.М., Гарькина И.А. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 4-9
4. Языев Б.М., Чепурненко А.С., Литвинов С.В., Языев С.Б. Расчёт трёхслойной пластинки методом конечных элементов с учётом ползучести среднего слоя // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.– 2014. – № 2 (33). – С. 47-55.
5. Гарькина И.А., Малышева К.С. Математическое моделирование: интерполяция, аппроксимация и оптимизация при анализе и синтезе сложных систем // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2022. – № 5(42). – С. 107-113
6. Андреев В.И., Языев Б.М., Чепурненко А.С., Литвинов С.В. Расчет трехслойной полой оболочки с учетом ползучести среднего слоя // Вестник МГСУ. – 2015. – № 7. –С. 17-24.

1.2.2.

¹А.О. Попов, ¹Ф.М. Ахметов, ^{1,2}Л.С. Сабитов, ³И.Н. Гарькин, ⁴Л.И. Киямова¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,²Казанский государственный энергетический университет, Казань,³ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Пенза,⁴Казанский филиал НО Ассоциация «Ростехэкспертиза», Казань

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С ФУНДАМЕНТАМИ СВАЙНОГО ТИПА

Для сохранения объектов культурного наследия требуется определить при его реальное напряжённно-деформированного состояния свайных оснований с использованием САПР. На примере создания массива моделей доказываются преимущества использование программного комплекса PLAXIS для сохранения объектов культурного наследия.

Ключевые слова: программный комплекс, автоматизация расчетов, PLAXIS, цифровое моделирование, объекты культурного наследия, обследование, свайный фундамент.

Объекты культурного наследия федерального значения являются знаковыми объектами архитектуры и в большинстве своём уникальными с инженерной точки зрения объектами. Соответственно их сохранении является сложной и многогранной технической задачей, решение которой возможно только с помощью передовых методов, особенно с использованием цифрового моделирования.

Результаты комплексных научных исследований и описания объектов исследований приведем на наиболее сложных и интересных объектах основания, которых устроены с использованием свайных фундаментов. Свайные основания использовались как для устройства основания зданий, так и для основания набережных и подпорных стен. Результаты комплексных исследований проведем на примере объектов культурного наследия федерального значения, обеспечение сохранности которых не вызывает сомнения, а именно:

- «Центральная башня Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург».

Моделирование моделей массива нескального грунта использовалась упругопластическая модель с поверхностью текучести по Мору-Кулону. Каменная кладка моделировалась с использованием критерия разрушения Хека-Брауна. Для моделирования свайного основания использовалась пользовательская модель «custom model of the transformed pile». На рис.1-3 показаны модели здания на основе реальных обмеров.

Целью проведения поверочных расчетов является выявление качественных и количественных характеристик напряженно деформированного состояния. При построении конечно-элементной геотехнической модели учитывались подземная часть

Для определения зоны влияния и прогнозирования возможных дополнительных деформаций (горизонтальные, вертикальные, общие перемещения) массива грунта, вмещающие в себя фундаменты существующих зданий, сооружений и подземных коммуникаций, проведенные строительные работы, построены геомеханические модели массива грунта.

Расчет глубины сжимаемой толщи произведен по формуле 8 Приложения 2 СП 22.13330.2011:

$$H = (H_0 + \psi \cdot b)k_p, \text{ где}$$

где H_0 и ψ – принимаются соответственно равными для оснований, сложенных: глинистыми грунтами – 6 м и 0,1;

$b=5,5$ м - ширина прямоугольного фундамента;

k_p – коэффициент, принимаемый равным: $k_p = 0,8$ при среднем давлении под подошвой фундамента $p = 100$ кПа (1 кгс/см^2); $k_p = 1,2$ при $p = 500$ кПа (5 кгс/см^2), а при промежуточных значениях – по интерполяции.

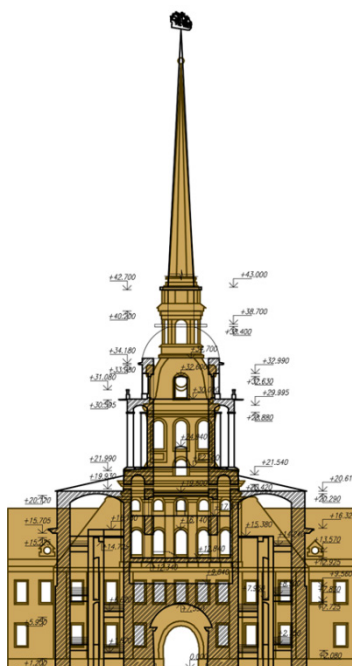


Рис. 1 - Схематичное наложение разреза, построенного по обмерам

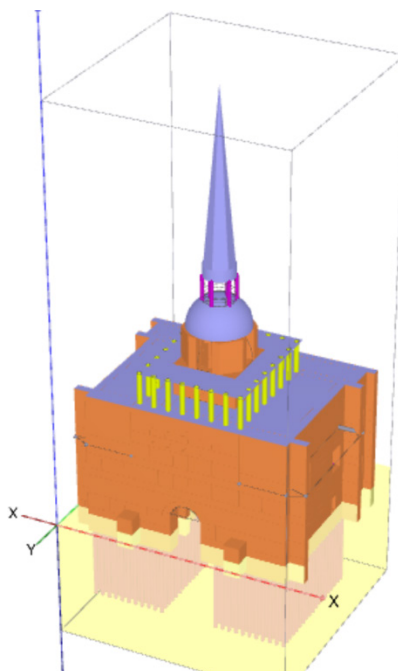


Рис. 2 - Расчетная схема здания Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург

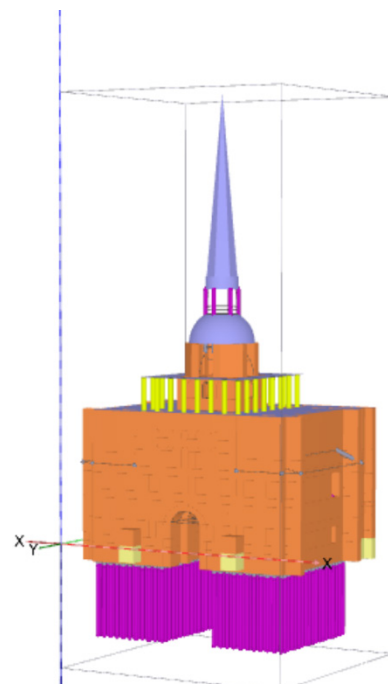
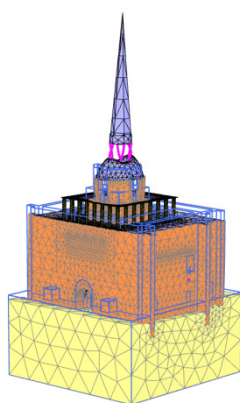


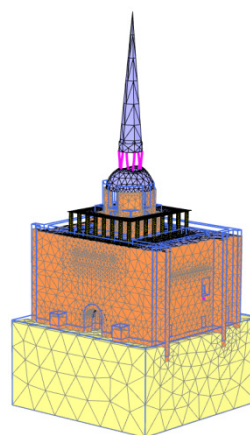
Рис. 3 - Расчетная схема здания Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург на этапе утраты оголовков свай

В ходе обследования были смоделирована работа строительных конструкций здания до и после потери оголовков свай (рис.4..7). Возможные дефекты основания объекта культурного значения могут являться причиной потери устойчивости, что может привести к возникновению аварийной ситуации вплоть до обрушения здания.



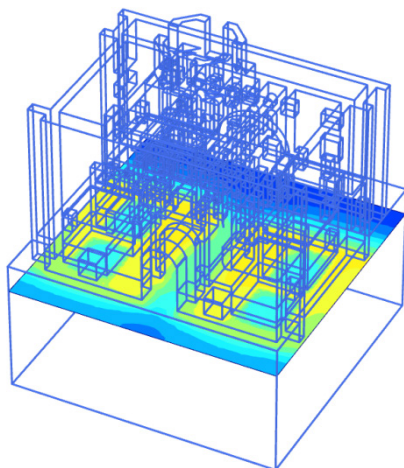
Deformed mesh $|u|$ (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,06117 m (at Node 23488)

Рис. 4 - Деформированная схема здания Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург до утраты оголовков свай

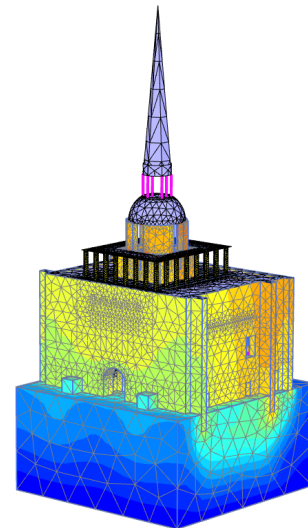


Deformed mesh $|u|$ (scaled up 20,0 times)
Maximum value = 0,07742 m (at Node 2823)

Рис. 5 - Деформированная схема здания Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург после утраты оголовков свай



Total displacements $|u|$ (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,04021 m



Total displacements $|u|$ (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,07267 m (Element 2501 at Node 1985)

Рис. 6 - Горизонтальная проекции изополей перемещений основания в уровне подошвы ростверка до утраты оголовков свай

Рис. 7 - Изополя общих перемещений здания Главного Адмиралтейства г.Санкт-Петербург после утраты оголовков свай

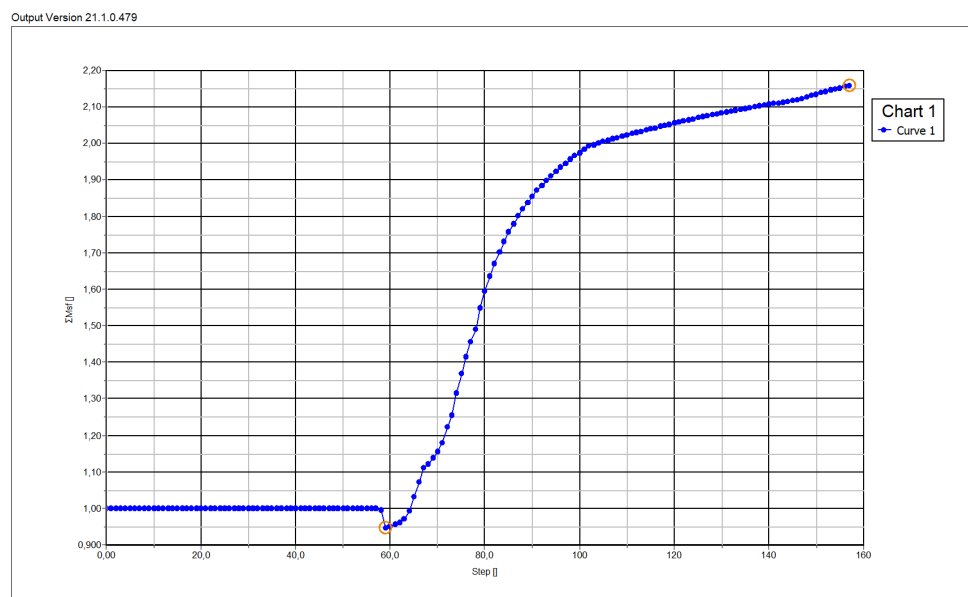


Рис. 8 - График-зависимость коэффициента устойчивости системы показывает, что коэффициент устойчивости основания фундаментов не менее 2,1, с учетом отсутствия оголовков свай

Соответственно, по результатам поверочных расчетов и моделирования конструкций выявлено, что утрата оголовков свай приведет к дополнительным перемещениям до 12 мм, что меньше регламентированных значений указанных в рекомендуемом приложении Е СП 22.13330. По выявленным дефектам была дана рекомендация об усилении строительных конструкций в т.ч. фундамента.

Список литературы

1. Попов А.О., Маляян Л.Р., Сабитов Л.С., Данилов А.М., Гарькин И.Н. Системный подход к анализу технического состояния объектов культурного наследия на примере корпуса «Орешек» Шлиссельбургской крепости // Региональная архитектура и строительство. 2023. № 4 (57). С. 199-205
2. Саденко Д.С., Гарькин И.Н., Маляян Л.Р., Сабитов Л.С. Виброметрические методы диагностики строительных конструкций // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 3 (59). С. 175-189
3. Скачков Ю.П., Данилов А.М., Гарькина И.А. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 4-9
4. Языев Б.М., Чепурненко А.С., Литвинов С.В., Языев С.Б. Расчёт трёхслойной пластинки методом конечных элементов с учётом ползучести среднего слоя // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.– 2014. – № 2 (33). – С. 47-55.
5. Гарькина И.А., Малышева К.С. Математическое моделирование: интерполяция, аппроксимация и оптимизация при анализе и синтезе сложных систем // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2022. – № 5(42). – С. 107-113
6. Андреев В.И., Языев Б.М., Чепурненко А.С., Литвинов С.В. Расчет трехслойной полой оболочки с учетом ползучести среднего слоя // Вестник МГСУ. – 2015. – № 7. –С. 17-24.
7. Попов А.О., Матвеев И.Ю., Бирюлева Д.К. Прочность по нормальным сечениям и деформативность кирпичных цилиндрических сводов, усиленных углеродными холстами // Известия КГАСУ. - 2015. -№ 2 (32). - С. 168–175.

1.2.2.

Л.Б. Строгонова, М.С. Баранов, Ю.А. Васин

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
институт № 6, кафедра экологии, систем жизнеобеспечения
и безопасности жизнедеятельности,
Москва, maxibar@list.ru

К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМЕ РЕАБИЛИТАЦИИ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ.

В работе рассматриваются методы обработки стадиометрического сигнала нетвердой опоры с биологической обратной связью для подготовки космонавта к пребыванию в условиях микрогравитации. Приведены несколько примеров обработки с в условиях микрогравитации.

Ключевые слова: *Преобразование Фурье, преобразование Гильберта–Хуанга, лунная база, система поддержки принятия решений.*

Введение. Для исследования состояния опорно-двигательного аппарата (ОДА) и нервно-мышечной системы космонавтов до и после проведения программы медицинской реабилитации применялся пакет функциональных и лабораторных методов. Функциональные методы исследования включали проведение денситометрии (Hologic Inc., США), определение variability сердечного ритма, пульсоксиметрии и судомоторной реакции на аппарате ESTECK System Complex (LD Technology, USA), динамометрии мышц туловища (CON-TREX TP, CENTAUR), нижних конечностей (CONTREX MJ). Исследование баланса проводилось на многофункциональной платформе для диагностики и тренировки опорно-двигательных навыков и когнитивных нарушений с биологической обратной связью КОБС (Physiomed, Германия). Медико-техническое обеспечение пилотируемых космических полетов решает проблему реабилитации космонавтов после воздействия неблагоприятных факторов космического полета. Актуальность и необходимость применения реабилитационных мер после инсульта, инфаркта, оперативных вмешательств и перенесенных черепно-мозговых травм часто зависит от того, насколько быстро получится восстановить двигательную активность. Задача заключается в восстановлении нервных связей между мышцами и мозгом. Для того, чтобы восстановить координацию движения необходимы специальные занятия. В таких случаях на помощь приходит метод БОС (биологической обратной связи). Во время тренировки после длительного полета датчики регистрируют минимальные импульсы и движения. Испытуемый учится заново сохранять положение тела, замечая даже малейшие позитивные перемены. В данном случае исследователи - разработчики нового средства реабилитации, имеют дело с различными биомедицинскими сигналами, которые требуют совместной обработки в том числе и реальном масштабе времени. И если для других биомедицинских сигналов существуют разработки позволяющие адекватно отвечать поставленной задаче, то для стабิโลграмм вопрос не столь однозначен.

На данный момент в пакетах прикладных программ анализ стабิโลграмм базируется на классическом методе преобразования Фурье (рис.1), однако существуют некоторые значительные ограничения спектрального Фурье-анализа: исследуемая система должна быть линейной, а анализируемые данные – стационарными [2].

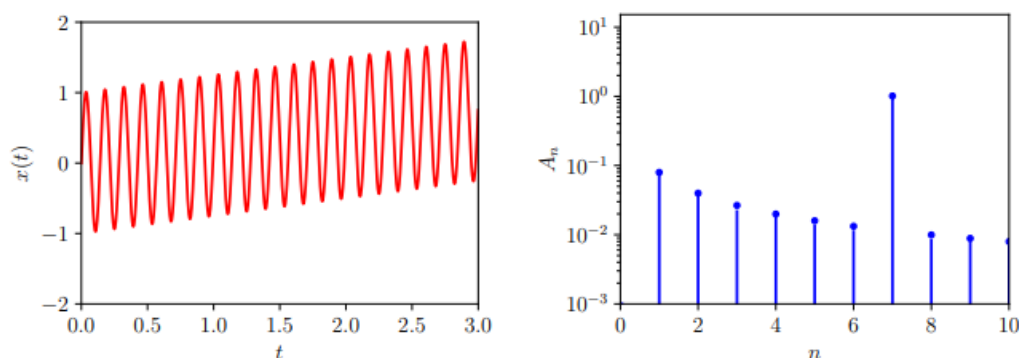


Рис. 1 - Преобразование Фурье

Для точного определения характеристик стабิโลграммы, воспользуемся преобразованием Гильберта – Хуанга. Данный метод основан на построении спектра Гильберта с использованием эмпирической модовой декомпозиции (ЭМД). ЭМД предложен Норденом Хуангом в 1998 году и представляет собой разложение сложно структурных сигналов на эмпирические моды (ЭМ).

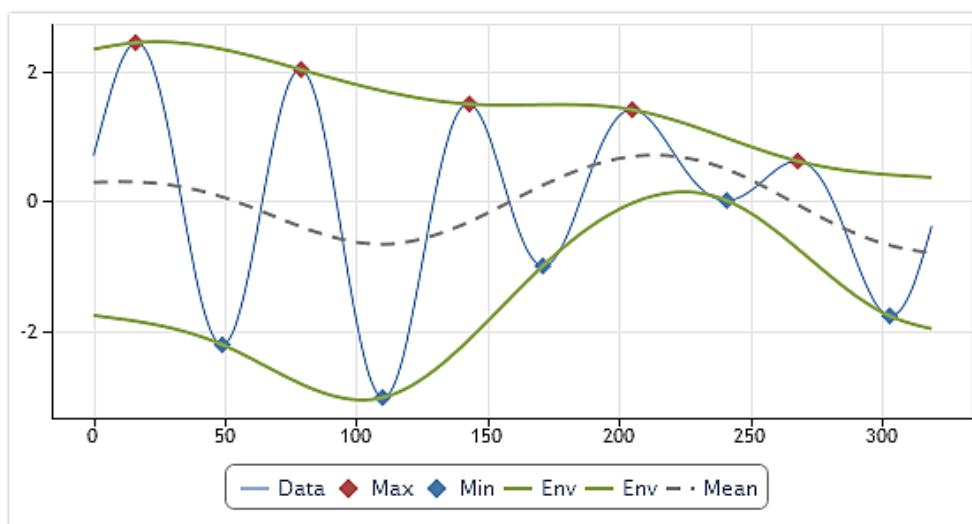


Рис. 2 - Эмпирическая модовая декомпозиция

Ключевая идея метода (рис.2) состоит в построении базисных функций сигнала, формирующиеся адаптивно из входных данных. Главным свойством ЭМД является его применимость для любых исходных данных.

Задача заключается в декомпозиции сигнала стабิโลграммы на ЭМ и применении их к спектру Гильберта, а также получении параметров спектрограммы. К механизмам поддержания равновесия у человека относятся: вестибулярная, зрительная и сенсорные системы. В процессе удержания человеком равновесия и поддержания вертикального положения возникают микро колебательные движения, которые фактически незаметны визуально [1].

Цель исследования. Целью является выбор качественного математического метода обработки медицинских данных космонавта для применения в практике медико-биологического обеспечения пилотируемых лунных программ.

К механизмам поддержания равновесия у человека относятся: вестибулярная, зрительная и сенсорные системы. В процессе удержания человеком равновесия и поддержания вертикального положения возникают микроколебательные движения, которые фактически незаметны визуально, но имеют принципиальное значение поддержания позы в условиях низкой гравитации. Эти колебательные движения отражены на стабิโลграмме и имеют характерные физические свойства.

$$S_N = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) e^{(-jn\Delta wt)} dt [\Gamma\Omega],$$

где $\Delta\omega=2\pi/T$ – частотный аргумент векторов. В пространстве функций, заданных на конечном интервале $(0,T)$, норма, как числовая характеристика произвольной функции $s(t)$, вычисляется как корень квадратный из скалярного произведения функции.

$$x(t) = \sum_{i=1}^I ATC_i(t) + r(t)[Гц],$$

где $ATC(t)$ – амплитудно-временные составляющие сигнала; $r(t)$ – конечная огибающая сигнала; t – отсчет времени ($0 < t \leq N$, N – число дискретных отсчетов времени в сигнале), $i = 1, 2, \dots, I$ – номер амплитудно-временной составляющей сигнала.

Для решения задач предварительной обработки и сегментации исследуемых медицинских сигналов $x(t)$ в условиях различных помех $n(t)$ при свободной двигательной активности пациента для целей функциональной диагностики необходимо совершенствование классического преобразования ННТ, позволяющего снизить уровень частотного смешивания $S(F)$ амплитудно-временных составляющих $ATC(t)$ сигнала $x(t)$ и помех $n(t)$



Рис. 1. Схема ННТ

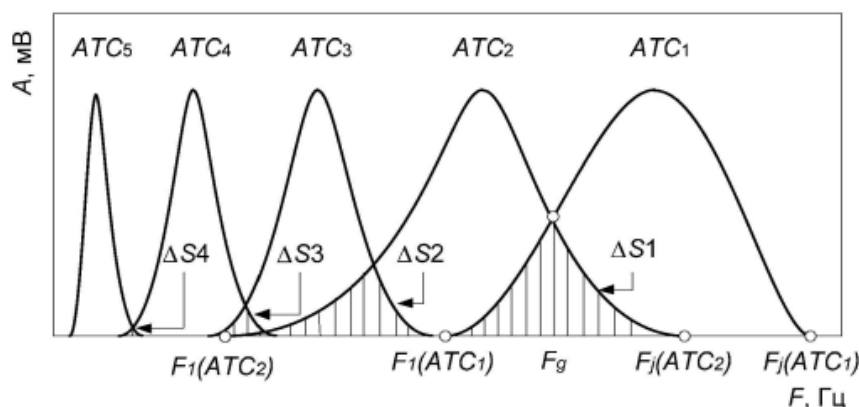


Рис. 3 - Спектр полос пропускания частот амплитудно-временных составляющих исследуемых сигналов.

Суть преобразования Гильберта – Хуанга заключается в многократном добавлении к исследуемому сигналу $x(t)$ белого шума $k(t)$, значение частоты и амплитуды которого соответствует максимальному значению частоты и амплитуды исследуемого сигнала x .

Выводы:

1) Спектральный анализ на базе преобразования Фурье имеет ограничения применения для линейных систем и стационарных сигналов. На практике это условие не всегда может быть выполнено, что приводит к необходимости ряда допущений, которые влияют на точность полученных результатов, а преобразование Гильберта-Хуанга не требует определенного аналитическим образом базиса и может применяться для нестационарных и нелинейных данных.

Список литературы

1. Доценко В.И. Современные алгоритмы стадиометрической диагностики постуральных нарушений в клинической практике / В.И. Доценко, В.И. Усачев, С.В. Морозова, М.А. Скедина / МС. – 2017.
2. Микулович А.В. Анализ нестационарных сигналов на основе преобразования Гильберта-Хуанга / А.В. Микулович, Ш.Ч. Кан, В.И. Микулович // Информатика. – 2010. – № 2. – С. 25-35.
3. Строгонова Л.Б., Васин Ю.А., Баранов М.С., Сафронова К.П. «Структура системы поддержки принятия решений (СППР) для медико-технического обеспечения обитаемой лунной базы». Научно-технический вестник Поволжья №6, 2023 г. С. 114-117.

1.2.2.

Г.Х. Тазмеев, Х.К. Тазмеев

Казанский федеральный университет,
 Набережночелнинский институт,
 Набережные Челны, tazmeevh@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ РАДИАЛЬНЫМ ВДУВОМ ГАЗА

Разработана математическая модель электрической дуги, которая горит в цилиндрическом разрядном канале при интенсивном радиальном вдуве плазмообразующего газа. Получены формулы для расчета тепловых и электрических характеристик электрической дуги.

Ключевые слова: электрическая дуга, модель дуги, радиальный вдув, электродуговой нагрев газа.

Одним из эффективных способов стабилизации электрической дуги в длинном цилиндрическом канале является радиальный вдув газа. Такой способ находит применение в электродуговых нагревателях газа. Радиальный вдув газа существенно снижает поток тепла к стенке разрядной камеры, и при этом появляется возможность улучшить энергетические параметры электродуговых нагревателей. Как показывают исследования, при радиальном вдуве газа существенно повышается тепловой к.п.д., увеличивается объемная плотность энергии в разрядном канале и т.д. [1-3]. Поэтому электродуговые нагреватели с радиальным вдувом плазмообразующего рабочего газа перспективны для многих энергоемких технологий. Практическому применению в значительной степени способствует наличие несложных методов расчета тепловых и электрических характеристик дуги. В связи с этим целью данной работы явилась разработка модели дуги, которая позволяет изучить влияние радиального вдува газа на свойства дуги и получить расчетные формулы.

Свойства положительного столба электрической дуги при соблюдении условий квазинейтральности и локального термодинамического равновесия описываются уравнениями [1]:

$$\rho \frac{d}{dt} \left(U + \frac{v^2}{2} \right) = \text{div}(\dot{P} \cdot \vec{v}) + \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) + \vec{j} \cdot \vec{E} - \text{div}\vec{W}, \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \text{div}\dot{P} + [\vec{j} \cdot \vec{B}], \quad (2)$$

$$\rho \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}), \quad (3)$$

$$\text{rot}\vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0, \quad (4)$$

$$\text{rot}\vec{H} - \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \vec{j}, \quad (5)$$

$$\text{div}\vec{D} = \rho_e, \quad (6)$$

$$\text{div}\vec{B} = 0, \quad (7)$$

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}, \quad (8)$$

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}, \quad (9)$$

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}, \quad (10)$$

$$I = 2\pi R^2 \int_0^{\zeta_1} \sigma E r dr, \quad (11)$$

$$p = nkT. \quad (12)$$

Здесь: (1) – уравнение закона сохранения энергии; (2) – уравнение движения; (3) – уравнение неразрывности; (4)-(9) – уравнения электромагнитного поля; (10)-(11) – уравнения закона Ома в дифференциальной и интегральной формах; (12) – уравнение состояния идеального газа. Обозначения: U – внутренняя энергия; $\dot{P}$ – тензор внутренних напряжений; $\vec{W}$ – вектор интегрального потока излучения; ζ_1 – радиус дуги (радиус проводящей области разрядного канала).

Система уравнений (1)-(12) дополняется зависимостями свойств газа от температуры и давления: $\lambda = \lambda(p, T)$; $\sigma = \sigma(p, T)$; $h = h(p, T)$; $\eta = \eta(p, T)$; $\epsilon = \epsilon(p, T)$. Здесь: λ – теплопроводность; σ – удельная электрическая проводимость; h – удельная энтальпия; η – динамическая вязкость; ϵ – спектральная плотность излучения.

При использовании предпосылок и упрощений, которые традиционно находят применение для описания газовых разрядов [2-14], система уравнений приводится к виду:

$$\frac{\rho V_r h_s}{R} \cdot \frac{dS}{d\bar{r}} = \frac{1}{R^2 \bar{r}} \cdot \frac{d}{d\bar{r}} \left(\bar{r} \cdot \frac{dS}{d\bar{r}} \right) + \sigma_s E^2 S - W_{rs} S, \quad (13)$$

$$I = 2\pi R^2 \sigma_s E \int_0^{\bar{\zeta}} S \bar{r} d\bar{r}, \quad (14)$$

$$\frac{R}{l} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{z}} (\rho V_z) + \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}} (\bar{r} \rho V_r) = 0. \quad (15)$$

Здесь: S – функция теплопроводности; h_s , σ_s , W_{rs} – коэффициенты линейной аппроксимации по S ; R и l – радиус и длина разрядного канала; $\bar{r}$ и $\bar{l}$ – безразмерные радиальные и осевые координаты; $\bar{\zeta}$ – безразмерный радиус дуги.

В радиальном направлении на единице длины разрядного канала газ вдувается массовой скоростью $\dot{G}$. Радиальный вдув в электрическую дугу составляет

$$\dot{G}^* = k \bar{\xi}^2 \dot{G}, \quad (16)$$

где k – коэффициент, зависящий от интенсивности вдува, тока и ряда других параметров дуги.

В предлагаемой модели принято, что плотности радиальных потоков в дуге и в непроводящей области разрядного канала меняются линейно в зависимости от радиальной координаты

$$\rho V_{rI} = a \bar{r}, \quad (17)$$

$$\rho V_{rII} = \epsilon a \bar{r}. \quad (18)$$

Здесь

$$a = -\frac{k \dot{G}}{2\pi R}.$$

Коэффициенты ϵ и k связаны соотношением $\epsilon k = 1$. На оси канала

$$V_r(0, \bar{z}) = 0, \quad (19)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \bar{r}}(0, \bar{z}) = 0. \quad (20)$$

Значение S на границе дуги равна нулю, а на оси канала задается, т.е.

$$S(\bar{\xi}, \bar{z}) = 0, \quad S(0, \bar{z}) = S_0 \quad (21)$$

В этих условиях после некоторых преобразований уравнение (13) можно записать в виде

$$\frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{d}{d\bar{r}} \left(\bar{r} \frac{dS}{d\bar{r}} \right) + \frac{k \dot{G} h_s}{2\pi} \bar{r} \frac{dS}{d\bar{r}} + \sigma_s R^2 E^2 S - W_{rs} R^2 S = 0.$$

Введением замены переменной $\theta = \bar{r}/\bar{\xi}$ и полагая $S = S_0\Phi$, получим

$$\frac{1}{\theta} \cdot \frac{d}{d\theta} \left(\theta \frac{d\Phi}{d\theta} \right) + \frac{\beta}{2} \cdot \theta \frac{d\Phi}{d\theta} + \mu^2 \Phi = 0. \quad (22)$$

Здесь

$$\beta = \frac{k\bar{\xi}^2 \dot{G} h_s}{\pi}, \quad (23)$$

$$\mu^2 = \sigma_s R^2 \bar{\xi}^2 E^2 - W_{rs} R^2 \bar{\xi}^2. \quad (24)$$

Решение уравнения (24) представляется в виде ряда [1]

$$\Phi_n(\mu_n, \theta) = 1 + \sum_{m=1}^{\infty} a_{2m}^n \theta^{2m},$$

$$a_{2m}^n = (-1)^m \cdot \frac{\mu_n^2(\mu_n^2 + \beta)(\mu_n^2 + 2\beta) \dots [\mu_n^2 + (m-1)\beta]}{2^{2m}(m!)^2}, \quad (25)$$

где μ_n - корни уравнения $\Phi(\mu, I) = 0$. Следовательно, для распределения S имеем

$$S = S_0 \Phi_1(\mu_1, \theta) = S_0 \left\{ 1 + \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^m \cdot \frac{\mu_1^2(\mu_1^2 + \beta) \dots [\mu_1^2 + (m-1)\beta]}{2^{2m}(m!)^2} \cdot \theta^{2m} \right\}. \quad (26)$$

Величины I и E , удовлетворяющие решению (26), находятся из (14) и (24).

$$I = 2\pi R \bar{\xi} S_0 \gamma_1 \sqrt{\sigma_s(\mu_1^2 + W_{rs} \bar{\xi}^2 R^2)}, \quad (27)$$

$$E = \sqrt{\frac{\mu_1^2}{\sigma_s \bar{\xi}^2 R^2} + \frac{W_{rs}}{\sigma_s}}, \quad (28)$$

где

$$\gamma_1 = \int_0^1 \Phi_1(\mu_1, \theta) \theta d\theta. \quad (29)$$

Числовые значения μ_1 , γ_1 и Φ_1 приведены в [1].

Среднемассовые значение функции теплопроводности и энтальпии в дуге и на выходе из разрядного канала рассчитываются по формулам

$$S_{1c}(\bar{z}) = S_* + \frac{2\pi R^2}{\bar{\xi}^2(G_0^* + \dot{G}^* l \bar{z})} \cdot \int_0^{\bar{\xi}} \rho V_{zl} S \bar{r} d\bar{r}.$$

$$S_{1c} = S_* + 2S_0 \gamma_1. \quad (30)$$

$$h_c^* = h_* + 2S_c h_s \gamma_1, \quad h_c = h_w + \frac{IE \bar{\xi}^2}{\pi \beta} h_s. \quad (31)$$

Для потоков тепла и энергии излучения на границе дуги получаются формулы

$$q_* = -2\pi \frac{dS}{d\theta} \Big|_{\theta=1}. \quad (32)$$

$$q_{\wedge} = 2\pi R^2 \int_0^{\bar{\xi}} W_{rs} S \bar{r} d\bar{r}. \quad (33)$$

$$q_{\wedge} = 2\pi R^2 \bar{\xi}^2 W_{rs} S_0 \gamma_1. \quad (34)$$

Таким образом, полученные формулы позволяют рассчитать тепловые и электрические характеристики дуги, стабилизированной радиальным вдувом газа в цилиндрический разрядный канал.

Список литературы

1. Даутов Г.Ю., Дзюба В.А., Карп И.Н. Плазмотроны со стабилизированными электрическими дугами. Киев: Н. думка, 1984. -168 с.
2. Генерация низкотемпературной плазмы и плазменные технологии: Проблемы и перспективы / Г.Ю.Даутов, А.Н.Тимошевский, Б.А.Урюков и др. - Новосибирск: Наука, 2004. - 464 с. - (Низкотемпературная плазма; Т.20)
3. Галимарданов М.Ш., Даутов Г.Ю., Исмагилов Р.Х., Киямов Х.Г. // Физика и химия обработки материалов, 1975, № 6, с. 13-16.
4. Тазмеев Б.Х., Тазмеева Р.Н. // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 5. С. 58-60.
5. Tazmeev A.K., Tazmееva R.N. // Journal of Physics: Conference Series, 2018. V. 1058. P. 012036
6. Gibadullina G.R., Tazmееv A.K., Tazmееva R.N. // Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2017. T. 9. № 1S. С. 1779-1789.
7. Тазмеев Г.Х., Тимеркаев Б.А., Тазмеев Х.К., Арсланов И.М. // Прикладная физика. 2016. № 1. С. 72-76.
8. Tazmееv A.K., Tazmееva R.N., Sarvarov F.S. // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 669. № 1. С. 012056.
9. Tazmееv G.K., Tazmееv A.K., Tazmееv B.K. // Journal of Physics: Conference Series. 2022. T. 2379. № 1. С. 012011
10. Tazmееv K.K., Tazmееv A.K. / В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 2. 2022. С. 012021.
11. Tazmееv K.K., Tazmееva R.N., Tazmееv B.K. / В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 2. 2022. С. 012028.
12. Tazmееv G.K., Tazmееv K.K., Tazmееv B.K. / В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 2. 2022. С. 012019.
13. Тазмеев А.Х., Тазмеева Р.Н. // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 5. С. 55-57.
14. Тазмеев Б.Х., Тазмеева Р.Н. // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 5. С. 58-60.

1.2.2.

Р.Н. Тазмеева, А.Х. Тазмеев

Казанский федеральный университет,
Набережночелнинский институт,
Набережные Челны, tazmееva@mail.ru

К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ РАСПРЕДЕЛЕННОМ ВДУВЕ ГАЗА

В статье выполнен анализ условий горения электрической дуги в цилиндрическом канале плазмотрона при распределенной подаче плазмобразующего газа. Приняты и обоснованы предположения, которые позволяют упростить уравнения, описывающие свойства электрической дуги.

Ключевые слова: *электрическая дуга, модель дуги, ламинарный поток, плазмотрон.*

Распределенный вдув газа осуществляется путем подачи газа либо в отверстия в сплошной стенке разрядного канала, либо через пористые участки стенки. Эти способы находят применение в электродуговых плазмотронах с цилиндрической разрядной камерой и в других электроразрядных устройствах [1-9]. При этом, как показывают опыты [1-5], существенно улучшаются энергетические характеристики плазмотрона. К примеру, при подаче газа с сравнительно малой интенсивностью, составляющей $(5-30) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, в диапазоне токов 35-150 А достигнут тепловой к.п.д. плазмотрона 0,80-0,86 [2]. В опытах, проведенных с увеличенной подачей газа, составляющей $0,5 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, получен еще более высокий к.п.д., который находится в пределах 0,90-0,95 [3]. Естественно, при увеличении расхода газа требуется повышение тока. В опытах ток был в пределах 250-1300 А. Наибольший к.п.д. можно достигнуть, применяя регенеративное охлаждение стенки разрядной камеры. В таком варианте энергия, идущая к стенкам практически полностью может быть возвращена обратно в разрядный канал газом, вдуваемым через стенку. Такой вариант осуществлен при создании мегаваттного плазмотрона, в котором стенки разрядной камеры выполнены из пористого материала [4].

Авторами работы [1] разработана модель дуги, горящей в цилиндрическом канале электродугового нагревателя (плазмотрона) с распределенным вдувом рабочего газа, и получены формулы для расчета тепловых и электрических характеристик. Показано, что расчеты по полученным формулам хорошо согласуются с экспериментом. Однако при интенсивном вдуве данная модель неприменима. В ней предполагается, что плотность осевого потока массы одинакова по всему сечению разрядной камеры. При большой же интенсивности вдува, как показывают экспериментальные исследования, а также численные расчеты, плотность осевого потока массы одинакова только в центральной части цилиндрического разрядного канала [3 - 5]. В пристеночной области она намного больше, чем в центре. При построении модели данное обстоятельство непременно должно учитываться. В связи с этим целью данной работы явилось развитие теоретического подхода, принятого в [1] для электрической дуги в цилиндрическом канале с небольшим распределенным вдувом газа, а именно обосновать применимость такого подхода к электрической дуге при интенсивном вдуве газа.

Как и в работе [1] принято, что цилиндрический канал, в котором горит электрическая дуга, является длинным, т.е. отношение диаметра канала к его длине намного больше единицы. Течение газа в канале считается ламинарным. Предполагается, что в канале реализуется установившийся режим, который характеризуется неизменным радиальным распределением температуры, напряженности электрического поля и ряда других параметров

потока газа. Участок канала, где течение происходит в установившемся режиме, состоит из двух концентричных областей: центральной проводящей области I с радиусом ξ и пристеночной непроводящей области II с радиусом R .

Через поверхность единицы длины канала в область II поступает газ с массовой скоростью $\dot{G}$. Часть этого газа $\dot{G}^*$ вдувается в проводящую область I. Можно принять, что

$$\dot{G}^* = k\bar{\xi}^2 \dot{G}. \quad (1)$$

Здесь k - коэффициент внутреннего вдува. Он зависит от интенсивности вдува, тока и ряда других параметров дуги.

Анализ условий физических процессов в разрядной камере показывает, что в длинных стационарных электрических дугах в ламинарном потоке газа при отсутствии внешнего магнитного поля можно пренебречь: 1) диссипацией энергии из-за вязкости; 2) изменением кинетической энергии газа; 3) переносом тепла в направлении оси канала за счет теплопроводности. В условиях разрядной камеры преобладают: 1) конвективный перенос энергии в осевом направлении; 2) выделение джоулевого тепла; 3) перенос тепла за счет теплопроводности, а также конвекции в радиальном направлении. электрическое поле является неоднородным. В удалении от электродов можно пренебречь радиальной составляющей по сравнению с его осевой составляющей. Точно так же далеко от электродов можно пренебречь радиальным током по сравнению с осевым.

Физические свойства плазмообразующего газа, такие как теплопроводность, энтальпия, удельная электрическая проводимость и излучательная способность очень сложным образом зависят от температуры и давления. Поэтому аналитическое решение уравнений, описывающих электрическую дугу, является очень трудной задачей. Впервые наиболее удачный подход преодоления этой трудности был сделан Меккером [9]. Им была введена функция теплопроводности. Эта функция в условиях дуги в цилиндрическом канале с распределенным вдувом газа может быть представлена в виде

$$S_1 = \int_0^T \lambda dT.$$

Здесь λ - теплопроводность газа; T - абсолютная температура. Использование Функция теплопроводности позволяет упростить зависимости электропроводности σ , энтальпии h и излучательной способности (плотности объемного излучения) W_r от температуры T . Они могут быть представлены в виде линейных зависимостей от функции теплопроводности:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_s(S_1 - S_*) \quad \text{при } S_1 > S_*, \\ \sigma &= 0 \quad \text{при } S_1 \leq S_*, \\ h &= h_s S + h_*, \quad W_r = W_{rs} \frac{S}{4\pi}. \# \end{aligned}$$

В этих формулах $S = S_1 - S_*$. На границе проводящей области $S = S_*$ и $h = h_*$.

Предположим, что поглощение энергии излучения отсутствует. Тогда, с учетом вышеизложенного, уравнения, описывающие свойства электрической дуги на участке с установившимся режимом можно привести к виду:

$$\frac{\rho V_r h_s}{R} \cdot \frac{dS}{d\bar{r}} = \frac{1}{R^2 \bar{r}} \cdot \frac{d}{d\bar{r}} \left(\bar{r} \cdot \frac{dS}{d\bar{r}} \right) + \sigma_s E^2 S - W_{rs} S, \quad (2)$$

$$I = 2\pi R^2 \sigma_s E \int_0^{\bar{\xi}} S \bar{r} d\bar{r}, \quad (3)$$

$$\frac{R}{l} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{z}} (\rho V_z) + \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}} (\bar{r} \rho V_r) = 0. \quad (4)$$

В рамках теоретического подхода, принятого в [1] считается, что ρV_z , постоянна по всему сечению канала. Однако, из результатов численных исследований следует, такое упрощение возможно лишь при небольшой интенсивности вдува газа.

В данной работе предполагается, что сложную зависимость ρV_z по радиусу канала может быть аппроксимирована ступенчатой функцией. В проводящей области $\rho V_{zI} = const$. В непроводящей области $\rho V_{zII} = const$. Считается, что

$$\rho V_{zII} = \varepsilon \rho V_{zI}, \quad (5)$$

где коэффициент $\varepsilon \geq 1$.

На участке разрядного канала с установившимся режимом ρV_{zI} меняется вдоль оси z по линейному закону

$$\rho V_{zI} = \frac{1}{\pi R^2 \bar{\xi}^2} \cdot (G_0^* + \dot{G}^* l \bar{z}). \quad (6)$$

Течение газа является осесимметричным, поэтому:

$$V_r(0, \bar{z}) = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial S}{\partial r}(0, \bar{z}) = 0. \quad (8)$$

Функция теплопроводности S на границе областей I и II равняется нулю, а на оси канала задается, т.е.

$$(\bar{\xi}, \bar{z}) = 0, \quad S(0, \bar{z}) = S_0 \quad (9)$$

Таким образом, в рамках предлагаемой модели задача сводится к решению уравнений (2 - 4) при условиях (5 - 9).

Для нахождения коэффициента внутреннего вдува k можно использовать следующее предположение. Можно принять, что значение радиальной составляющей скорости V_r прямо пропорционально $\bar{r}$:

$$V_r = V_{rw} \cdot \bar{r}, \quad (10)$$

где V_{rw} - значение V_r на границе канала.

С учетом 10) $\dot{G}$ и $\dot{G}^*$ можно определить по формулам

$$\dot{G} = 2\pi R \rho_w V_{rw}, \quad (11)$$

$$\dot{G}^* = 2\pi R \bar{\xi} \rho_* V_{r*}, \quad (12)$$

Здесь ρ_* и V_{r*} - плотность и радиальная составляющая скорости газа на границе областей I и II; ρ_w - плотность газа на границе канала.

Из формул (1), (11) и (12) после некоторых преобразований получаем

$$k = \frac{\rho_*}{\rho_w}. \quad (13)$$

Список литературы

1. Галимарданов М.Ш., Даутов Г.Ю., Исмагилов Р.Х., Киямов Х.Г. Исследование электрической дуги, стабилизированной в канале с распределенным вдувом газа. - Физика и химия обработки материалов, 1975, № 6, с. 13-16.
2. Галимарданов М.Ш., Даутов А.И., Исмагилов Р.Х., Киямов Х.Г., Сальянов Ф.А., Тазмеев Х.К. Исследование электродугового нагревателя с пористым охлаждением. - Физика и химия обработки материалов, 1976, № 5, с. 28 - 31.
3. Курочкин Ю.В., Пустогаров А.В. Исследование плазмотронов с подачей рабочего тела через пористую межэлектродную вставку. В кн.: Экспериментальные исследования плазмотронов. Новосибирск: Наука, 1977, с. 82 - 103.
4. Пустогаров А.В., Мельников Г.Н., Карабут А.Б., Захаркин Р.Я. Дроздов Б.Г., Спиридонов Ю.А., Вертинпрахов А.И. Регенеративное охлаждение узлов электродугового подогревателя плазмообразующим газом. - Изв. СО АН СССР, 1986, серия техн, наук, вып. 3, с. 86 - 90.
5. Даутов Г.Ю., Дзюба В.А., Карп И.Н. Плазмотроны со стабилизированными электрическими дугами. Киев: Н. думка, 1984. -168 с.
6. Tazmeev G.K., Timerkaev B.A., Tazmeev K.K. / В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. 2019. С. 012075.
7. Tazmeev K.K., Arslanov I.M., Tazmeev G.K. // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 669. № 1. С. 012058.
8. Тазмеев Х.К., Арсланов И.М., Тазмеев Г.Х. // Прикладная физика. 2013. № 4. С. 33-37.
9. Финкельнбург В., Меккер Г. Электрические дуги и термическая плазма. М.: ИЛ, 1961. - 372 с.

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

2.3.1.

Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов

Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, bbairamov@gmail.com

УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Методом функций Ляпунова решается задача синтеза управления динамических систем, обеспечивающего устойчивость и заданную точность функционирования замкнутой системы при постоянно действующих возмущениях. Доказывается теорема, решающая задачу в общем случае. На основании этой теоремы приводится решение задачи для линейной системы с применением линейного закона управления.

Ключевые слова: динамическая система, устойчивость, точность функционирования при постоянно действующих возмущениях, синтез управления, метод функций Ляпунова.

1. Постановка задачи. Пусть возмущенное движение управляемой системы описывается уравнением

$$\frac{dz}{dt} = F(z) + B(z)u + \alpha(t), \quad (1)$$

где $t \in I = [t_0, \infty)$ – время; $z = z(t) \in E_m$ – вектор-функция состояния системы; $u = u(z) \in E_r$ – вектор управления; $B(z)$ – непрерывная матрица; $F(z)$ – непрерывная вектор-функция; $\alpha(t)$ – вектор-функция постоянно действующих возмущений (ПДВ).

Пусть известна область возможных значений ПДВ

$$\pi = \left\{ \alpha \mid |\alpha_i| \leq H_{\alpha i}, \quad i = \overline{1, m} \right\},$$

где $H_{\alpha i}$ – заданные положительные числа.

Технические условия функционирования системы наряду с устойчивостью часто требуют, чтобы отклонения одной или нескольких переменных от их расчетных значений оставались в заранее заданных пределах (точность функционирования). При этом отклонения остальных переменных строго не контролируются. Например, в гидравлических системах важно, чтобы рабочая жидкость подавалась потребителю достаточно равномерно [1 – 5], а в пневматических системах – давление [5].

В связи с этим ставится следующая задача.

Задача. Требуется найти управление $u(z)$, при котором система (1) без учета ПДВ асимптотически устойчива по Ляпунову и любое ее решение с начальными данными

$$|z_i(t_0)| < H_{0i}, \quad i = \overline{1, m} \quad (2)$$

при произвольных $\alpha \in \pi$ удовлетворяет условию

$$|z_1(t)| < H_1, \quad t \in I, \quad (3)$$

где H_{0i} , H_1 ($H_1 > H_{01}$) – заданные положительные числа.

Здесь для определенности контролируются отклонения только одной переменной z_1 .

2. Условия разрешимости задачи. Пусть $V = V(z)$ ($V(0) = 0$) – определенно положительная функция Ляпунова. Обозначим

$$C_1 = \sup [V|z_i| < H_{0i}, i = \overline{1, m}, t = t_0], \quad (4)$$

$$C_2 = \inf [V|z_1| < H_1, |z_i| < \infty, i = \overline{2, m}, t \in I]. \quad (5)$$

Теорема. Любое управление $u(z)$, обеспечивающее выполнение условия

$$\frac{dV}{dz} [F(z) + B(z)u(z)] = -\Omega(z), \quad (6)$$

является решением поставленной задачи, если $V(z)$, $\Omega(z)$ – определенно положительные функции; производная dV/dt в силу системы (1) при любых $\alpha \in \pi$ неположительна в области

$$\{z | |z_1| < H_1, |z_i| < \infty, i = \overline{2, m}\} \setminus \{z | V < C_2\}, \quad (7)$$

где число C_2 определяется формулой (5); имеет место неравенство

$$C_1 < C_2. \quad (8)$$

Доказательство. Условий теоремы достаточно для асимптотической устойчивости системы (1) при $\alpha = 0$ [6]. Для доказательства выполнения оценки (3) рассмотрим произвольное решение уравнения (1), исходящее из области (2). С учетом (8) в начальный момент времени имеем $V(t_0) \leq C_1 < C_2$. Так как в области (7) производная dV/dt в силу системы (1) неположительна, то рассматриваемое решение во все время остается в области $\{z | V < C_2(t)\}$, а следовательно, по определению постоянной C_2 выполняется оценка (3). Теорема доказана.

Приведем решение задачи для линейной системы

$$\frac{dz}{dt} = F + Bu + \alpha(t). \quad (9)$$

Функцию $V(z)$ возьмем в виде квадратичной формы

$$V = z^T Q z, \quad (10)$$

где Q – симметричная постоянная матрица.

Пусть матрица Q определенно положительна. Тогда форма (10) является определенно положительной и имеют место неравенства [6]

$$\frac{\Delta z_i^2}{\Delta_i} \leq V \leq \sum_{i,j=1}^m |q_{ij}| |z_i| |z_j|, i = \overline{1, m}, t \in I, \quad (11)$$

где q_{ij} – элементы матрицы Q ; $\Delta = \det Q$; Δ_i – дополнение к i -тому диагональному элементу Δ .

Из (11) следует, что за числа C_1 , C_2 можно принять

$$C_1 = \sum_{i,j=1}^m |q_{ij}| H_{0i} H_{0j}, \quad C_2 = \frac{\Delta H_1^2}{\Delta_1}. \quad (12)$$

Неравенство (8) запишется так:

$$\sum_{i,j=1}^m |q_{ij}| H_{0i} H_{0j} < \frac{\Delta H_1^2}{\Delta_1}. \quad (13)$$

Отметим, что если при начальных данных из области (2) имеет место неравенство (3) для переменной z_1 , то для других переменных z_i ($\overline{2, m}$) также будут выполняться свои оценки

$$|z_i(t)| < H_i, i = \overline{2, m},$$

где числа H_i ($i = \overline{2, m}$) в зависимости от H_1 вычисляются по формулам

$$H_i = \sqrt{\frac{\Delta_i}{\Delta_1}} H_1. \quad (14)$$

Действительно, с учетом (11), (13), (14) имеем

$$\frac{\Delta z_1^2}{\Delta_i} \leq V < V(t_0) \leq \sum_{i,j=1}^m |q_{ij}| H_{0i} H_{0j} < \frac{\Delta}{\Delta_1} H_1^2 = \frac{\Delta}{\Delta_i} H_i^2,$$

откуда и следует оценка (14).

Управление будем искать из класса

$$u(z) = Nz, \quad (15)$$

где N – постоянная матрица.

Вычислим производную dV/dt в силу системы (9), (15)

$$\frac{dV}{dt} = -z^T \Omega z + 2z^T Q \alpha, \quad (16)$$

где

$$\Omega = -(QF + F^T Q + QBN + N^T B^T Q). \quad (17)$$

Пусть матрица Ω (17) определенно положительна. Для двух определенно положительных форм $V = z^T Q z$ и $z^T \Omega z$ имеет место соотношение [5]

$$z^T \Omega z \geq \mu z^T Q z, \quad (18)$$

где число μ – минимальный корень уравнения $\det(\Omega - \mu Q) = 0$.

Согласно условию теоремы производная (16) должна быть неположительна в области (7) при любых $\alpha \in \pi$. Это требование будет выполняться, если имеет место неравенство

$$2 \sum_{i,j=1}^m |q_{ij}| H_{\alpha i} H_i \leq \min z^T \Omega z \text{ при } z \in \{z | V = C_2\}, \quad (19)$$

где H_i ($i = \overline{2, m}$) вычисляются через H_1 по формулам (14).

Но так как согласно (18) имеем $z^T \Omega z \geq \mu C_2$ при $z \in \{z | V = C_2\}$, то (19), в свою очередь, следует из неравенства

$$2 \sum_{i,j=1}^m |q_{ij}| H_{\alpha i} H_i \leq \mu C_2 = \mu \inf_{t \in I} \frac{\Delta}{\Delta_1} H_1^2. \quad (20)$$

Таким образом, согласно теореме, управление (15) разрешает поставленную задачу для системы (9), если матрицы Q (10), Ω (17) определенно положительны и выполняются неравенства (13), (20).

Список литературы

1. Байрамов Б.Ф. Система автоматизированного регулирования скорости выходного звена гидропривода и исследование её динамики // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 1. С. 80-84.
2. Абдуллина А.М., Байрамов Ф.Д., Байрамов Б.Ф. Гидропривод с управляемым электродвигателем насоса и исследование его динамики // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 2. С. 65-68.
3. Байрамов Ф.Д., Байрамов Б.Ф., Фардеев А.Р. Модернизированная система подачи смазочно-охлаждающих технологических средств металлорежущих станков и исследование её динамики // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 5. С. 125-128.
4. Байрамов Ф.Д., Байрамов Б.Ф. Автоматическое регулирование скорости подачи заготовки в шлифовальных станках // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 2. С. 44-47.
5. Байрамов Ф.Д. Устойчивость и оптимальная стабилизация систем с распределенными параметрами. М.: Машиностроение, 1995. 160 с.
6. Кириченко Н.Ф. Некоторые задачи устойчивости и управляемости движения. Киев: Киевский университет, 1972. 206 с.

2.3.1.

Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев

Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, bbairamov@gmail.com

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПРИ СЛОЖНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Методом функций Ляпунова исследуется устойчивость решения краевой задачи для уравнения в частных производных при сложных граничных условиях, представляющих собой обыкновенные дифференциальные уравнения. Исходные уравнения в частных и обыкновенных производных высокого порядка путем введения дополнительных переменных представляются системой уравнений в частных и обыкновенных производных первого порядка. Переход к уравнениям первого порядка позволяет конструктивно строить функцию Ляпунова в виде суммы интегральных и обычных квадратичных форм и разработать общую методику исследования устойчивости решения краевой задачи для широкого класса уравнений в частных производных при сложных граничных условиях.

Ключевые слова: устойчивость решения краевой задачи для уравнения в частных производных, сложные граничные условия в виде обыкновенных дифференциальных уравнений, метод функций Ляпунова, интегральные и обычные квадратичные формы.

1. Постановка задачи. Рассмотрим систему с одним распределенным и другими конечномерными звеньями, возмущенное состояние которой описывается уравнениями

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = A(x) \frac{\partial \varphi}{\partial x} + A_0(x) \varphi, \quad B(x) \frac{\partial \varphi}{\partial x} + B_0(x) \varphi = 0, \quad x \in X = (0, 1) \quad (1)$$

$$\frac{dz}{dt} = Fz + F_0 \varphi(0, t) + F_1 \varphi(1, t), \quad (2)$$

$$\Gamma_1 \varphi(0, t) = \Gamma_2 z, \quad \Gamma_3 \varphi(1, t) = \Gamma_4 z, \quad t \in I = (0, \infty), \quad (3)$$

где $\varphi = \varphi(x, t)$ – n -мерный вектор фазовых функций распределенного звена; $z = z(t)$ – m -мерный вектор фазовых функций конечномерных звеньев; $A(x)$, $A_0(x)$, $B(x)$, $B_0(x)$ – матрицы, элементы которых – непрерывные функции; F , F_0 , F_1 , Γ_1 , Γ_2 , Γ_3 и Γ_4 – матрицы постоянных.

С математической точки зрения задача (1) – (3) – это краевая задача для уравнений в частных производных при сложных граничных условиях. Уравнения (1) представляют собой общую форму записи любого гиперболического уравнения в частных производных второго порядка в виде системы уравнений в частных производных первого порядка [1]. Для преобразования уравнений высокого порядка к виду (1) следует принять низшие производные за дополнительные переменные и в этих переменных записать исходное уравнение и условия интегрируемости.

Равенства (3) – простые граничные условия. Уравнение динамики (2) конечномерных звеньев, расположенных на обоих концах распределенного звена, содержит граничные значения $\varphi(x, t)$ и представляет собой сложное граничное условие в дифференциальном виде.

Уравнениями типа (1) – (3) описываются, например, системы, имеющие упругие валы [2]; системы, содержащие достаточно длинные трубопроводы, в которых необходимо учитывать распределенный характер течения жидкости [1, 3], и т. п.

Рассмотрим асимптотическую устойчивость системы (1) – (3) по переменным z ,

$$\rho = \int_0^1 \varphi^T \varphi dx.$$

2. Исследование устойчивости. Для решения поставленной задачи используем функцию Ляпунова в виде

$$V = V_1 + V_2 = \int_0^1 \varphi^T(x, t) v(x) \varphi(x, t) dx + z^T(t) Q z(t), \quad (4)$$

где $v(x)$, Q – симметричные матрицы: элементы Q – постоянные, а элементы $v(x)$ – ограниченные непрерывно дифференцируемые функции.

Особенностью системы (1) – (3) является то, что второе уравнение (1) и равенства (3) не содержат производных по времени. Это не позволяет непосредственно вычислить производную V в силу всей системы.

Сначала вычислим производную dV/dt в силу первого уравнения (1) и уравнения (2):

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = & \int_0^1 \left[\varphi^T v \left(A \frac{\partial \varphi}{\partial x} + A_0 \varphi \right) + \left(\frac{\partial \varphi^T}{\partial x} A^T + \varphi^T A_0^T \right) v \varphi \right] dx + \\ & + z^T (QF + F^T Q) z + 2\varphi^T(0, t) F_0^T Q z + 2\varphi^T(1, t) F_1^T Q z. \end{aligned}$$

Следуя методу множителей Лагранжа, прибавим к этой производной величину

$$\int_0^1 \left[\varphi^T P \left(B \frac{\partial \varphi}{\partial x} + B_0 \varphi \right) + \left(\frac{\partial \varphi^T}{\partial x} B^T + \varphi^T B_0^T \right) P^T \varphi \right] dx,$$

равную нулю в силу второго уравнения (1). Здесь $P = P(x)$ – пока произвольная матрица, элементы которой – непрерывно дифференцируемые функции.

Выполняя интегрирование по частям и полагая, что матрицы v , P удовлетворяют уравнению

$$vA + PB = A^T v + B^T P^T, \quad x \in (0, 1), \quad (5)$$

для производной dV/dt получим

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} = & - \int_0^1 \varphi^T w \varphi dx + z^T (QF + F^T Q) z + 2\varphi^T(1, t) F_1^T Q z + 2\varphi^T(0, t) F_0^T Q z - \\ & - \varphi^T(0, t) M(0) \varphi(0, t) + \varphi^T(1, t) M(1) \varphi(1, t), \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$w(x) = \frac{dM(x)}{dx} - vA_0 - A_0^T v - PB_0 - B_0^T P^T, \quad M(x) = vA + PB. \quad (7)$$

В последних двух слагаемых в (6) функции $\varphi(0, t)$, $\varphi(1, t)$ заменим выражениями соответственно $T_1 \varphi(0, t) + \Gamma_2 z$, $T_2 \varphi(1, t) + \Gamma_4 z$, равными им в силу равенств (3), где $T_1 = E - \Gamma_1$, $T_2 = E - \Gamma_3$, E – единичная матрица. И потребуем, чтобы матрицы v , Q дополнительно удовлетворяли условиям

$$F_1^T Q + T_2^T M(1) \Gamma_4 = F_0^T Q - T_1^T M(0) \Gamma_2 = 0, \quad T_2^T M(1) T_2 = T_1^T M(0) T_1 = 0. \quad (8)$$

Тогда производная dV/dt (6) принимает вид

$$\frac{dV}{dt} = - \int_0^1 \varphi^T w \varphi dx - z^T \omega z, \quad (9)$$

т.е. является квадратичной формой того же вида, что и для V (4). Здесь

$$\omega = - \left(QF + F^T Q \right) - \Gamma_4^T M(1) \Gamma_4 + \Gamma_2^T M(0) \Gamma_2. \quad (10)$$

Полученные результаты позволяют решать задачу построения квадратичной формы V (4). Для этого следует задаться симметричными матрицами $w(x)$, ω и решить уравнения (5), (7), (8), (10) относительно матриц $v(x)$, Q . Однако в отличие от задачи построения квадратичных форм в случае линейных обыкновенных дифференциальных уравнений здесь не всегда все элементы матриц $w(x)$, ω могут быть заданы произвольно, некоторые из них определяются по ходу решения задачи.

Согласно методу функций Ляпунова [1], система (1) – (3) будет асимптотически устойчивой по переменным z , ρ , если интегральная квадратичная форма V_1 (4) непрерывна и определено положительна по норме ρ ; квадратичная форма V_2 (4) определено положительна; производная dV/dt (9) определено отрицательна по переменным z , ρ .

Непрерывность формы V_1 по норме ρ непосредственно следует из ограниченности элементов матрицы $v(x)$. Остальные условия этого утверждения будут выполняться, если матрицы Q и ω – определено положительные, а $v(x)$ и $w(x)$ – определено положительные при $x \in (0,1)$.

3. Заключение. В статье рассматривается новый класс краевых задач для уравнений в частных производных, в которых уравнения динамики (2) конечномерных звеньев являются сложными граничными условиями. Для таких задач разработан метод исследования устойчивости, связанный с идеей преобразования уравнений в частных производных высокого порядка в систему уравнений в частных производных первого порядка и построения функций Ляпунова в виде суммы интегральных и обычных квадратичных форм.

Список литературы

1. Байрамов Ф.Д. Устойчивость и оптимальная стабилизация систем с распределенными параметрами. М.: Машиностроение, 1995. 160 с.
2. Байрамов Ф.Д., Байрамов Б.Ф., Мардамышин И.Г. Математическое моделирование и устойчивость гидравлической системы с ветронасосным агрегатом // Вестник Казанск. гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева. 2009. № 4. С. 42–47.
3. Байрамов Ф.Д., Байрамов Б.Ф. Оптимальная стабилизация работы жидкостного ракетного двигателя // Труды МАИ. 2022. №125. (электрон.)

2.3.1.

О.Е. Виноградов, А.В. Семашко

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
vinogradov-oe@yandex.ru, semashko@nntu.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ЛЕСА
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ
КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»**

При решении задач управления сложной информационной системой, такой как аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» востребованы такие технологии мониторинга, которые оказывали бы поддержку системным и сетевым администраторам в разрешении проблем сокращения среднего времени реакции на неисправность. В статье рассмотрено применение метода изолирующего леса для обнаружения аномального поведения сетевого трафика.

Ключевые слова: *Безопасный город, обнаружение сетевых аномалий, изолирующий лес.*

Общий вектор повышения уровня информатизации, а также сбора и накопления данных во всех сферах человеческой деятельности неизбежно требует увеличение доступности практических реализаций методов интеллектуального анализа данных [1].

В соответствии с критерием: обучаются ли с человеческим контролем системы машинного обучения можно разделить на следующие типы:

- Обучение с учителем;
- Обучения без учителя;
- Частичное обучение;
- Обучение с подкреплением [2].

В данной работе решается задача выявления неизвестных аномалий в сетевом трафике, поэтому применяется подход обучения без учителя. В этом случае обучающий набор не помечен.

Задача выявления сетевых аномалий с использованием машинного обучения решается в несколько этапов.

1. Этап - подготовка данных.

Для успешного обучения важно, чтобы обучающие данные были репрезентативными, в противном случае успешного обучения изолирующего леса не произойдет. Достичь этой цели трудно, так как при небольшом количестве данных получим шум выборки, но и большие объемы данных могут быть нерепрезентативными в случае дефектного метода выборки, этот эффект называется смещением выборки.

В случае если обучающие данные будут содержать ошибки, выбросы и шум, то это затруднит обучение и дальнейшее функционирование изолирующего леса.

В качестве исходных данных используем показатели входящего трафика на интерфейсе. Данные взяты за 1 неделю с использованием API интерфейса системы мониторинга Zabbix. Для исключения получения дефектных данных в указанный промежуток времени инженерным составом детально проводился мониторинг работоспособности оборудования способного негативно повлиять на качество обучающей выборки.

Исходные данные представляют собой вектора 2 измерения:

- T - временная отметка, на графике представлена выборка за семь суток.
- V - значение объема трафика на интерфейсе, от 0 до $1,75 \cdot 10^8$ бит/с. Фактически на этом интерфейсе поток с 58 камер видеонаблюдения правоохранительного сегмента АПК Безопасный город (рисунки 1).

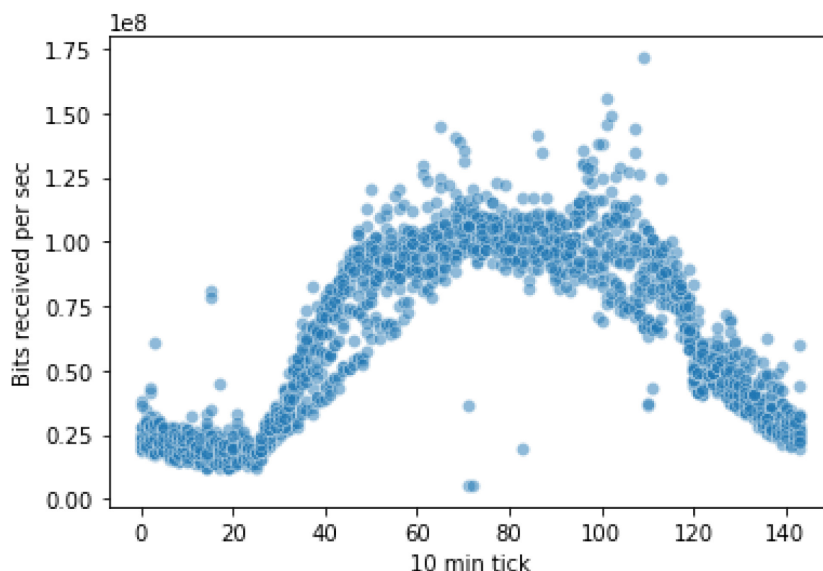


Рис. 1 - График распределения трафика в среднем за сутки

2. Этап - обучение модели.

Метод изолирующего леса является одной из вариаций метода случайных лесов. Представляет собой алгоритм машинного обучения, основан на идее изоляции аномалий в данных, так как они требуют меньше разбиений в пространстве признаков для их выделения. Разделение данных происходит вдоль случайно выбранных осей признаков и случайного порога для разделения данных. Эти разбиения создают бинарные деревья решений. Аномалии изолируются в верхних частях деревьев, поэтому при построении деревьев алгоритм выделяет аномалии на ранней стадии в процессе разбиения.

Изолирующий лес определяет аномальные данные, а не конкретные точки (предложен Фей Тони Лю, Кай Мин Тином и Чжи-Хуа Чжоу в 2008 году [4]). Для принятия решения в оценке аномалии используется формула:

$$s(x, n) = 2^{-\frac{E(h(x))}{c(n)}},$$

где $h(x)$ - длина пути наблюдения x ;

$c(n)$ - средняя длина пути неудачного поиска в бинарном древе;

n - количество внешних узлов.

Алгоритм обучения аналогичен всем алгоритмам машинного обучения на Python при помощи библиотеки `scikit-learn`. Порог аномальности варьируется в диапазоне от -1 до 1 и противоположен значению оценки аномалии.

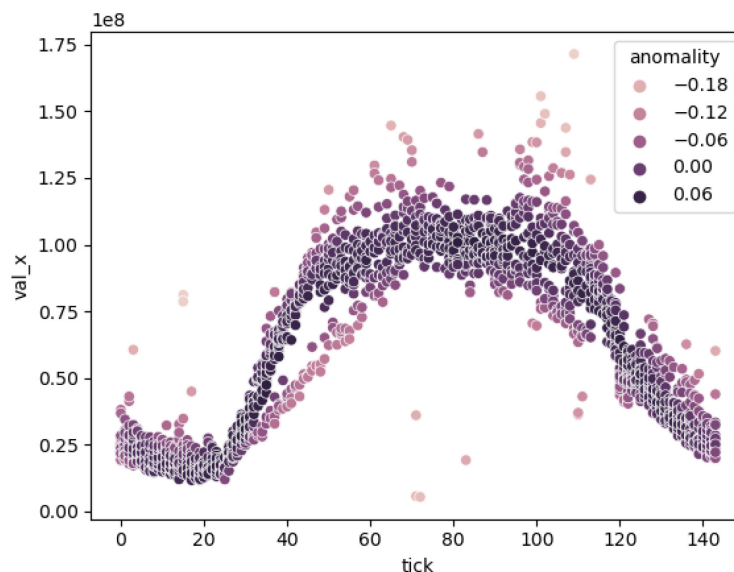


Рис. 2 - Результат обучения изолирующего леса

В результате вычисления решающей функции изолирующего леса получены результаты отражающие значения порога аномальности данных. уровень отражен оттенком цвета, при повышении аномальности оттенок светлее (рисунок 2).

3. Этап - определение порога аномальности

На рисунке 3 представлен график данных с порогом 0.05. В результате практических испытаний установлено, что порог -0.12 является оптимальным исходя из практических соображений порогом решающей функции для отнесения данных к аномалиям.

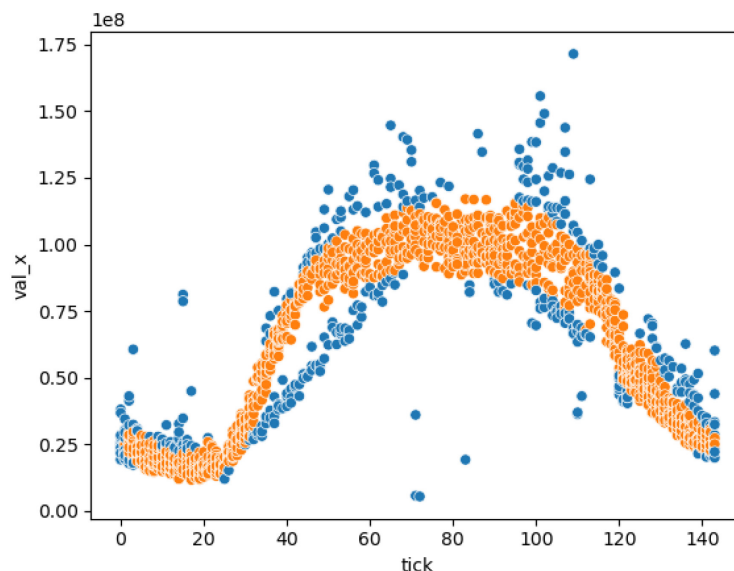


Рис. 3 – Данные при пороге аномальности 0,05

Выявляемые сетевые аномалии являются индикаторами следующих факторов:

- Некорректная работа камер видеонаблюдения:
 - техническая неисправность;
 - отсутствие должного технического обслуживания.
- Сетевые проблемы:
 - разрыв оптики;
 - техническая неисправность сетевого оборудования;
- Аномальное отклонение количества людей, фиксируемых камерами видеонаблюдения.

Мониторинг сетевого трафика с использованием метода изолирующего леса не требует много ресурсов вычислительной системы: дискового пространства и вычислительной мощности процессора, а также рабочего времени персонала. В результате установлено, что метод изолирующего леса представляет собой точный и эффективный детектор аномалий сетевого трафика. К достоинству данного метода, выявленного при практическом использовании, можно отнести тот факт, что выявляются аномалии, которых не было в обучающей выборке. Применение данного метода более качественно, чем при использовании оператора отбираются события, требующие внимания [3].

Список литературы

1. Кузнецов А.С., Семенов Е.Ю. Выбор метода обнаружения аномалий в образовательных данных // International Journal of Open Information Technologies. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-metoda-obnaruzheniya-anomaliy-v-obrazovatelnyh-dannyh> (дата обращения: 19.01.2024).
2. Орельен Жерон. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow. – СПб, 2020. – 1040 с.
3. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб, 2017. – 992 с.
4. Liu F.T., Ting K.M., & Zhou Z.H. (2008, December). Isolation forest. In Data Mining, 2008. ICDM'08. Eighth IEEE International Conference on (pp. 413–422). IEEE.

2.3.1.

¹А.Е. Горбунов, ²А.Л. Золкин, ¹С.А. Надежкина, ¹В.А. Надежкин

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»,
кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»,

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»,
кафедра «Информатика и вычислительная техника»,
Самара, agorbunov1967@yandex.ru, alzolkin@list.ru,
snezhana.sarycheva.97@mail.ru, vadim_nadezhkin@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПАРОЛЕЙ МАРШРУТИЗАТОРОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье отражены особенности конфигурирования паролей в сетях передачи данных на железнодорожном транспорте на таких сетевых устройствах, как маршрутизаторы. Авторы выявили, что строгое и грамотное управление доступом к маршрутизаторам является залогом высокого показателя безопасности сети передачи информационных данных в рамках функционирования железнодорожной инфраструктуры. Несанкционированный доступ к этим устройствам может привести к различным видам атак, включая несанкционированное изменение конфигурации, блокировку сервисов и даже утечку данных. В рамках исследования организована структура сети пакетной коммутации транспортной организации, в которой отражен процесс конфигурации последовательных интерфейсов маршрутизатора транспортной организации, настройка протокола динамической маршрутизации RIP, этап обеспечения дополнительного уровня безопасности на консольный вход маршрутизатора. В конечном итоге делается вывод о необходимости установления должного уровня безопасности сетей передачи данных, т.к. от этого напрямую зависит защищенность и своевременность пересыла информации на расстояния различной дальности в рамках железнодорожной отрасли.

Ключевые слова: *схема сети пакетной коммутации, оконечные устройства, маршрутизатор, конфигурирование паролей, сеть передачи данных, адрес сети, интерфейс маршрутизатора, сетевое устройство, индивидуальный адрес.*

В мире стремительно развивающихся инфотелекоммуникационных средств и соответствующих им цифровых данных железнодорожные системы становятся все более автоматизированными. Сети передачи данных становятся жизненно важным компонентом железнодорожной транспортной инфраструктуры, обеспечивая непосредственную коммуникацию между различными структурными подразделениями и оконечными станциями и, соответственно, обработку значительного объема данных при отправке их на значительные расстояния. С увеличением объема данных, возникает необходимость установления должного уровня безопасности этих сетей, начиная с настройки паролей маршрутизатора [1-4].

Основная часть. Маршрутизатор представляет собой сетевое устройство, широко используемое в компьютерных сетях для своевременной транспортировки пакетов данных между различными сегментами сети, которое за счет функциональных возможностей способен определять оптимальный путь для отправки информации на основе данных о состоянии сети [6,7]. Благодаря его работе удастся добиться связности сегментов сети и успешной доставки пакетов в назначенное место. Внешний вид такого сетевого устройства представлен на рисунке 1.

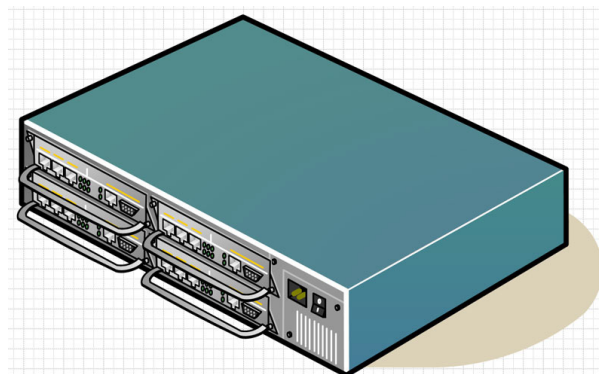
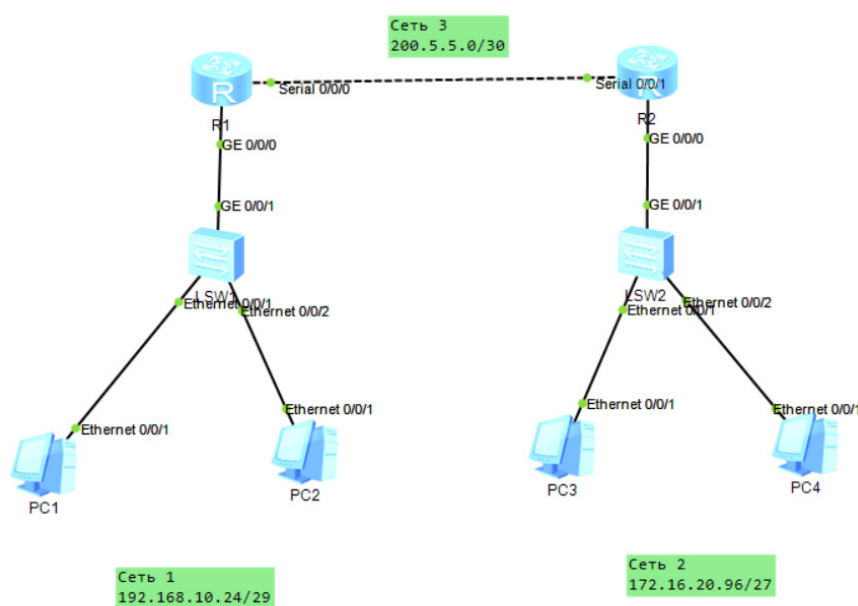


Рис. 1 – Изображение конструкции маршрутизатора

Создание паролей маршрутизатора в сети передачи информационных данных железнодорожной транспортной организации является неотъемлемой частью защиты информации. В такой организации, где обрабатывается и передается большой объем данных, включая важные информационные ресурсы и производственные данные, безопасность приобретает особое значение [5]. Одной из основных мер по обеспечению защиты информации является установка паролей на маршрутизаторах. Это позволяет контролировать доступ к административному интерфейсу диагностируемого устройства, а также к самим данным, передаваемым по транспортной сети.

Для наглядного отражения принципа конфигурирования паролей на маршрутизаторе в программно-виртуальной среде под названием «eNSP» была собрана схема сети пакетной коммутации транспортной организации, включая два маршрутизатора, два коммутатора и четыре конечных устройства, в роли которых выступают персональные компьютеры транспортного предприятия (рисунок 2).

Рис.2 – Сформированная структура сети пакетной коммутации
в программной виртуальной среде конфигурирования сетевых устройств

Используемые данные для конфигурации архитектуры сети передачи пакетной информации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Адреса сетей и интерфейсов маршрутизаторов

IP-адрес	Сеть 1	Сеть 2	Сеть 3	
Сети	192.168.20.24/29	172.16.20.96/27	200.5.5.0/30	
Шлюза	192.168.20.25	172.16.20.97	200.5.5.1	
Первого ПК	192.168.20.26	172.16.20.98		
Последнего ПК	192.168.20.30	172.16.20.126		
Широковещательный	192.168.20.31	172.16.20.127		
Маска сети	255.255.255.248	255.255.255.224	255.255.255.252	
Интерфейсы	F0/0	F0/0	S1/1	S1/2

Одним из важных этапов в качественном функционировании сети передачи данных транспортного предприятия является процесс конфигурирования последовательных интерфейсов маршрутизатора. Поскольку именно этот этап позволяет реализовать подключение к удаленным устройствам, что считается особенно полезным для прокладки соединения к удаленным транспортным пунктам. Процесс конфигурации интерфейсов первого маршрутизатора организации железнодорожного транспорта представлен на рисунках 3 и 4.

```

<Huawei>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[Huawei]sysn
[Huawei]sysname R-A
[R-A]
Sep 28 2022 09:36:32-08:00 R-A DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25
.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 1, the c
hange loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[R-A]int s0/0/0
[R-A-Serial0/0/0]ip add 200.5.5.1 255.255.255.0
[R-A-Serial0/0/0]
Sep 28 2022 09:37:12-08:00 R-A DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25
.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 2, the c
hange loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[R-A-Serial0/0/0]q
[R-A]q
<R-A>save all
The current configuration will be written to the device.
Are you sure to continue?[Y/N]y
Info: Please input the file name ( *.cfg, *.zip ) [vrpcfg.zip]:
Sep 28 2022 09:37:39-08:00 R-A %%01CFM/4/SAVE(1)[0]:The user chose Y when decidi
ng whether to save the configuration to the device.
Now saving the current configuration to the slot 17.
Save the configuration successfully.

```

Рис. 3 – Процесс конфигурации последовательных интерфейсов первого маршрутизатора транспортной организации

```

<R-A>
<R-A>sys
<R-A>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[R-A]int g0/0/0
[R-A-GigabitEthernet0/0/0]ip add 192.168.10.25 255.255.255.0
[R-A-GigabitEthernet0/0/0]
Sep 28 2022 09:49:57-08:00 R-A %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[2]:The line protocol IP
on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
Sep 28 2022 09:50:03-08:00 R-A DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25
.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 5, the c
hange loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[R-A-GigabitEthernet0/0/0]q
[R-A]

```

Рис. 4 – Следующий этап конфигурации последовательных интерфейсов первого маршрутизатора транспортной организации

Для оптимизированной организации маршрутизации данных в компьютерной сети на транспортном предприятии в рамках данного исследования используется протокол RIP, который является свойственным для малых организаций [8,9]. Его основные функции

включают в себя: автоматическое обнаружение возникающих изменений топологии сети и своевременное обновление таблицы маршрутизации; самостоятельная пересылка информации о доступных путях отправки. Основные действия, связанные с организацией протокола RIP на первом маршрутизаторе малого транспортного предприятия представлено на рисунке 5.

```
<R-A>
<R-A>sys
<R-A>system-view
Enter system view, return user view with Ctrl+Z.
[R-A]rip
[R-A-rip-1]network 192.168.0.0
[R-A-rip-1]
Sep 28 2022 10:18:44-08:00 R-A DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25
.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 6, the c
hange loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[R-A-rip-1]network 200.5.0.0
[R-A-rip-1]
Sep 28 2022 10:19:04-08:00 R-A DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25
.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 7, the c
hange loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[R-A-rip-1]q
[R-A]q
<R-A>save all
The current configuration will be written to the device.
Are you sure to continue?[Y/N]y
Sep 28 2022 10:19:25-08:00 R-A %*01CFM/4/SAVE(1)[0]:The user chose Y when decidi
ng whether to save the configuration to the device.
Now saving the current configuration to the slot 17.
Save the configuration successfully.
<R-A>|
```

Рис. 5 – Настройка протокола динамической маршрутизации RIP

Для непосредственного анализа сетевого трафика и производительности организуемой сети передачи данных в рамках транспортного предприятия необходим просмотр таблицы маршрутизации, т.к. она, в свою очередь, содержит информацию о доступных маршрутах и их параметрах, таких как пропускная способность и задержка в транспортировке данных. Важной процедурой, позволяющей обеспечить высокую степень надежности данных железнодорожной организации, является установка пароля на консольный вход маршрутизатора. Подобное действие помогает предотвратить несанкционированный доступ к сети передачи пакетной информации и исключить возможность возникновения атак на систему. Не менее значимым аспектом в грамотном контроле доступа играет установка пароля на виртуальные линии, что представляет собой виртуальные соединения, которые создаются на физических линиях маршрутизатора транспортной организации и используются для отправки данных.

В итоге, в ходе проведенного исследования по организации архитектуры сети пакетной коммутации транспортного железнодорожного предприятия был реализован процесс обеспечения дополнительного уровня безопасности на консольный вход маршрутизатора, осуществлена установка пароля на виртуальные линии и установление удаленного доступа к настроенному маршрутизатору транспортной организации для непосредственной защиты передаваемых данных.

Заключение. В заключение, выполненное исследование подчеркивает важность правильной конфигурации паролей и управления доступом для обеспечения безопасности сети передачи данных на железнодорожном транспорте. С ростом автоматизации и объема данных в железнодорожных системах, обеспечение безопасности сетей становится все более критическим. Надлежащая настройка паролей и контроль доступа помогут защитить данные и предотвратить потенциальные угрозы.

Список литературы

1. Цифровой помощник проводника вагона / Е.М. Тарасов, В.А. Надежкин, А.Л. Золкин, С.А. Сарычева// Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 5. – С. 165-171.
2. Васин Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. – СПб.: Лань, 2019. – 284 с.
3. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года. <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (Дата обращения: 19.11.2023).
4. Васин Н.Н. Перспективы развития технологий передачи данных на сети железных дорог России / Н.Н. Васин, А.Е. Тарасова // V Научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ-2021: Материалы XXIII Международной научно-технической конференции, Самара, 23-26 ноября 2021 года. - Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. – С. 199-200.
5. Delfani F., Samanipour H., Beiki H., Yumashev A., 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; 9(2): 155-179.
6. Особенности изучения передачи пакетной информации по технологиям компьютерных сетей обучающимися железнодорожных вузов / А. Е. Тарасова, В. А. Надежкин, А. Л. Золкин, С. А. Сарычева // Мягкие измерения и вычисления. – 2023. – Т. 63, № 2. – С. 66-86.
7. Горбаченко И.М. Моделирование процесса пакетной передачи данных// Научное обозрение. Технические науки. – 2014. – № 1. – С. 121-121.
8. Чистяков М.С. Цифровая экономика как катализатор постиндустриального информационного развития // Общество, культура, человек в цифровую эпоху: Медиаэкономика, медиаполитика, медиакультура: сборник научных статей / под ред. О.В. Архиповой и А.И. Климина; Ассоциация «НИЦ «Пересвет». – СПб.: Форапринт, 2020. – С. 7-12.
9. Development of a methodology of teaching to computer network technologies for studying the transmission of packet information / S.A. Sarycheva, V.A. Nadezhkin, A.L. Zolkin [et al.], 21–23 декабря 2022 года. Vol. 12564, 2023. – DOI 10.1117/12.2669502.

2.3.1.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
Москва, Zhornyak604mai@mail.ru, morozova_ta_66@mail.ru

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ЯЗЫКА PYTHON
В НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ. ЧАСТЬ VI. БИБЛИОТЕКА SEABORN**

В статье рассматривается дополнительная библиотека Seaborn языка программирования Python, предназначенная для построения различных типов графиков в задачах анализа данных и визуализации результатов научных вычислений. Рассмотрены функциональные возможности библиотеки Seaborn в части построения графиков, а также приведены примеры построения ряда специализированных типов графиков.

Ключевые слова: язык программирования Python, визуализация результатов вычислений, библиотека Matplotlib, библиотека Seaborn, линейный график, гистограмма, столбчатая диаграмма, коробчатая диаграмма, диаграмма разброса.

Основной и наиболее используемой библиотекой построения графиков в программах на языке Python является дополнительная библиотека Matplotlib [1]. Дополнительная библиотека Seaborn основана на дополнительной библиотеке Matplotlib и также предназначена для построения различных типов графиков в программах на языке Python. Но при этом библиотека Seaborn имеет более высокоуровневый интерфейс, чем библиотека Matplotlib, так как построение большинства графиков в Seaborn происходит всего одной строчкой программного кода, а многие настройки графиков, такие как настройка цветовой палитры, могут осуществляться в автоматическом режиме [2]. При этом по функциональным возможностям библиотека Seaborn не дублирует библиотеку Matplotlib, а дополняет, так как графики библиотеки Seaborn имеют больший уклон в сторону статистической обработки данных, а основным форматом входных данных для построения графиков в Seaborn являются наборы данных типа DataFrame библиотеки Pandas [3] языка программирования Python.

Для установки дополнительной библиотеки Seaborn в состав средств языка Python необходимо запустить командную строку Windows от имени администратора компьютера и ввести команду на установку библиотеки “PIP install seaborn”. После ввода указанной команды управление процессом установки дополнительной библиотеки Seaborn будет передано менеджеру пакетов PIP языка Python, который скачает библиотеку Seaborn с официального сайта языка Python и осуществит ее установку в состав средств языка Python. Дальнейший импорт библиотеки Seaborn в программу будет осуществляться командой “import seaborn as sb” в коде программы. После импортирования библиотеки Seaborn обращение к ее функциям в программе будет осуществляться следующим образом: “sb.имя_функции”.

Для построения каждого типа графиков в библиотеке Seaborn используется своя специализированная функция, а параметры каждого графика будут задаваться разработчиком как входные параметры этой специализированной функции. Основными входными параметрами функций построения графиков являются следующие параметры: data – ссылка на анализируемый набор данных типа DataFrame; x – настройка отображения данных по горизонтальной оси; y – настройка отображения данных по вертикальной оси. Необходимо отметить, что настройки каждого графика могут быть расширены за счет указания дополнительных параметров, таких как: palette – изменение настройки цветового

отображения графика с автоматического на указанную разработчиком; `hue` – разделение исследуемого набора данных в параметре `data` на отдельные подгруппы по уникальным значениям данных в указанном столбце исследуемого набора данных. При этом полный список настроек каждого типа графиков Seaborn достаточно большой и с ним можно детально ознакомиться перейдя по ссылке в официальную документацию библиотеки Seaborn [4].

Рассмотрим несколько примеров использования библиотеки Seaborn для визуализации данных. При этом в качестве анализируемых наборов данных будем использовать учебные наборы данных `diamonds`, `iris`, `penguins`, `tips` типа `DataFrame`, встроенные в состав библиотеки Seaborn. А для общего цветового спектра отображения всех демонстрируемых графиков добавим в функции построения графиков дополнительный параметр `palette=["palegoldenrod", "y", "yellow", "chartreuse", "yellowgreen", "gold", "greenyellow", "chartreuse", "lawngreen", "palegreen", "lime", "springgreen"]` с указанием списка названий используемых цветов.

Для построения столбчатой диаграммы с возможностью дополнительного горизонтального разделения данных в каждом столбце по дополнительному признаку в наборе данных в библиотеке Seaborn используется функция `sb.histplot()` (рис.1а). А для построения столбчатой диаграммы с возможностью вертикального разделения каждого столбца диаграммы по дополнительному признаку в наборе данных используется функция `sb.catplot()` (рис.1б).

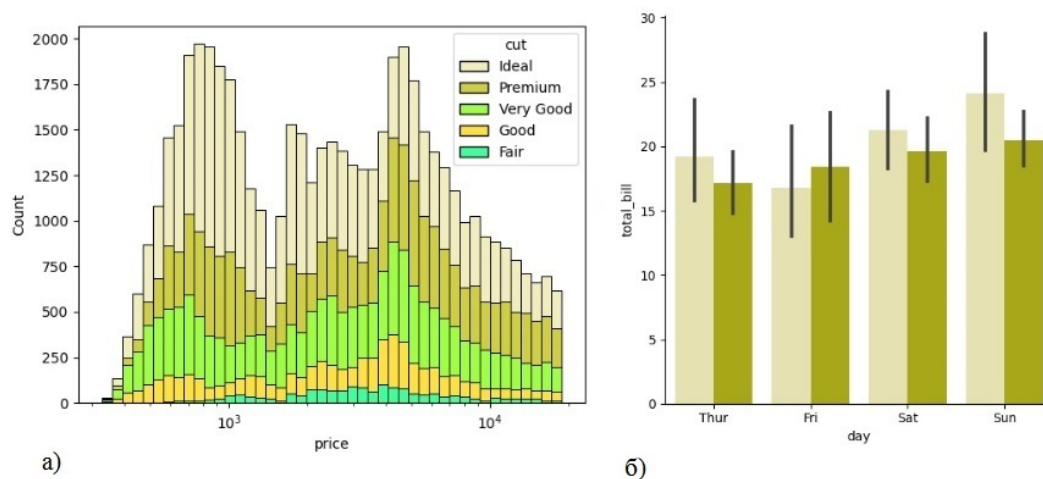


Рис. 1 – Примеры столбчатых диаграмм библиотеки Seaborn
а) – использование функции `sb.histplot()` для столбчатых диаграмм;
б) – использование функции `sb.catplot()` для столбчатых диаграмм

Для построения диаграммы разброса с встроенной линией регрессии с возможностью дополнительного разделения данных в диаграмме на подгруппы по дополнительному признаку в наборе данных в библиотеке Seaborn используется функция `sb.lmplot()` (рис.2а). А для построения диаграммы разброса с встроенными гистограммами распределения данных по осям `x` и `y` с возможностью дополнительного разделения данных в диаграмме на подгруппы по дополнительному признаку в наборе данных в библиотеке Seaborn используется функция `sb.jointplot()` (рис.2б). При этом для указания названия столбца в исследуемом наборе данных `data`, по которому будет осуществляться дополнительное разделение данных в диаграммах на подгруппы, будет использоваться входной параметр `hue`.

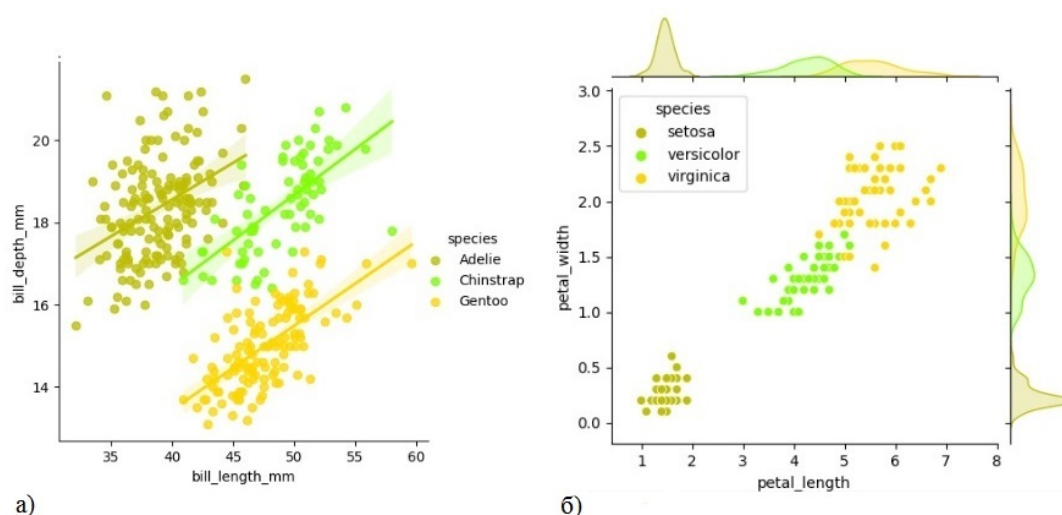


Рис. 2 – Примеры диаграмм разброса библиотеки Seaborn

а) – использование функции `sb.lmplot()` для диаграмм разброса;б) – использование функции `sb.jointplot()` для диаграмм разброса

Для построения коробчатой диаграммы с возможностью дополнительного разделения данных в диаграмме на подгруппы по дополнительному признаку в наборе данных в библиотеке Seaborn используется функция `sb.boxplot()` (рис.3а). Для построения диаграммы разброса с встроенными гистограммами распределения данных по осям x и y в библиотеке Seaborn, но без дополнительного разделения данных в диаграмме на подгруппы также используется также функция `sb.jointplot()`, но уже без указания дополнительного параметра `hue` (рис.3б).

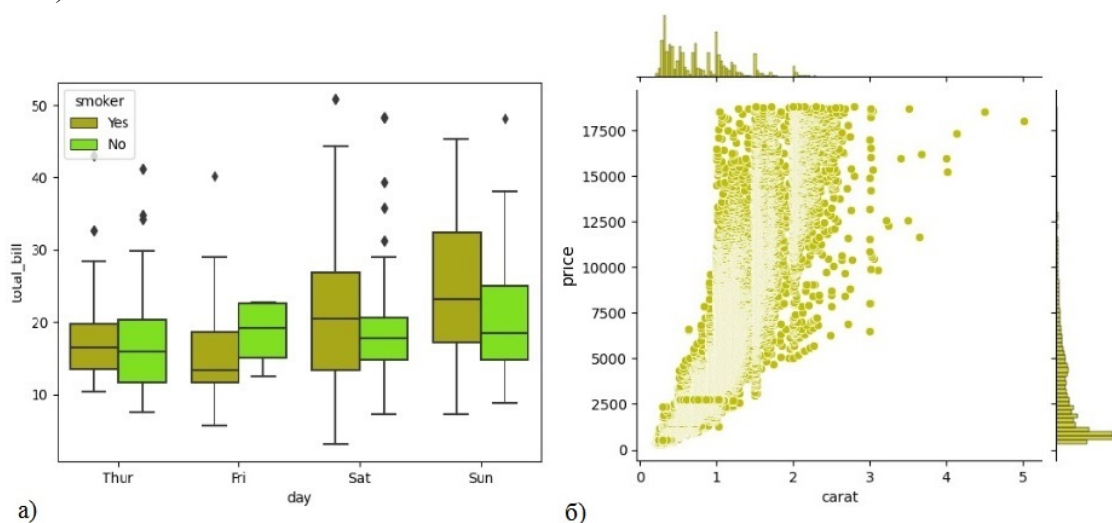


Рис. 3 – Примеры диаграмм библиотеки Seaborn

а) – использование функции `sb.boxplot()` для коробчатой диаграммы;б) – использование функции `sb.jointplot()` для диаграммы разброса

Для построения линейного графика в библиотеке Seaborn используется функция `sb.lineplot()` (рис.4а). Для построения диаграммы разброса с встроенной линией регрессии в библиотеке Seaborn используется функция `sb.regplot()` (рис.4б).

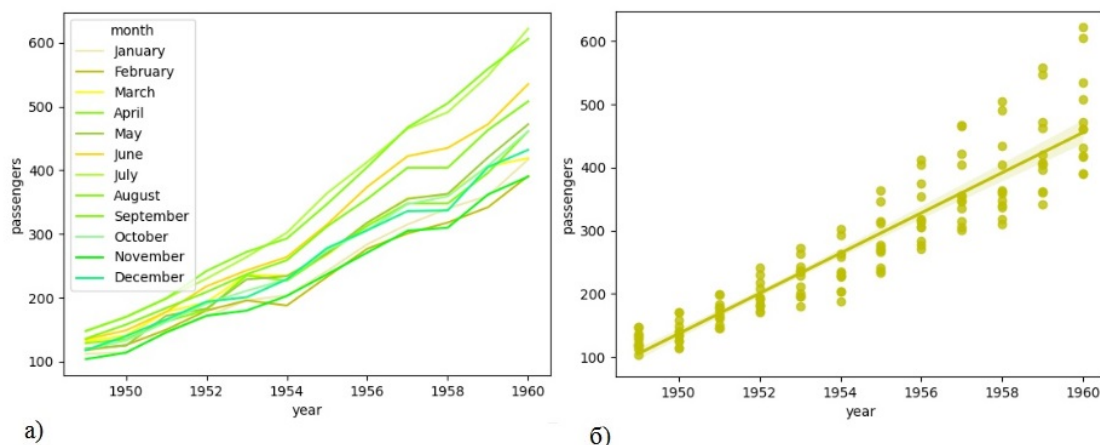


Рис. 4 – Примеры графиков библиотеки Seaborn

а) – использование функции `sb.lineplot()` для линейного графика;

б) – использование функции `sb.regplot()` для диаграммы разброса с встроенной линией регрессии

Таким образом, использование библиотеки Seaborn существенно расширяет возможности визуализации и дальнейшего анализа данных на языке Python в научных и инженерных задачах. А сам функционал библиотеки Seaborn может использоваться как самостоятельно, так и для дополнения возможностей визуализации результатов вычислений с использованием функционала библиотеки Matplotlib.

Список литературы

1. Документация по библиотеке Matplotlib [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://matplotlib.org/> (дата обращения 08.02.2024).
2. Официальная страница библиотеки Seaborn [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pypi.org/project/seaborn/> (дата обращения 15.02.2024).
3. Документация по библиотеке Pandas [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pandas.pydata.org/> (дата обращения 11.02.2024).
4. Документация по библиотеке Seaborn [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://seaborn.pydata.org/> (дата обращения 15.02.2024).

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²В.Д. Мунистер, ³О.В. Сараджева, ⁴Ф.Ф. Хабибуллин

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»,

кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,

²Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев,

³ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»,

кафедра экономической безопасности, аудита и контроллинга, Москва,

⁴ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева–КАИ», кафедра машиноведения и инженерной графики, Казань,
alzolkin@list.ru, tilandiya@yandex.com, braolya@yandex.ru, fanil_arsk@mail.ru

СОЗДАНИЕ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ЦЕНТРЕ ОБРАБОТКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

В данном исследовании рассмотрены вопросы создания мультипараметрической системы обслуживания заявок в многофункциональном центре обработки персональных данных. В работе подробно рассматривается актуальность проблемы в условиях растущего объема информации и услуг, предоставляемых системой, а также необходимость эффективного управления процессом обработки заявок. В статье уделяется внимание формализации модели данной системы, выделены ключевые аспекты, такие как гибкость и адаптивность. Важным аспектом является также адаптивность системы к разнообразным потребностям пользователей. Другим ключевым аспектом становится создание графического интерфейса для визуализации структурной схемы мультипараметрической системы и предоставления детальной информации о каждом этапе. Используя библиотеку Tkinter, авторы разработали интерактивное приложение, обеспечивающее наглядное представление процесса обслуживания заявок. В целом, исследование представляет собой важный вклад в область обработки заявок и управления данными, обеспечивая технологические решения для повышения эффективности многофункциональных центров обработки персональных данных.

Ключевые слова: мультипараметрическая система, обслуживание заявок, многофункциональный центр обработки персональных данных.

В условиях растущего объема информации и расширения спектра предоставляемых услуг становится ясно, что традиционные методы обработки заявок в многофункциональных центрах обработки персональных данных (МЦОПД) оказываются недостаточными для обеспечения высокого уровня эффективности и безопасности. В связи с этим возникает неотложная необходимость в создании мультипараметрической системы обслуживания, спроектированной для комплексного управления процессом обработки заявок.

Постановка задачи. Целью исследования является разработка и внедрение мультипараметрической системы обслуживания заявок с целью повышения эффективности обработки информации и обеспечения высокого уровня сервиса для пользователей.

Первым важным аспектом такой системы является ее гибкость. С учетом разнообразия запросов и услуг, предоставляемых МЦОПД, необходима система, способная адаптироваться к различным потребностям пользователей. Для объяснения приведем формализацию параметра гибкости системы в контексте мультипараметрической системы обслуживания в МЦОПД можно использовать матрицу адаптации F . Эта матрица будет представлять собой коэффициенты адаптации для каждого типа запроса (или услуги) и для каждого ресурса системы.

Предположим, что у нас есть m типов запросов и n ресурсов. Тогда матрица адаптации F будет иметь размерность $m \times n$.

Представим, что

F_{ij} – это элемент матрицы адаптации, который отражает, насколько система адаптируется к изменениям в типе запроса i на ресурсе j . Значение $F_{ij} > 1$ может указывать на увеличение гибкости, тогда как $F_{ij} < 1$ может отражать уменьшение гибкости. Если $F_{ij} = 1$, то система остается неизменной в отношении данного запроса и ресурса.

Другим ключевым аспектом является адаптивность системы к разнообразным потребностям пользователей. Мультипараметрическая система обслуживания должна предоставлять персонализированные решения в зависимости от конкретных запросов, обеспечивая оптимальный опыт для каждого пользователя. Для формализации аспекта адаптивности системы к потребностям пользователей, мы можем использовать матрицу персонализации P (рис. 1).

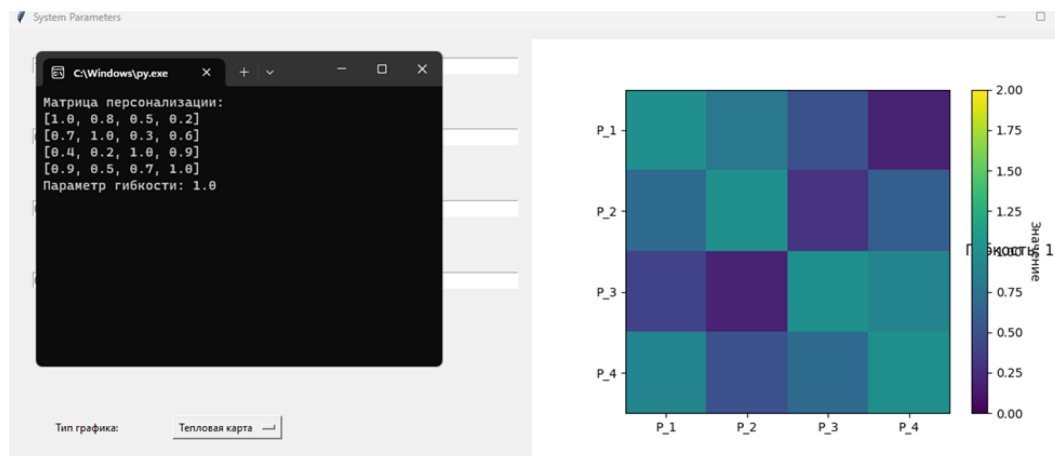


Рис. 1 – Форма матрицы персонализации и ее тепловая карта

Эта матрица (рис. 1) будет представлять собой коэффициенты персонализации для каждого пользователя и каждого типа заявки, размерность которой будет (1):

$$U \times T, \quad (1)$$

где U – количество пользователей, а T – количество типов заявок.

Каждый элемент P_{ij} матрицы будет отражать степень персонализации для пользователя i и типа заявки j . Значение $P_{ij} > 1$ может указывать на увеличение персонализации для данного пользователя и типа заявки, тогда как $P_{ij} < 1$ может отражать уменьшение персонализации. Если $P_{ij} = 1$, то система остается неизменной в отношении данного пользователя и типа заявки. Одной из основных частных проблем в контексте системы является неэффективность текущих систем обслуживания заявок [1,8,9,10].

Проблема неэффективности текущих систем обслуживания заявок в многофункциональных центрах обработки персональных данных (МЦОПД) вытекает из недостаточной адаптивности и гибкости этих систем в контексте рассмотренной формализации матриц персонализации.

Существующие методы часто не обеспечивают достаточной гибкости и адаптивности, что затрудняет оперативное реагирование на изменения в требованиях пользователей и внедрение новых технологий обработки данных [2,3,5]. Это приводит к увеличению времени обработки заявок, ухудшению пользовательского опыта и рискам нарушения безопасности данных.

Методы решения. Для разработки мультипараметрической системы обслуживания в МЦОПД предлагается использовать следующие ключевые алгоритмы:

- 1) разработка алгоритма, который динамически адаптирует параметры системы в зависимости от изменений в требованиях пользователей и внешних условиях;
- 2) использование методов машинного обучения для прогнозирования изменений и автоматической настройки параметров;

- 3) реализация алгоритма, учитывающего матрицы персонализации, для предоставления индивидуализированных решений в зависимости от запросов каждого пользователя;
- 4) внедрение механизмов адаптации параметров персонализации в реальном времени;
- 5) разработка системы мониторинга и анализа потенциальных угроз безопасности;
- 6) внедрение алгоритмов оценки эффективности работы системы с использованием метрик, таких как время обработки заявок, степень персонализации и уровень удовлетворенности пользователей.
- 7) создание механизмов обратной связи для динамической коррекции параметров системы (рис. 2).

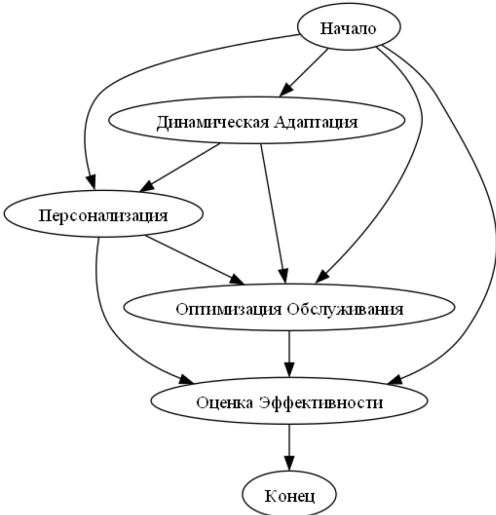


Рис. 2 – Реализация механизма разработки системы мониторинга

Проведем формализацию гибридного алгоритма, который сочетает в себе основные принципы динамической адаптации, персонализации, оптимизации процесса обслуживания и оценки эффективности. Предлагается определить основные шаги и параметры этого алгоритма (рис. 3).

Анализ Изменений
Динамическая Адаптация
Идентификация Пользователя
Персонализация
Оптимизация Процесса Обслуживания
Расчет Метрик Эффективности
Предоставление Результатов
Конец

Рис. 3 – Итеративный процесс

Представим алгоритм анализа изменений (табл. 1).

Таблица 1 – Параметрическая аппликация

Вычисление нового ресурса	После динамической адаптации производится вычисление нового объема ресурсов с учетом изменений.
Управление нагрузкой	Осуществляется управление нагрузкой системы в соответствии с новым объемом ресурсов.
Оптимизация процессов	Производится оптимизация процессов работы системы для более эффективного использования ресурсов.
Критические изменения и принятие мер	Проводится анализ критических изменений, и, при необходимости, принимаются критические меры для обеспечения стабильности и безопасности системы.

На этом этапе процесса обслуживания происходит идентификация пользователя на основе данных, предоставленных в заявке. Идентификация может включать в себя проверку уникальных идентификаторов, аутентификацию, и, при необходимости, анализ предыдущих взаимодействий с системой. Это позволяет создать контекст пользователя для дальнейшей персонализации обслуживания.

В контексте персонализации обслуживания, можно представить контекст пользователя при помощи марковской цепи. Марковская цепь – это математическая модель, описывающая последовательность событий, где вероятность перехода в следующее состояние зависит только от текущего состояния, а не от предыдущих [4]. Представим контекст пользователя в виде марковской цепи, где состояниями будут различные характеристики и предпочтения пользователя. Этот подход может помочь улучшить производительность системы, особенно если есть возможность эффективного распараллеливания задач. Однако, необходимо учесть, что не все этапы процесса могут быть эффективно распараллелены, и некоторые шаги все равно могут зависеть от результатов предыдущих.

Фактические данные. Введение контролирующей марковской цепи может помочь управлять последовательностью выполнения этапов процесса, даже при распараллеливании.

На этом этапе важно рассмотреть, какие метрики эффективности могут быть распределены для параллельного вычисления или анализа [6,7]. Рассмотрим пример (рис. 4), в котором метрика "Время Обработки" оценивается для каждого пользователя независимо.

Структурная Схема / Детали Шагов			
		Шаг	Описание
Идентификация Пользователя			Описание первого шага
Персонализация			Описание второго шага
Обслуживание			Описание третьего шага
Расчет Метрик			Описание четвертого шага
Эффективность Внедрения			Описание пятого шага

Рис.4 – Симуляция работы в созданном программном обработчике шагов

В созданном приложении для визуализации работы мультипараметрической системы обслуживания были использованы различные библиотеки Python, такие как tkinter для создания GUI, matplotlib для построения графиков и структурных схем, а также PIL (Pillow) для работы с изображениями.

Заключение. Таким образом, в ходе исследования была представлена концепция мультипараметрической системы обслуживания в многофункциональном центре обработки персональных данных (МЦОПД). Произведена формализация основных аспектов мультипараметрической системы, включая гибкость и адаптивность. Используются псевдокод и матричная форма для представления параметров системы. Разработанное приложение представляет собой полезный инструмент для обучения, анализа и оптимизации процессов обработки заявок, а также является базой для дальнейших исследований в области мультипараметрических систем обслуживания общего назначения.

Список литературы

1. *Kyriakopoulos G.L. et al.* Evaluating circular economy under a multi-parametric approach: A technological review //Sustainability. – 2019. – Т. 11. – №. 21. – С. 6139.
2. *Kamentsky L.A., Kamensky L.D.* Microscope-based multiparameter laser scanning cytometer yielding data comparable to flow cytometry data //Cytometry: The Journal of the International Society for Analytical Cytology. – 1991. – Т. 12. – №. 5. – С. 381-387.
3. *Shach-Pinsly D. et al.* Multiparametric analysis of urban environmental quality for estimating neighborhood renewal alternatives //Urban Planning. – 2021. – Т. 6. – №. 4. – С. 172-188.
4. *Gröne B., Tabeling P.* A system of patterns for concurrent request processing servers //VIKINGPLOP. – 2003. – Т. 3. – С. 61-93.
5. *Katz J. et al.* Integrating deep learning models and multiparametric programming //Computers & Chemical Engineering. – 2020. – Т. 136. – С. 106801.
6. *Beuren F.H., Ferreira M.G.G., Miguel P.A.C.* Product-service systems: a literature review on integrated products and services //Journal of cleaner production. – 2013. – Т. 47. – С. 222-231.
7. *Baines T.S. et al.* State-of-the-art in product-service systems //Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: journal of engineering manufacture. – 2007. – Т. 221. – №. 10. – С. 1543-1552.
8. *Юмашев А.В., Утюж А.С.* Проблемы формирования семейной медицины в контексте единой государственной политики. В сборнике: Молодежь. Семья. Общество. Материалы VI Межрегиональной научно-практической конференции. 2017, 47-49.
9. *Чирков М.А., Чистяков М.С.* Кластерная направленность эволюции NBIC-конвергенции в формировании платформенного подхода высокотехнологичного развития России// Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2019. – № 2. – С. 145-161.
10. *Драгуленко В.В., Золкин А.Л., Малова Н.Н., Чистяков М.С.* Организация взаимодействия субъектов системы государственных закупок и ее совершенствование/ Монография. – Краснодар, 2023. – 162 с.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²А.В. Юмашев, ³А.Н. Корнетов, ⁴Ф.Р. Ахмадуллин

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника», Самара,

²ФГАОУ ВО ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет),
кафедра ортопедической стоматологии, Москва,

³ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
кафедра фундаментальной психологии и поведенческой медицины, Томск,

⁴ФГАОУ ВО «Самарский государственный экономический университет»,
кафедра «Прикладная информатика», Самара,
alzolkin@list.ru, yumashev_a_v@staff.sechenov.ru, alkornetov@gmail.com, fanis83ar@mail.ru

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ
БИОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ НАТЕЛЬНЫХ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ**

В настоящем исследовании авторами рассматривается вопрос разработки программного обеспечения для обработки филогенетических деревьев, ориентированного на использование на платформе Apple Watch. Программа интегрирует Flask на Python для серверной части, вмешательство нечеткой логики и персептроны, обеспечивая эффективный анализ генетических данных и построение точных филогенетических деревьев. Основной технической составляющей работы является оптимизация сервера, осуществленная с использованием параллельных вычислений, что приводит к выдающейся производительности приложения. Разработка охватывает важные методы оптимизации, как часть всестороннего технического подхода. Существенный акцент авторами делается на тщательной оптимизации сервера, используя параллельные вычисления, что приводит к значительному повышению производительности приложения. Этот подход не только улучшает скорость обработки данных, но и способствует эффективной работе системы в реальном времени. Особое внимание уделяется техническим инновациям, включая оптимизацию сервера с использованием параллельных вычислений, что приводит к выдающейся производительности приложения. Результаты профилирования в Xcode обеспечивают дополнительное подтверждение стабильности и эффективности программы. В ходе исследования продемонстрированы результаты профилирования в Xcode, которые подчеркивают высокую надежность и эффективность приложения. Полученное программное обеспечение представляет собой практически важный инструмент для научных исследований, медицинской диагностики, образования и экологических исследований.

Ключевые слова: филогенетические деревья, apple watch, flask, python, нечеткая логика, персептроны, оптимизация сервера, параллельные вычисления.

В современном информационном обществе интеграция биоинформационных технологий и носимых устройств, таких как смарт-часы, представляет собой перспективное направление, способствующее развитию методов анализа и визуализации биологических данных [1,3,10]. Смарт-часы, как представители носимых устройств, обладают потенциалом стать удобными платформами для анализа и визуализации биоинформационных данных, обеспечивая пользователям возможность мониторинга и интерпретации филогенетических отношений в режиме реального времени.

Целью данного исследования является разработка специализированных инструментальных средств, способных эффективно обрабатывать и визуализировать биоинформационные данные на платформе смарт-часов. Основной задачей является создание метода вычисления расстояний между филогенетическими деревьями, адаптированного к ограниченным ресурсам носимых устройств.

Постановка задачи. Разработка биоинформационного программного обеспечения для устройств, работающих под управлением операционных систем Watch OS (Apple) и Wear OS (Google), сталкивается с рядом существенных проблем, требующих серьезного внимания и инженерных решений. Одной из основных трудностей является ограниченность вычислительных ресурсов и доступной памяти на этих носимых устройствах [2,8].

Проблема ограниченности ресурсов влечет за собой необходимость создания эффективных и оптимизированных алгоритмов для обработки биоинформационных данных.

Другой значительной проблемой является визуализация данных на небольших экранах смарт-часов. Необходимость предоставления пользователям интуитивно понятных и удобных интерфейсов на ограниченном пространстве требует особого внимания к дизайну и представлению результатов биоинформационного анализа. Сложности также связаны с интеграцией разработанного программного обеспечения в экосистему Watch OS и Wear OS. Взаимодействие с другими приложениями и устройствами, а также обеспечение безопасности обработки биоинформационных данных, представляет собой сложную задачу, требующую строгого соответствия стандартам безопасности и политикам платформ. Еще одной проблемой является обеспечение эффективной передачи и хранения больших объемов биоинформационных данных, учитывая ограниченные возможности смарт-часов по сравнению с более мощными устройствами [5].

Все эти аспекты требуют комплексного подхода к разработке, включая инженерные решения, оптимизированный код, адаптивный дизайн интерфейсов и строгие меры безопасности. Методы исследования включают в себя анализ требований к носимым устройствам, определение ограничений по вычислительным ресурсам и создание алгоритмов, учитывающих ограниченные возможности смарт-часов. Также в рамках исследования проводится разработка пользовательского интерфейса для визуализации филогенетических данных на ограниченном дисплее смарт-часов.

Предмет исследования охватывает методы обработки и визуализации биоинформационных данных с использованием филогенетических деревьев на платформе смарт-часов.

Субъектом исследования выступают разработчики программного обеспечения, биоинформатики, а также конечные пользователи, применяющие смарт-часы для мониторинга биологических данных [4,9].

Методы решения. Объектом исследования в данном контексте является эмулированный интерфейс для устройства Apple Watch и серверная часть, предназначенная для обработки запросов от этого интерфейса. Разработка сервера начинается с выбора языка программирования и фреймворка, а также настройки серверного окружения. Для реализации сервера на основе Flask требуется следовать нескольким этапам. Flask – легкий и гибкий веб-фреймворк на языке программирования Python, идеально подходящий для создания веб-приложений и API.

В процессе создания сервера необходимо было определить API, которое будет взаимодействовать с эмулированным интерфейсом. RESTful API обеспечит стандартизированную связь между клиентом и сервером, предоставляя конечные точки для обмена данными. Эти конечные точки будут отражать функциональность, такую как отправка данных для построения филогенетических деревьев, получение результатов и другие операции (рис. 1).

```
* Serving Flask app 'f'
* Debug mode: on
WARNING: This is a development server. Do not use without the --debug option
* Running on http://127.0.0.1:5000
Press CTRL+C to quit
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 125-703-786
```

Рис. 1 – Запуск веб-сервера бионформационного обеспечения вычисления расстояний между филогенетическими деревьями

Интеграция алгоритма построения филогенетических деревьев в серверную часть представляет собой важный этап. На этом этапе адаптируются алгоритмы для работы в сетевом окружении, обеспечивая возможность эффективной обработки данных на сервере.

Программное средство, таким образом, предоставляет исследователям в области биологии инструмент для эффективного анализа генетических данных и построения филогенетических деревьев в условиях полевых исследований с удобным интерфейсом ввода с компьютера или веб-устройства (рис. 2).

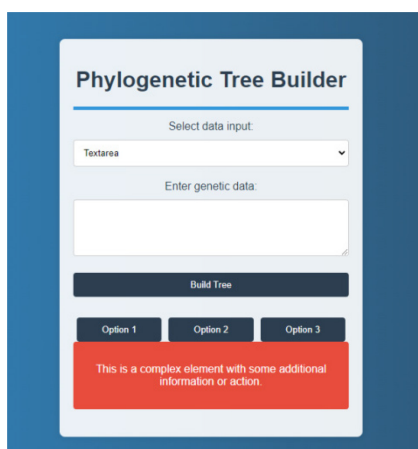


Рис. 2 – Разработанное серверное приложение имеет GUI, разработанный при помощи JavaScript и HTML5

В разработке алгоритма поиска филогенетических деревьев, нечеткие правила и перцептроны предоставляют мощные инструменты для более глубокого анализа генетических данных. Учитывают дополнительные факторы, такие как временной фактор и индекс разнообразия, что позволяет более точно и сложно анализировать генетические данные при построении филогенетических деревьев (рис. 3).

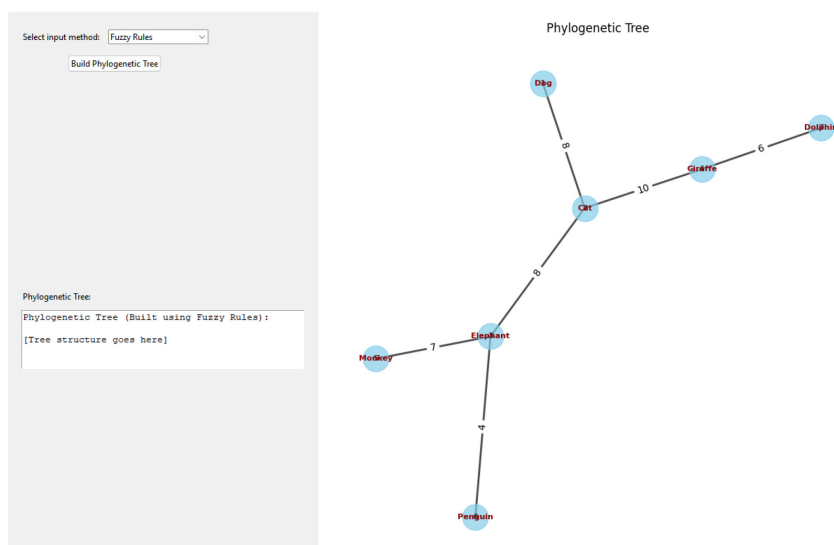


Рис. 3 – Эмуляция работы системы на псевдослучайных закодированных под названиями животных выборках

Важной частью разработки является обеспечение безопасности данных. Внедрение мер безопасности, таких как аутентификация и авторизация, обеспечивает защиту от несанкционированного доступа к серверу и сохранение конфиденциальности данных. Для обеспечения стабильной работы сервера проводится тщательное тестирование, охватывающее все его компоненты. Интегрированная среда разработки Xcode предоставляет мощные инструменты для отладки приложений на Swift. Xcode также предоставляет фреймворк XCTest для написания и запуска тестов на Swift. Для оптимизации производительности сервера можем использовать инструменты профилирования, предоставляемые Xcode. Важным аспектом тестирования является эмуляция запросов от эмулированного интерфейса Apple Watch. После проведения тестирования и отладки, важно анализировать результаты. Можем использовать инструменты Xcode для просмотра журналов выполнения, отчетов о тестировании и результатов профилирования. Обоснование качества кода и принятых решений поможет убедиться в правильности работы сервера.

Оптимизация производительности сервера является важным этапом в разработке, особенно когда речь идет о обслуживании запросов от эмулированного интерфейса Apple Watch. Оптимизация кода с использованием инструментов профилирования в Xcode является эффективным методом улучшения производительности сервера. Таким образом, разработка серверной части включает в себя последовательный процесс, начиная от выбора технологий и создания API, и завершаясь созданием безопасной, отлаженной и документированной системой, способной эффективно обрабатывать запросы от эмулированного интерфейса Apple Watch [6,7].

Фактические данные. Экспериментальные этапы включают тестирование разработанных методов на реальных биоинформационных данных с последующей оценкой точности и производительности алгоритмов на смарт-часах Apple Watch SE 2 (рис. 4, рис. 5).

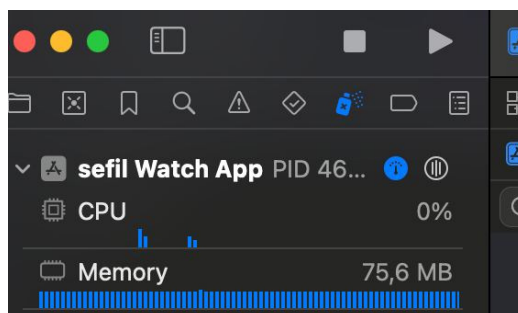


Рис. 4 – Тестирование разработанных методов обработки в автономном режиме

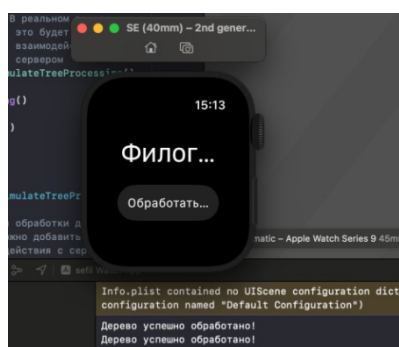


Рис. 5 – Тестирование на predetermined наборах данных

Заключение. В результате проведенного исследования было создано эффективное программное обеспечение, способное обрабатывать филогенетические деревья на платформе Apple Watch с высокой надежностью и производительностью. В контексте научных исследований, разработка может стать ценным инструментом для ускоренного построения филогенетических деревьев и обеспечения точных результатов. Также она обладает потенциалом в области медицинских исследований, способствуя анализу геномных данных и повышая точность диагностических методов. Практическое применение программного обеспечения может быть осуществлено в различных областях.

Список литературы

1. Козуб А.А. Особенности реализации беспроводных нательных компьютерных сетей / А.А. Козуб // Студенческая наука для развития информационного общества: сборник материалов IV Всероссийской научно-технической конференции: в 2-х томах, Ставрополь, 28–30 апреля 2016 года. Том 2. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. – С. 94-96.
2. Возможности технологий виртуальной реальности для разработки игровых приложений / Е.В. Романова, Л.В. Курзаева, Л.З. Давлеткиреева, Т.Б. Новикова // Открытое образование. – 2021. – Т. 25, № 5. – С. 31-40. – DOI 10.21686/1818-4243-2021-5-31-40.
3. Тлекова Э.Р. Исследование беспроводной нательной сенсорной сети на основе системы мониторинга состояния здоровья / Э.Р. Тлекова, Е.А. Пустохайлова// Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Седьмой всероссийской научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 24–26 мая 2016 года / Ответственный за выпуск О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский: Камчатского государственного технического университета, 2016. – С. 91-94.
4. Миндубаев А.З. Филогенетическое дерево *Aspergillus niger* AM1 / А.З. Миндубаев, Э.В. Бабынин, Й.А. Акосах // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции, Киров, 27–28 апреля 2021 года. Том Книга 2. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 34-37.
5. Чусов Р.Д. Разработка алгоритма и приложения для построения филогенетических деревьев по большим объемам данных / Р.Д. Чусов, Н.В. Воинов// Современные технологии в теории и практике программирования : сборник материалов конференции, Санкт-Петербург, 23 апреля 2020 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Dell Technologies; EPAM Systems. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 138-140.
6. Волков Ю.П. Анализ эффективности некоторых методов построения филогенетических деревьев, используемых при оценке эволюционного родства микроорганизмов / Ю.П. Волков, Г.А. Ерошенко // Проблемы особо опасных инфекций. – 2009. – № 1(99). – С. 35-41.
7. Юрченко А.Н. Сборка статических и динамических библиотек swift с помощью компилятора swift / А.Н. Юрченко // Электронные системы и технологии : Сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19–23 апреля 2021 года / Редколлегия: Д.В. Лихачевский [и др.]. – Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2021. – С. 634-636.
8. Мицкевич Д.Ю. Шаблон делегирования в Swift / Д.Ю. Мицкевич, Д.Д. Никитин // Научные исследования в современном мире. Теория и практика: сборник статей всероссийской научной конференции, Челябинск, 13 января 2023 года. – Санкт-Петербург: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2023. – С. 49-50.
9. Золкин А.Л. Создание программного обеспечения для нательных компьютерных сетей и носимых систем/ Учебное пособие. – Самара: Медицинский университет «РЕАВИЗ», 2024. – 146 с.
10. Gubernatorov A.M., Krasnov A.N., Trifonov I.V., Shmeleva L.A., Chistyakov M.S. (2022). Health as an enduring value asset and resource factor of social wealth // The III International applied research conference «Human resource management within the framework of realisation of national development goals and strategic objectives». – Dela Press Conference Series: Economics, Business and Management Vol.001,005. DOI: 10.56199/dpcsebm.tldc2642

2.3.1.

П.П. Зорков

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»,
zorkovp@mail.ru

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ
БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
С ТЕПЛООТВОДЯЩИМИ СЛОЯМИ**

В статье приводится описание процесса теплопередачи в радиоэлектронной аппаратуре. Производится оценка показателей надежности многослойных печатных плат с помощью метода статистического моделирования.

Ключевые слова: *вычислительные исследования, вероятность безотказной работы, «нагрузка – несущая способность», статистическое моделирование.*

Введение

Объектом вычислительных исследований, является многослойная печатная плата с теплоотводящими слоями. Специфика конструкции радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) позволяет такие многослойные печатные платы отнести к отдельному классу конструкций на основании наличия следующих составляющих:

- ограниченные массогабаритные характеристики конечного изделия;
- использование заливки внутреннего пространства приборов вспененным пенополиуретаном для обеспечения стойкости к механическим нагрузкам, температуре и влажности.

В этой связи тепловые процессы, протекающие в рассматриваемых объектах, имеют следующие особенности:

- наличие источника тепловыделения большой мощности;
- предполагается, что основным механизмом теплопередачи является теплопроводность, зависящая в том числе от компоновки ЭРИ и ограниченного пространства;
- используются бескорпусные электрорадиоизделия, особо чувствительные к тепловым перегрузкам;
- предполагается, что основные источники тепла располагаются в непосредственной близости от элементов стока тепла.

Тепловые характеристики случайны по моменту своего возникновения, величине и продолжительности. Таким образом, можно говорить о бортовой РЭА, как о системе с характеристиками и набором нестационарных нагрузок вероятностного характера.

Основная задача, решаемая в рамках данной работы, заключается в нахождении вероятности безотказной работы многослойных печатных плат (МПП) в условиях теплового воздействия, с учетом стохастического характера прикладываемых нагрузок, тепловых свойств материала МПП и разброса значений геометрических размеров.

Теоретический анализ

Основные методы оценки надежности основываются на применении моделей «нагрузка - несущая способность», которые позволяют учитывать случайный характер внешних воздействующих факторов (ВВФ) при оценке вероятности безотказной работы.

Условием сохранения работоспособности системы является не превышение значений несущей способности значениями нагрузки:

$$\Psi(A_n) = R(A_r) - Q(A_q) \geq 0. \quad (1)$$

Под A_r , A_q следует понимать совокупность параметров несущей способности и нагрузки соответственно. Данный тип моделей наиболее подробно разработан для решения задач прочности. Но, такой подход применим и к решению задач тепломассопереноса.

Компонентами нагрузки будут являться температура, скорость потока, давление потока. Параметры несущей способности – нормы тепловой стойкости.

В общем случае, когда вид функции распределений R и Q неизвестен, для нахождения значения показателей надежности используется метод статистического моделирования с вычислением параметра состояния на основе метода конечных элементов (МКЭ) [1]. Под параметром состояния здесь понимается максимальная температура наиболее ответственного электрорадиоизделия (ЭРИ), выход из строя которого влечет за собой потерю работоспособности всей конструкции.

Определение значения параметра состояния связано с особенностями моделирования конструкции МПП [2], а именно наличием в конструкции МПП металлизированных элементов малой толщины.

Методика

Оценку параметра состояния МПП следует проводить с использованием модели на основе эквивалентного материала. Данная модель позволяет решать тепловую задачу в конечно-элементной постановке для МПП определенных линейных размеров и степени металлизации.

Необходимо модифицировать модель оценки вероятности безотказной работы, предложенную в [1] применительно к МПП, учитывая вероятностный характер прикладываемых нагрузок, тепловых свойств материала и разброса значений геометрических размеров. Для этого следует рассматривать параметры эквивалентного материала (плотность, удельную теплоемкость, коэффициент теплопроводности, которые адекватно отражают тепловые характеристики слоистой структуры МПП), линейные размеры МПП, а также другие определяющие параметры модели как независимые случайные величины, имеющие свои законы распределения.

Определение функций распределения теплофизических характеристик

С учетом модели [1] требуется определить функции распределения теплофизических характеристик (плотность, удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности). Следует провести вычислительный эксперимент, так как использование компьютерного моделирования позволяет набрать необходимое количество статистических данных и избежать проведения дорогостоящих натурных испытаний.

Объект вычислительного эксперимента - элемент многослойной печатной платы. Параметры элемента МПП – три слоя из стеклотекстолита с расположенными между ними двумя слоями сплошной металлизации. На внешних поверхностях диэлектриков расположены токопроводящие дорожки, взаимное расположение и ширина которых взяты по наиболее востребованным вариантам исполнения. Параметры материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Тепловые характеристики материалов модели элемента МПП

	Стеклотекстолит СОНФ-2	Медь
Коэффициент теплопроводности, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	0.37	401
Удельная теплоемкость, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	0.96	385
Плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	1850	8900

Вычислительный эксперимент представляет собой тепловой расчет элемента МПП, который проводится в нестационарной постановке, что позволяет оценить скорость и интенсивность прогрева модели элемента МПП за расчетное время - 1 минуту. В качестве тепловой нагрузки на торцевой поверхности модели прикладывается температура постоянного значения. С целью охвата наибольшего количества режимов работы МПП в РЭА проведено три серии расчетов с тепловой нагрузкой различной величины: 40°C, 80°C, 100°C.

Этапы вычислительного эксперимента:

а) проведение тепловых расчетов моделей элементов МПП с характеристиками, указанными в таблице 1 (по результатам проведения расчетов строятся графики скорости прогрева расчетной модели);

б) проведение тепловых расчетов моделей элементов МПП с эквивалентным материалом (тепловые характеристики подобраны таким образом, чтобы графики прогрева расчетной модели соответствовали аналогичным графикам расчетных моделей, содержащих элементы металлизации).

Рисунок 1 отображает интенсивность прогрева элемента МПП с одним из вариантов конфигурации проводников. Зона «А» (рисунок 1) содержит графики, полученные для моделей с промежуточными значениями ширины проводников (графики не показаны). Аналогичные по конфигурации графики получены для каждой пары моделей для всех тепловых режимов. Тепловые характеристики эквивалентного материала подобраны так, чтобы обеспечить максимальное соответствие графиков прогрева элемента МПП.

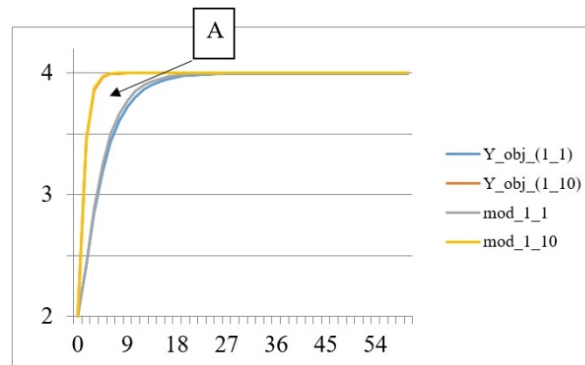


Рис. 1 - График прогрева элемента МПП

Для каждой тепловой характеристики получен ряд значений. В результате обработки статистических данных найдены законы распределения параметров эквивалентного материала:

- Коэффициента теплопроводности (λ^* , Вт / м · К)

$$F(\lambda) = 1 - e^{-\left(\frac{\lambda}{9.8}\right)^{1.95}}, \quad f(\lambda) = \beta \frac{\lambda^{0.95}}{85,68225} e^{-\left(\frac{\lambda}{9.8}\right)^{1.95}}; \quad (2)$$

- удельной теплоемкости (c^* , Дж / кг · К)

$$F(c) = \frac{1}{2} \left[1 + e^{\left(\frac{c - 2411,321667}{771,655} \right)} \right], \quad (3)$$

$$f(c) = \frac{1}{545,642497\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(c - 2411,321667)^2}{595451,4691} \right)};$$

- плотности (ρ^* , кг / м³)

$$F(\rho) = \frac{1}{2} \left[1 + e^{\left(\frac{\rho - 4331,936111}{2079,50769} \right)} \right], \quad (4)$$

$$f(\rho) = \frac{1}{1470,433988\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(\rho - 4331,936111)^2}{4324352,2261} \right)}.$$

На основании найденных законов распределения можно сгенерировать вариационные ряды высокой размерности. Для остальных определяющих параметров используется равномерный закон распределения, если не задан другой.

Оценка вероятности безотказной работы

Оценка вероятности безотказной работы содержит следующие этапы:

1. Подготовка исходных данных (выбор определяющих параметров конструкции МПП);
2. Расчет теплофизических характеристик эквивалентного материала МПП в зависимости от величины коэффициента металлизации;
3. Генерирование вариационных рядов определяющих параметров по найденным законам распределения;
4. Вычисление вероятности безотказной работы на основе обобщенного подхода (алгоритм представлен на рисунке 2).

Определяющие параметры конструкции представлены следующими характеристиками: теплофизические свойства материала, нагрузки, геометрические параметры конструкции, условия закрепления (ограничения), условия взаимодействия ЭРИ с МПП. Определяющие параметры являются независимыми случайными величинами и представлены в виде вариационных рядов.

Генерация вариационных рядов теплофизических свойств материала производится с использованием законов распределения (2), (3), (4).

Значения теплофизических свойств эквивалентного материала МПП

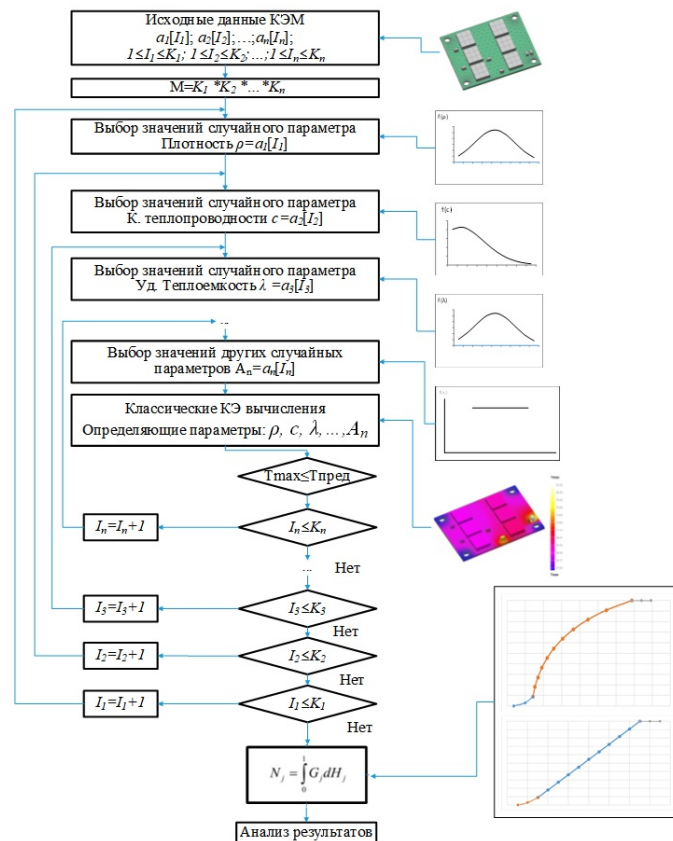


Рис. 2 – Алгоритм оценки вероятности безотказной работы вычисляются с учетом величины коэффициента металлизации:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{мет}_i}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{общ}_i}},$$

где

$S_{\text{мет}_i}$ - площадь металлизации каждого технологического слоя;

$S_{\text{общ}_i}$ - общая площадь технологического слоя без учета площади торцов;

n – количество технологических слоев (под технологическим слоем подразумевается слой фольгированного стеклотекстолита);

i - номер технологического слоя.

Оценка вероятности безотказной работы МПП согласно выбранному методу заключается в проведении серии тепловых расчетов модели МПП на основе эквивалентного материала. Для построения КЭМ использовались конечные элементы в виде тетраэдров первого порядка для моделирования тела МПП и ЭРИ. Для построения РМ использовались тепловые связи для задания условий контакта ЭРИ и платы.

В результате получаем вариационный ряд значений максимальной температуры в опасной точке. По данным ряда строим эмпирическую функцию распределения нагрузки. Эмпирическую функцию распределения несущей способности строим по вариационному ряду значений предельной температуры (данные получены в результате мероприятий входного контроля, развернутого на производстве).

Построенные на основе $F_R(R)$ и $F_Q(Q)$ график зависимости G от H приведен на рисунке 2.

Максимальное значение температуры составляет $84,4^{\circ}\text{C}$ (рисунок 3).

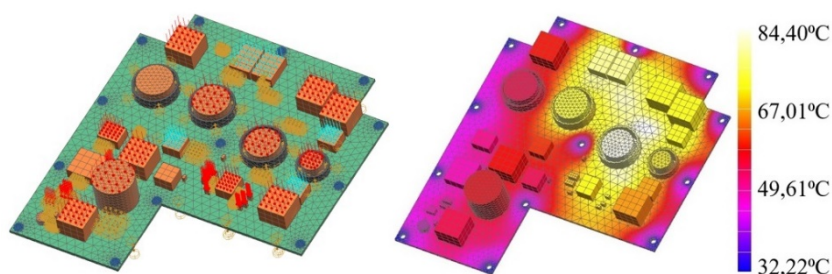


Рис. 3 - РМ и результат теплового расчета многослойной печатной платы

Вероятность безотказной работы полученная с применением метода статистического моделирования на основе вычисления температур МКЭ с применением программного обеспечения (ПО) АРКОН [3] на основе вычислений параметра состояния в ПО NX ESC составляет 0,999999999978605.

Заключение

Использование МКЭ при расчете параметра состояния позволяет учитывать физическую природу нагрузок, а также вероятностный характер определяющих параметров конструкции. Предложенная модель на основе эквивалентного материала обеспечивает высокую достоверность результатов, при малых вычислительных потребностях. Обобщенный подход оценки вероятности безотказной работы основанный на методе статистического моделирования с вычислением параметра состояния на основе МКЭ, позволяет избежать проведения дорогостоящих испытаний.

Список литературы

1. Пименов С.А. Методы и алгоритмы оценки показателей надежности конструкций с учетом внешних воздействий различной физической природы вероятностного характера [Текст] / С.А. Пименов // Диссертация докт. техн. наук. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2019;
2. Зорков П.П. Моделирование процессов теплопередачи в многослойных печатных платах с применением САЕ систем [Текст] / П.П. Зорков // «САПР электроники» – 2023. – №2;
3. Свидетельство РФ на программу для ЭВМ № 2015661670. Программное обеспечение «АРКОН Reliability Solver» [Текст] / Пименов С.А., Зорков П.П. (Россия); заявитель (правообладатель) Пименов С.А.; заявка № 2015618493 от 15.09.2015; дата регистрации 03.11.2015.

2.3.1.

Д.Ю. Мелешенко, Е.В. Бандяева, М.Н. Пиганов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва,
Самара, kipres@ssau.ru

ВЫБОР ДИЭЛЕКТРИКА ДЛЯ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ МИКРОСБОРОК НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ЕГО СТАБИЛЬНОСТИ

В статье рассмотрены вопросы выбора эффективных диэлектриков для тонкоплёночных конденсаторов микросборок. Основным этапом выбора является оценка стабильности диэлектрика. Для этого использован информационный подход. На его основе обоснован температурный критерий. В качестве дополнительного предложен критерий стойкости к подгонке и другим электрофизическим методам обработки структуры элемента. Предлагаемые критерии являются основой методики выбора диэлектрических материалов для тонкоплёночных микросборок частного применения.

Ключевые слова: диэлектрик, тонкоплёночный конденсатор, микросборка, стабильность, критерии выбора, методика.

Введение

Для создания бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов (КА) используются тонкоплёночные микросборки частного применения. К ним предъявляются высокие эксплуатационные требования.

Проведенный нами анализ состояния производства микросборок показал, что современные тонкоплёночные технологии не позволяют изготавливать резистивные ёмкостные элементы с высокими удельными характеристиками.

С другой стороны потребности развития техники широко функционального назначения диктуют необходимость создания микросборок с высокими эксплуатационными и точностными характеристиками, которые могут быть реализованы путём повышения удельных характеристик пассивных элементов и идентичности их параметров на основе применения новых технологических приёмов и материалов.

Повышение удельной ёмкости тонкоплёночных конденсаторов (ТПК) может быть достигнуто двумя путями:

- применением диэлектриков с высоким значением диэлектрической проницаемости ϵ ;
- уменьшением толщины диэлектрических слоёв.

Уменьшение толщины диэлектрических слоёв приводит к снижению надёжности элементов. Поэтому для прецизионных ТПК с высокой удельной ёмкостью целесообразно использовать стабильные диэлектрические плёнки с большим значением ϵ .

Используемые для создания ТПК диэлектрики должны обладать высокой стабильностью и стойкостью к различным электрофизическим воздействиям. Для выбора диэлектрика ТПК из числа известных или создания нового материала можно использовать информационный подход.

Информационный подход

Сущность информационного подхода заключается в следующем.

Любая материальная система должна находиться в метастабильном состоянии и иметь определенную упорядоченность. Тот факт, что разрушение материала происходит через каждое элементарное разрушение его микроструктуры, вызванное тепловым движением частиц, означает, что со временем упорядоченность системы ликвидируется неупорядоченностью ее частиц. В результате система неизбежно переходит в более стабильное, равновесное состояние.

Степень неупорядоченности системы характеризуется величиной энтропии S , а степень упорядоченности – величиной негэнтропии H , которые связаны между собой $dH = -dS$.

В равновесном состоянии энтропия системы достигает максимума, а негэнтропия – минимума.

С точки зрения информационного подхода создание системы – это процесс накопления в ней негэнтропии, а хранение и эксплуатация – процесс расхода этой негэнтропии для выполнения определенной цели. Следовательно, согласно технической геронтологии, задача производства материалов, изготовления изделий, разработки систем заключается в придании им наибольшей величины, а задача хранения и эксплуатации (обслуживания) систем – в обеспечении минимальной скорости расходования этой негэнтропии.

Отсюда можно заметить, что чем меньше начальное значение энтропии S системы, тем выше ее стабильность за определенный промежуток времени. Следовательно, стабильность и срок службы ТПК зависят от энергии решетки материала диэлектрика, т.к. увеличение энергии решетки U сопровождается уменьшением энтропии S системы. Следовательно, коэффициент нестабильности ТПК

$$\frac{\Delta C}{C} \sim S,$$

а так как $S \sim \frac{1}{U}$, то можно записать

$$\frac{\Delta C}{C} \sim \frac{1}{U}.$$

Известно, что энергия решетки определяет температуру плавления $T_{пл}$ диэлектрика, причем $T_{пл} \sim U$,

Откуда следует, что

$$\frac{\Delta C}{C} \sim \frac{1}{T_{пл}}. \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что чем больше $T_{пл}$, тем выше стабильность диэлектрика.

Из термодинамической теории диссоциации известно, что в процессе испарения диэлектрических материалов происходит их частичная или полная диссоциация [1]. В процессе конденсации на нагретую подложку часть молекул реиспаряется, причем вероятность реиспарения летучих компонентов больше, чем тугоплавких. Вследствие этого соединение обедняется легколетучими компонентами и формируется пленка нестехиометрического состава, что ведет к отклонению ε от равновесного значения, а следовательно, к большей нестабильности ТПК.

Кроме того, в результате диссоциации реагенты могут образовывать между собой растворы. Химическое соединение отличается по своим свойствам от примыкающих к нему составов экстремальными свойствами. [1] Одним из основных свойств химического соединения является наличие минимума свободной энергии. Растворение в нем любого из компонентов, получающихся в результате диссоциации, будет изменять состав, повышать свободную энергию системы.

Чем больше нарушается, равновесие между компонентами, тем больше повышается энергия.

С течением времени система будет избавляться от избытка энергии, т.к. энергетически наиболее выгодным является состояние с минимум энергии, т.е. с течением времени будет происходить изменение состава в результате химических реакций и будет изменяться ематериала, обуславливая нестабильность ёмкости.

Известно, что при приближении к нижней границе состава соединения по легколетучему компоненту соединения должны испаряться без изменения состава конденсированной фазы. Используя это положение для двойных окислов, можно считать, что изменение состава будет тем меньше, а стабильность ТПК тем выше, чем меньше разность между температурами плавления $\Delta T_{пл}$, входящих в состав двойного окисла простых окислов.

Учитывая вышесказанное и соотношение (1), можно записать следующее выражение

$$K_T = \frac{T_{пл}}{A + |\Delta T_{пл}|}, \quad (2)$$

которое предлагается использовать в качестве критерия выбора наиболее эффективных диэлектриков для прецизионных ТПК из числа двойных окислов и более сложных кислородных соединений (здесь A – постоянный коэффициент, который введен для избавления от неопределенности при $\Delta T_{пл} \rightarrow 0$; он выбирается из условия $A < \Delta T_{пл} min$ для рассматриваемого ряда соединений).

Чем больше значение температурного критерия K_T , тем выше должна быть стабильность диэлектрика ТПК. Это подтверждено экспериментально для алюминатов и цирконатов РЗМ. Комплексный анализ электрофизических и оптических свойств диспергированных окислов РЗМ показал, что диэлектрическая проницаемость для поликристаллических окислов РЗМ стехиометрического состава имеет значение 10-20 на частотах от 1 кГц до 1 МГц, а значение ТПК (методы электроискровой, электроконтактной, лазерной, электронно-лучевой подгонки и др.) является наличие зоны высокой температуры в месте обработки. Так, метод факельного разряда создает температуру 2000-4000°C, электроискровой – от 5000 до 20000°C, лазерный – ещё выше. Подгонка элементов к номинальному значению вносит возмущающее воздействие в параметры элементов, т.к. диэлектрик ТПК в зоне обработки поражается.

При обработке (подгонка, электротренировка) в диэлектрике возникают напряжения, трещины, происходит разложение соединений, увеличение дислокаций, возникают структурные изменения.

Появление микротрещин и увеличение плотности дислокаций на границе с зоной обработки снижает ширину запрещенной зоны и процесс диффузии протекает быстрее, вследствие чего количество металлической микрофазы от подгоночного электрода или обкладок ТПК в диэлектрике увеличивается за счет проникновения ее в трещины и интенсивной диффузии в местах дислокаций.

Материал в зоне обработки и около нее оказывается в сильно неравновесном состоянии. Переход в равновесное состояние сопровождается значительным изменением свойств нарушенного слоя и резкой нестабильностью данного участка во времени. Это может привести к существенной нестабильности всего элемента и следовательно схемы в целом. Для прецизионных элементов и схем подобные изменения могут быть выше допустимого уровня и должны учитываться.

Термостойкость диэлектриков (стойкость к тепловым импульсам) можно оценить с помощью коэффициента [2]:

$$K = \frac{P}{\alpha E} \sqrt{\frac{\lambda}{c\gamma}}, \quad (3)$$

где P – предел прочности материала при растяжении,
 α – температурный коэффициент линейного расширения,
 E – модуль упругости,
 λ – коэффициент теплопроводности,
 c – удельная теплоемкость,
 γ – плотность вещества.

Полагая, что стабильность ТПК после подгонки зависит от термостойкости диэлектриков, будем использовать коэффициент термостойкости K для приближенной оценки стойкости материалов к подгонке. Однако выражение (3) содержит характеристики, которые часто являются неизвестными для используемого диэлектрика. Упростим данное выражение, выразив некоторые характеристики материала через известные или легко определяемые, такие как ϵ и $T_{пл}$. Это особенно важно для вновь разрабатываемых материалов.

Известно, что теплопроводность диэлектриков

$$\lambda \sim U.$$

С другой стороны

$$T_{пл} \sim U.$$

Следовательно, можно считать

$$\lambda \sim T_{пл}. \quad (4)$$

Известно, что в области высоких температур (температура диэлектрика в зоне подгонки соответствует этим температурам) атомная теплоемкость C_a твердых тел есть величина постоянная:

$$C_a = \text{const.}$$

А так как $C_a = A \cdot C$, где A – атомный вес вещества, то и $C = \text{const.}$

Из анализа упругих свойств твердых тел следует:

$$E \sim \gamma.$$

Из теории Грюнзея (Grüneisen E.) известно, что температура плавления гиперболически связана с температурным коэффициентом линейного расширения, т.е.

$$\alpha \sim \frac{1}{T_{\text{пл}}}.$$

Известно, что диэлектрическая проницаемость диэлектриков и их плотность связаны между собой следующим выражением:

$$\varepsilon = K_1 \cdot \gamma,$$

т.е. $\varepsilon \sim \gamma$, где K_1 – постоянная.

Если принять, что P очень слабо зависит от $T_{\text{пл}}$ и ε , то с учетом вышесказанного выражение (3) можно представить следующим образом:

$$K \sim \frac{T_{\text{пл}}}{\varepsilon} \sqrt{\frac{T_{\text{пл}}}{\varepsilon}} = \left(\frac{T_{\text{пл}}}{\varepsilon} \right)^{3/2}. \quad (5)$$

Однако если предположить, что

$$P \sim E, \quad (6)$$

то выражение (4) преобразуется к следующему виду:

$$K \sim T_{\text{пл}} \sqrt{\frac{T_{\text{пл}}}{\varepsilon}} = \frac{T_{\text{пл}}^{3/2}}{\varepsilon^{1/2}}. \quad (7)$$

Предположение (6) должно быть справедливым для хрупких материалов, каковыми являются многие диэлектрики.

Выражения (5) и (7) будем в дальнейшем использовать в качестве критерия стойкости $K_{\text{ст}}$ диэлектриков ТПК к подгонке.

Однако в общем случае критерий стойкости диэлектриков ТПК подгонке следует представить следующим образом

$$K_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{пл}}^m}{\varepsilon^n}. \quad (8)$$

При этом, чем больше значение $K_{\text{ст}}$, тем выше должна быть стойкость материала к подгонке, т.е. выше стабильность ТПК после подгонки.

Показатели степеней m и n следует определить экспериментальным путем.

Экспериментально установлено, что для диэлектриков с $E_d \geq 4$ эВ в первом приближении можно считать $m = n = \frac{1}{2}$.

Пусть при подгонке область высокой температуры распространяется в диэлектрике на некоторое расстояние S_0 (рис. 1).

Будем считать, что свойства материала в зоне S_0 будут изменяться, если высокая температура имеет значение выше или равное $T_{\text{кр}}$ и действует в течение определенного времени t_1 :

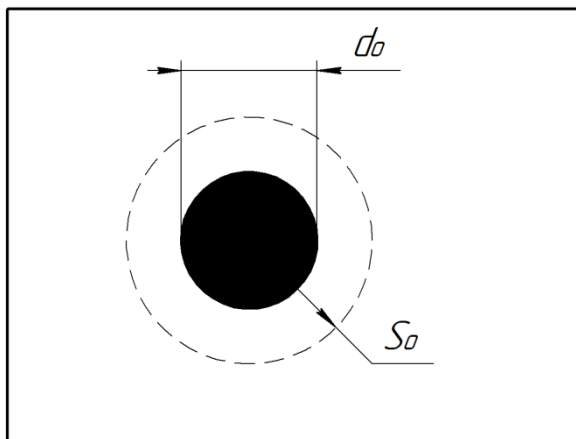


Рис. 1 – Зона поражения диэлектрика S_0 вокруг кратера диаметром d_0
 будем считать, что при $T < T_{кр}$ и $t < t_1$ существенных изменений, могущих повлиять на стабильность, не происходит

Из [3] известно, что поверхность материала в зоне облучения нагревается до температуры испарения вещества при нормальных условиях за время t_v определяемое из соотношения:

$$t_v = \frac{\pi}{4} \frac{\lambda \cdot c \cdot \gamma}{W^2} (T_{исп} - T_0)^2, \quad (9)$$

где W – плотность потока излучения,

$T_{исп}$ - температура испарения,

T_0 - начальная температура вещества.

Для нашего случая вместо $T_{исп}$ подставим $T_{кр}$, а вместо t_v подставим t_1 . Из формулы (9) видно, что с уменьшением λ, c и γ материала зона высокой температуры будет локализоваться вокруг кратера, что приведет к быстрому нагреву этой зоны до критической температуры $T_{кр}$. При больших значениях $\lambda \cdot c \cdot \gamma$ тепло быстро распространяется по объему диэлектрика, уменьшая тем самым воздействие критической температуры.

Следовательно, степень опасности воздействия высокой температуры, возникающей в локальной зоне S_0 элемента при подгонке электрофизическими методами, можно оценить двумя параметрами:

- 1) температурой в центре кратера T_k , которая зависит от метода и режима подгонки;
- 2) временем действия, критической температуры $T_{кр}$, которое зависит от $\lambda \cdot c \cdot \gamma$ материала и времени действия разряда.

Площадь поражения зависит от коэффициента отражении материала (пленки). Однако изменение коэффициента отражения диэлектриков связано с изменением цвета их поверхности. Для более темных поверхностей коэффициент отражения меньше.

Заключение

На основе проведенного физического анализа предложены критерии для методики выбора диэлектрических материалов тонкоплёночных микросборок частного применения.

Список литературы

1. Куликов И.С. Термическая диссоциация соединений. – М.: Металлургия, 1969. – 574 с.
2. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В. Материалы в радиоэлектронике. – М. – Л., Госэнергоиздат, 1961. – 352 с.
3. Щука А.А., Днепровский В.Г., Дудолодов А.Г. Получение тонких слоёв с помощью лазерного излучения – Зарубежная электронная техника, 1973, № 24. С. 38-65.

2.3.1.

Д.Ю. Мелешенко, Е.В. Бандяева, М.Н. Пиганов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва,
Самара, kipres@ssau.ru

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИСТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ МИКРОСБОРОК

Проведено физико-технологическое обоснование выбора компонентов керметных материалов. Дана оценка технологичности этих компонентов. Определена стойкость материалов и структур к подгонке. Предложена технология получения резистивных плёнок. Выбраны оптимальные режимы распыления материалов. Приведены результаты исследования влияния исходных материалов на свойства резистивных слоёв.

Ключевые слова: *тонкоплёночный резистор, исходные материалы, технология, свойства слоёв, стабильность элементов.*

Введение

При создании ряда радиоэлектронных бортовых устройств для космических аппаратов разработчики используют собственную элементную базу в виде микросборок. Это относится в первую очередь к тонкоплёночным резистивным микросборкам [1].

На данном этапе эксплуатационные характеристики высокоточных резистивных элементов тонкоплёночных микросборок исследованы недостаточно полно. Слабо освещены вопросы повышения идентичности их параметров на основе новых материалов.

В данной статье на основе физического анализа процессов, происходящих при испарении материалов и обработке тонкоплёночных элементов электрофизическими методами, предложены некоторые критерии выбора резистивных материалов, на основе комплексного подхода и в процессе системного анализа основных физико-химических, электрофизических и технологических свойств, анализа термодинамических процессов, происходящих при обработке материалов и плёночных структур, определены наиболее эффективные компоненты резистивных материалов для тонкоплёночных микросборок.

Анализ исходных компонентов

Для получения высокоомных тонкоплёночных резисторов (ТПР) со стабильными свойствами широкое распространение получили керметы [2,3].

Важным условием получения высокоомного кермета со стабильными свойствами является правильный выбор исходных компонентов.

На рисунке 1 в качестве примера представлена зависимость ТКС плёночных резисторов от температуры плавления исходных металлов. На рисунке 2 приведена оценка их технологичности.

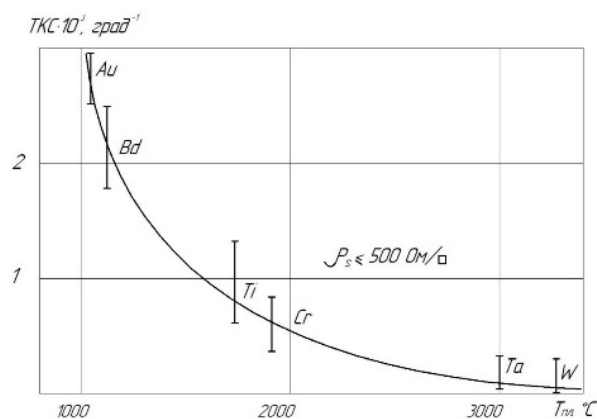


Рис. 1 – Зависимость температурного коэффициента сопротивления от температуры плавления исходного металла

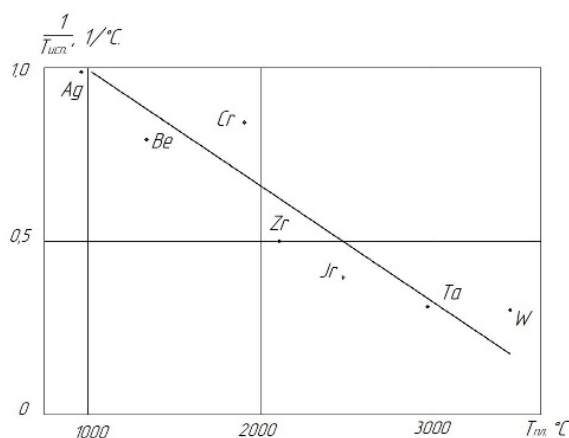


Рис. 2 – Влияние температуры плавления на технологичность резистивного материала

Зависимость коэффициента сочетания электрофизических свойств и технологичности $K_{\text{соч}}$ от температуры плавления для многих применяемых в микроэлектронике металлов приведена на рисунке 3.

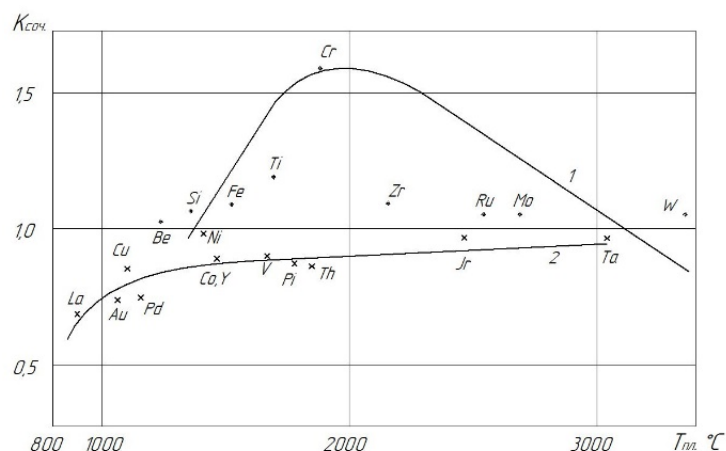


Рис. 3 – Зависимость $K_{\text{соч}}$ от температуры плавления металлов с $T_{\text{пл}} > T_{\text{исп}}$ (1) и $T_{\text{пл}} < T_{\text{исп}}$ (2)

Оценка стойкости к электродиффузии при подгонке приведена в таблице 1.

Методика получения резистивных плёнок

Резистивные пленки на основе керметов получали термическим испарением с резистивного испарителя на установке УРМ3.279.017 тремя способами: прямым резистивным испарением, мгновенным испарением (взрывное испарение) и испарением по методу трех температур, а также ВЧ ионно-плазменным распылением на установке УРМ3.279.014.

В качестве испарителей применяли молибденовую, танталовую и вольфрамовую ленты размером $50 \times 11 \times 0,1$ мм. Пленки осаждались в вакууме $(1,3 \dots 5) \cdot 10^{-3}$ Па на подложки из ситалла СТ50-1 размера 60×48 мм, предварительно химически очищенные и нагретые до 300°C .

Осаждение осуществлялось через свободные маски. Этот метод является более предпочтительным для изготовления прецизионных ТПР, так как получение рисунка элементов с использованием фотолитографии в данном случае менее целесообразно из-за ухудшения свойств резисторов при химическом воздействии травителей.

Для прямого резистивного испарения и испарения по методу трёх температур использовали керметный порошок в виде спиртовой суспензии, нанесенной на химически очищенный испаритель. Размер частиц порошка не превышал 0,08 мм. Хром и крупнозернистые диэлектрики предварительно дробили в стальной ступе, а затем размалывали и перемешивали в течение 10 ч в шаровой мельнице. Перед напылением

производили прогрев исходного материала в испарителе при температуре 400...500°C, вакууме $(2...3) \cdot 10^{-3}$ Па в течение 5 мин.

Температура испарителя изменилась в пределах 1600...1900°C и 2000...2100°C, соответственно, для прямого резистивного и взрывного испарения.

При испарении по методу «трех температур» температура испарителей составляла 1400...1600°C и 1700...1900°C, соответственно, для хрома и окисла. Средняя скорость конденсации пленки, определенная расчетным путем, составляла $(1,5...50) \cdot 10^{-10}$ м/с для различных материалов. Температуру испарителей контролировали с помощью пирометра ОППИР-017.

ВЧ ионно-плазменное распыление осуществлялось в среде аргона при давлении $(3...8) \cdot 10^{-2}$ Па.

Ток анода генератора составлял (0,3...0,4) А, а ВЧ напряжение (0,5...1) кВ. Ток плазмы регулировали от 2 до 5 А. Скорость осаждения составляла $(0,5...15) \cdot 10^{-10}$ м/с. Режимы распыления керметных материалов приведены в таблице 2.

Были использованы порошкообразные мишени, которые изготавливались следующим образом. На полированный кварцевый диск диаметром $130 \cdot 10^{-3}$ м и толщиной $3 \cdot 10^{-3}$ м наносилась спиртовая суспензия порошка исходного материала. Толщина покрытия составляла $(0,2...1,5) \cdot 10^{-3}$ м. Перед распылением мишень отжигалась в муфельной печи при 600...1000°C в течение (1...4) ч. Для изготовления одной мишени необходимо $(1,5...5) \cdot 10^{-2}$ кг порошка исходного материала.

Таблица 1 – Оценка стойкости металлов к электродиффузии

Параметры металлов	Металл												
	Al	V	Cr	Fe	Co	Ni	Re	Mo	W	Ta	Jr	Nb	Cu
Z_{max}	3	5	6	3	3	4	7	6	6	5	6	5	2
$\rho, 10^8, \text{Ом} \cdot \text{м}$	2,62	18,2	13	10	6,5	7,5	20	5,0	5	14	4,9	16	1,7
$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	660	1697	1900	1535	1478	1455	3177	2622	3382	2996	2454	1950	1083
$\frac{Z_{max} \cdot \rho}{T_{пл}}, \frac{\text{Ом} \cdot \text{м}}{^\circ\text{C}}$	0,012	0,053	0,041	0,02	0,012	0,02	0,043	0,011	0,009	0,024	0,012	0,041	0,003

Таблица 2 – Основные режимы распыления резистивных материалов

Материалы	Давление аргона, Па	Ток ВЧ генератора, мкА	Напряжение мишени, кВ	Ток плазмы, А	Напряжение смещения на подложке, В	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	$V_{ос} \cdot 10^{-2}, \text{м/с}$
Cr-Nd ₂ O ₃	$(2...7) \cdot 10^{-1}$	325	0,35	3...4	-80	250...300	0,5...3
Cr-NdAlO ₃	$(5...6) \cdot 10^{-2}$	350	0,4	3	-100	200...300	1...4
Cr-SiO-NdAlO ₃	$(5...8) \cdot 10^{-2}$	335	0,6	3...4	-80	200...300	2...5
Cr-Dy ₂ Sr ₃ (BO ₃) ₄	$(4...7) \cdot 10^{-2}$	340	0,55	3...4	-50	200...250	5...15

Контроль процесса осаждения осуществлялся с помощью «свидетеля». При достижении заданного значения сопротивления «свидетеля» осаждение прекращалось.

Резистивные пленки после осаждения отжигались в вакууме $(2...3) \cdot 10^{-3}$ Па при температуре подложки 350°C в течение 30...60 мин.

Затем при температуре подложки 150°C осаждались контактные площадки из сплава БрНМцТ5-2-0,1 или из меди с подслоем хрома. Испарителем меди и сплава служила вольфрамовая лодочка. Продолжительность испарения сплава – 3 мин.

На ряд резисторов наносилось защитное покрытие из SiO. После охлаждения подложки до температуры 70...80°C в рабочий объём напускался воздух.

Сопротивление резисторов измеряли цифровыми мостами Ф4206, Р337, и Щ30-04 с использованием внешнего образцового сопротивления.

Исследование влияния состава исходного материала на свойства резистивных слоев

Было исследовано влияние содержания диэлектрической фазы (Д) на удельное поверхностное сопротивление, временную стабильность, ТКС ($t = 20 \dots 120^\circ\text{C}$) и разброс ρ_s по подложке резистивных пленок на основе $\text{Cr} - \text{SiO} - \text{NdAlO}_3$ (содержание SiO было равно 5%), $\text{Cr} - \text{NdAlO}_3$ и $\text{Cr} - \text{Dy}_2\text{Sr}_3(\text{BO}_3)_4$.

Экспериментальные зависимости представлены на рисунках 4 и 5.

Из рисунка 4 видно, что с увеличением объемной концентрации диэлектрика ρ_s пленок на основе $\text{Cr} - \text{SiO} - \text{NdAlO}_3$ быстро возрастает.

При содержании диэлектрической фазы в исходной смеси более 40% происходит увеличение нестабильности резистивных пленок с $\rho_s = 30$ кОм/квадрат ($t = 1000$ ч).

Повышение нестабильности резисторов при малых содержаниях диэлектрика объясняются уменьшением толщины резистивных слоев.

Из анализа приведенной зависимости (кривая 2) можно сделать вывод, что для получения стабильных резистивных слоев исходный материал должен содержать (50...55) вес.% хрома. Установлено, что этот вывод справедлив и для керметов $\text{Cr} - \text{NdAlO}_3$, $\text{Cr} - \text{Dy}_2\text{Sr}_3(\text{BO}_3)_4$.

Как видно из рисунка 5 при содержании диэлектрика более 10% происходит смена знака ТКС с положительного на отрицательный, а при содержании диэлектрика более 50% происходит резкое увеличение ТКС по абсолютной величине и разброса $\Delta\rho_s$ по подложке.

При содержании диэлектрика менее 50% разброс $\Delta\rho_s$ не превышает $\pm 10\%$.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для получения стабильных высокоомных резистивных пленок исходный кермет должен содержать (50...60)% хрома.

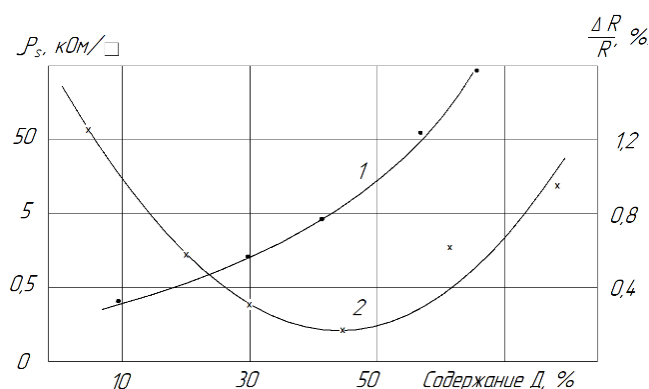


Рис. 4 – Зависимость ρ_s (1) и дрейфа сопротивления (2) ТПР от содержания диэлектрика.

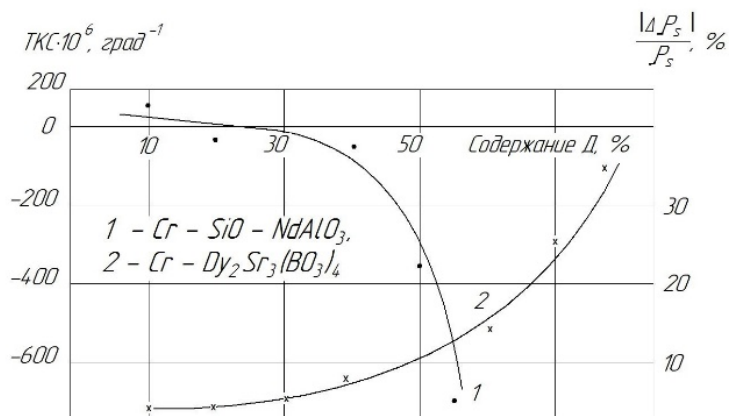


Рис. 5 – Зависимость ТКС (1) и разброса ρ_s (2) от содержания диэлектрика.

Заключение

На основе комплексного подхода и в процессе системного анализа основных физико-химических, электрофизических и технологических свойств, анализа термодинамических процессов, происходящих при обработке материалов и плёночных структур, определены наиболее эффективные компоненты резистивных материалов для тонкоплёночных микросборок.

Список литературы

1. *Пиганов М.Н.* Технологические основы обеспечения качества микросборок. Самара: СГАУ, 1999. 231с.
2. *Бочкарёв Б.А., Бочкарёва В.А.* Керметные плёнки. – Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1975. – 152 с.
3. *Князева С.С., Герасимова Т.А., Саденков А.С.* Стабильность плёночных резистивных элементов на основе сплава К50-С по результатам длительных и ускоренных испытаний // Устройства, элементы и методы комплексной микроминиатюризации РЭА: межвузовский сборник. Казань: КАИ, 1980. С. 84-87.

2.3.1.

Е.А. Мучкаева, Е.Н. Чернопрудова, Е.Н. Наточая

Оренбургский государственный университет,
Институт математики и информационных технологий,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Оренбург, osu_muchkaevaea@rambler.ru

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ПРАКТИКУМА
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА**

В работе представлена методика адаптивного обучающего практикума позволяющего подобрать задания учащемуся по уровню сложности в зависимости от усвоения материала и увеличивать при необходимости уровень сложности заданий. Данный подход позволит оценить уровень сформированности компетенций обучающихся. Процесс формирования знаний для самообучения студента приведен к задаче классификации на основе правил.

Ключевые слова: *уровень компетентности, способность к самостоятельному обучению, продукционная модель представления знаний.*

В нашей жизни IT-рынок является одним из самых быстро развивающихся областей, постоянно выходят новые версии программ, обновления, изменения, внедряются новые проекты, новые информационные технологии, нужно знать инструментальные средства, чтобы на профессиональном уровне грамотно выполнить проект и сдать его в срок [1]. Даже при условии, что студент в ВУЗе получает максимально актуальные знания, IT-сфера постоянно обновляется и спустя некоторое количество лет, специалисту снова нужно будет обучаться новинкам в этой сфере [2]. Из этого следует, что специалист IT-индустрии не может без постоянного процесса самообучения, что в свою очередь говорит о необходимости развития такой компетенции как способность к самостоятельному обучению, способность воспринимать, самостоятельно приобретать, развивать и применять профессиональные знания для решения нестандартных задач.

Внедрение современных цифровых технологий в процесс обучения является актуальной задачей. Студенты учатся работать с цифровыми источниками данных, получают информацию из сетевых ресурсов. Тем самым виртуализация образовательной среды позволяет формировать характерные для ее новых свойств образовательные практики [3].

Таким образом, разработка обучающей среды позволяющей оценивать уровень освоения материала и подбирать задания определенного уровня сложности в соответствии с результатом прохождения контрольных точек освоения учебного материала является **актуальной задачей**, позволяющей анализировать уровень сформированности компетенций [4].

В процессе обучения при непосредственном общении преподавателя и обучающегося преподаватель может анализировать и контролировать уровень усвоения материала и предоставлять задания определенного уровня сложности. Тем самым, преподаватель может повышать уровень сложности, анализируя результаты обучаемого. В процессе самостоятельного же обучения, обучаемому сложно самостоятельно подобрать задания по уровню сложности для успешного освоения материала. В рамках данных исследований предлагается разработать адаптивную обучающую систему позволяющую подобрать задания учащемуся по уровню сложности в зависимости от усвоения материала и увеличивать уровень сложности заданий при необходимости, тем самым позволяя повысить уровень усвоения компетенции [5].

Структуру такой системы можно представить следующим образом (рис. 1):



Рис. 1 – Структура адаптивной обучающей системы

Пользователем данного электронного учебного пособия может быть студент, специалист, которому необходимо углубить знания в данной предметной области и преподаватель, который наполняет пособие теоретическим и практическим материалом.

Задача разрабатываемого приложения сводится к определению уровня сформированности знаний по данной теме, определенного на основе прохождения тестирования и решения практических задач [6].

Предлагается разбить задания по уровням сложности:

- задания 1 уровня доступны студентам, которые прошли тестирование с баллом не больше 3, используя 2 попытки.
- задания 2 уровня предлагаются студентам, набравшим в тестировании с 1 или со 2 попытки более 3, но менее 4,6 баллов.
- задания 3 уровня доступны студентам, которые, используя 1 или 2 попытки, набрали в тестировании более 4,5 балла.

Формализация поставленной задачи позволяет свести предложенную методику формирования заданий в процессе самообучения студента (подбора уровня сложности задания) к задаче классификации на основе правил.

В общем виде правила можно представить след образом:

pr_i – правило, характеризующееся набором параметров, позволяющих определить уровень сложности заданий ($rule_i$).

z_i – задание определенного уровня сложности

Таким образом, методика подбора заданий примет вид целевой функции:

$$pr_i : (rule_i) \rightarrow z_i$$

В данной работе предложено использовать продукционную модель представления знаний, так как она позволяет осуществить формальное или информационное представление знаний, используемое для хранения, организации и обработки информации в компьютерных системах [7].

Так же для повышения достоверности контроля успеваемости, предлагается при формировании правил учитывать время, затрачиваемое на изучение теоретического материала и время прохождения тестирования. Например, если время прохождения тестирования слишком велико, то данная попытка будет учитываться со «штрафными» баллами и будет учитываться в правилах при определении уровня сложности задания. Так как при долгом прохождении тестирования, обучающийся, может пользоваться источниками из интернета, либо другими справочными материалами, что не допускается; либо слишком быстро, что приводит к сомнительным результатам (может быть воспользовался ключом к тесту) [8].

Таким образом, предложенная методика адаптивной обучающей системы, позволит подобрать задания по уровню сложности в зависимости от уровня усвоения материала и увеличивать уровень сложности заданий, тем самым позволяя повысить уровень усвоения компетенции.

Список литературы

1. *Непомнящая Е.Р.* Тенденции мирового рынка информационных технологий // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. №11-3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-mirovogo-gynka-informatsionnyh-tehnologiy>
2. *Шакурова З.Х.* Необходимые компетенции для будущего программиста // Современная педагогика. 2016. № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pedagogika.snauka.ru/2016/01/5310>
3. *Пинчук А.Н.* Образовательные практики в условиях обновления образовательных технологий вуза // Теория и практика общественного развития. 2017. №1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnye-praktiki-v-usloviyah-obnovleniya-obrazovatelnyh-tehnologiy-vuza>
4. «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата)» [Электронный ресурс]: приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 №219 (Зарегистрировано в Минюсте России 30.03.2015 №36623). – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/090302.pdf>
5. *Микрюков А.А., Мазуров М.Е., Щукина Н.А., Рыленков Д.А.* Актуальные вопросы формирования профессиональных компетенций в области сквозных цифровых технологий (нейротехнологии) // Инновации и инвестиции. 2020. №11. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-voprosy-formirovaniya-professionalnyh-kompetentsiy-v-oblasti-skvozhnyh-tsifrovyyh-tehnologiy-neyrotehnologii>
6. *Стус Е.А., Гончарова О.Н.* К вопросу об оценке уровня сформированности ключевых компетенций обучающихся // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. 2020. №4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-otsenke-urovnya-sformirovannosti-klyuchevyh-kompetentsiy-obuchayuschih-sya>
7. *Кисляков А.Н.* Алгоритм бинарной классификации на основе графов принятия решений в задачах кредитного скоринга // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. № 1. С. 29–41. doi:10.21685/2227- 8486-2021-1-3. – Режим доступа: <https://mss.pnzgu.ru/files/mss.pnzgu.ru/03121.pdf>
8. *Алешева Л.Н.* Интеллектуальные обучающие системы // Вестник ГУУ. 2018. №1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-obuchayuschie-sistemy>

2.3.1.

А.И. Ромащенко, Т.П. Огар, И.М. Харитонов, А.Э. Панфилов

Камышинский технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета,
факультет высшего образования,
кафедра «Автоматизированные системы управления и обработки информации»,
Камышин, ogar@kti.ru

**МЕТОД РАСЧЕТА МАТРИЦЫ ДОСТИЖИМОСТИ ОСТАНОВОК ГОРОДСКОГО
ПАССАЖИРСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА**

В работе описано текущее состояние системы городского пассажирского общественного транспорта. Предложен метод расчета матрицы достижимости остановок, позволяющий повысить эффективность работы модели корреспонденций пассажиров с учетом паттернов данных. Приведен пример расчета матрицы достижимости остановок, результаты которого представлены в табличном виде.

Ключевые слова: моделирование движения общественного транспорта, методы обработки исходных данных, матрица достижимости, система городского пассажирского общественного транспорта.

Транспортная система является одной из основных составных частей инфраструктуры города, которая обеспечивает жизненно важные потребности населения [1, 2]. Функционирование всех отраслей городского хозяйства невозможно без рациональной и налаженной работы системы городского пассажирского общественного транспорта (далее – СГПОТ). Поэтому планирование работы СГПОТ является одной из актуальных задач для различных населенных пунктов. Группа планирования играет ключевую роль в принятии решений о распределении и эффективном использовании ресурсов в городской транспортной системе. Они занимаются принятием централизованных мер, направленных на оптимизацию работы СГПОТ и обеспечение беспрепятственного движения для всех горожан.

Муниципальные пассажирские транспортные компании во многих городах вынуждены конкурировать с частными перевозчиками, из-за чего часто наблюдается наличие нерентабельных маршрутов СГПОТ. Ограничения на стоимость проездного билета, высокие цены на топливо, запасные части и эксплуатационные расходы, а также изношенность подвижного состава и неэффективное расписание движения транспорта по маршрутам – все это оказывает влияние на экономику муниципальных пассажирских транспортных компаний.

В последнее время при планировании пассажирских перевозок нередко применяются методы компьютерного моделирования [3]. В том числе в работе авторов данной статьи предложена модель корреспонденций пассажиров с учетом паттернов данных о СГПОТ (далее – Модель) [4]. Благодаря данной Модели, представляется возможным рассчитать поминутный спрос на перевозку пассажиров на остановках СГПОТ. Для корректной работы Модели на данных любого населенного пункта необходимо предварительно сформировать матрицу достижимости остановочных пунктов СГПОТ. Матрицы достижимости остановок характеризуют распределение транспортных потоков по улично-дорожной сети, и широко используются в транспортном планировании и проектировании организации дорожного движения.

Целью исследования является повышение эффективности работы модели корреспонденций пассажиров с учетом паттернов данных о СГПОТ, за счет применения метода расчета матрицы достижимости остановок.

Под корреспонденцией пассажиров в работе Кузнецовой Л.П. и Семенихина Б.А. понимается перемещения людей от пункта отправления до пункта назначения. Транспортными корреспонденциями называют соответственно передвижения с использованием транспортных средств [5].

Суть предлагаемого метода расчета матрицы достижимости остановок описана далее.

Входные данные для построения матрицы достижимости представлены в виде кортежа, в котором каждый маршрут $r \in R$ характеризуется следующим набором признаков:

$$r = \langle r_ID, r_name, N_str, [s_{ID_0}: s_{ID_m}], R_str \rangle, \quad (1)$$

где r_ID – код маршрута; r_name – название маршрута; N_str – количество остановок, через которые проходит маршрут r ; $[s_{ID_0}: s_{ID_m}]$ – массив кодов остановочных пунктов маршрута; начиная с начальной остановки s_{ID_0} до конечной остановки s_{ID_m} , R_str – расстояние между остановками. Для обеспечения возможности корреспонденций пассажиров в обе стороны каждому маршруту назначен обратный ему маршрут с кодом $r_ID + 1$ и транспонированным массивом остановочных пунктов $[s_{ID_0}: s_{ID_m}]^{(r_ID+1)} = [s_{ID_m}: s_{ID_0}]^{(r_ID)}$.

Матрица достижимости остановок A , которая строится с использованием данного метода, содержит информацию о различных возможных связях между парами остановок s_{ID_0}, s_{ID_m} по маршрутам системы городского пассажирского общественного транспорта:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где элемент матрицы a_{ij} ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$) представляет собой информацию о возможности достижения остановки j от остановки i .

Заполнение матрицы происходит следующим образом: элементу матрицы a_{ij} присваивается составное значение, содержащее коды всех маршрутов, которые проходят от остановки i до j . Помимо маршрутов, связывающих напрямую остановки i, j , элементу a_{ij} присваиваются коды маршрутов, по которым можно добраться от остановки i до j с одной пересадкой.

$$a_{ij}^r = \begin{cases} a_{ij}^r \cup r_{ID}, & \text{если } i_k \rightarrow j_k \\ a_{ij}^r \cup [r_{ID}], & \text{если } i_k \rightarrow \alpha_k \rightarrow j_k, \\ 0, & \text{если } i_k \nrightarrow j_k, i_k \rightarrow \alpha_k \nrightarrow j_k \end{cases} \quad (3)$$

где α – промежуточная остановка.

Выходные данные, представленные в таблице размерности N , где N – количество остановок СГПОТ, включают:

- названия остановочных пунктов и районов;
- данные о маршрутах, с учетом их направления (прямой, обратный, кольцевой) и вида транспорта.

Пример расчета матрицы достижимости остановок в табличном виде представлен на рисунке 1:

	Остановка 1	Остановка 2	Остановка 3	Остановка 4	Остановка 5	Остановка 6	Остановка 7	Остановка 8	Остановка 9	Остановка 10	Остановка 11	Остановка 12
Остановка 1		12 (0,63),	12 (1,17),	12 (1,7),	12 (2,54),	12 (3,09),	12 (3,96),	12 (4,75),	12 (5,16),	12 (6,02),	[12, 27; 10] (8,	[12, 27; 10] (7,
Остановка 2	11 (0,63),		12 (0,54), 3 ((	12 (1,07), 3 ((	12 (1,91), 3 ((	12 (2,46), 3 ((	12 (3,33), 3 (3,	12 (4,12), 3 (4,	12 (4,53), 3 (4,	12 (5,39), 3 (5,	[81, 27; 21] (6,	[81, 27; 21] (5,
Остановка 3	11 (1,17),	11 (0,54), 4 ((		12 (0,53), 3 ((	12 (1,37), 3 ((	12 (1,92), 3 ((	12 (2,79), 3 (2,	12 (3,58), 3 (3,	12 (3,99), 3 (3,	12 (4,85), 3 (4,	[12, 27; 10] (7,	[12, 27; 10] (6,
Остановка 4	11 (1,7),	11 (1,07), 4 ((	11 (0,53), 4 ((		5 (0,84), 12 ((	5 (1,39), 12 ((	12 (2,26), 5 (2,	12 (3,05), 5 (3,	12 (3,46), 5 (3,	12 (4,32), 3 (4,	[5, 27; 10] (6,	[5, 27; 10] (5,
Остановка 5	11 (2,54),	11 (1,91), 4 ((	11 (1,37), 4 ((	6 (0,84), 11 ((		5 (0,55), 12 ((	12 (1,42), 5 (1,	12 (2,21), 5 (2,	12 (2,62), 5 (2,	12 (3,48), 3 (3,	[5, 27; 10] (5,	[5, 27; 10] (5,
Остановка 6	11 (3,09),	11 (2,46), 4 ((	11 (1,92), 4 ((	6 (1,39), 11 ((	6 (0,55), 11 ((		12 (0,87), 5 (0,	12 (1,66), 5 (1,	12 (2,07), 5 (2,	12 (2,93), 3 (2,	[5, 27; 10] (5,	[5, 27; 10] (4,
Остановка 7	11 (3,96),	11 (3,33), 4 ((	11 (2,79), 4 ((	11 (2,26), 6 ((	11 (1,42), 6 ((	11 (0,87), 6 ((		27 (0,79), 29 (0	27 (1,2), 29 (1,	12 (2,06), 3 (2,	27 (4,33),	27 (3,65),
Остановка 8	11 (4,75),	11 (4,12), 4 ((	11 (3,58), 4 ((	11 (3,05), 6 ((	11 (2,21), 6 ((	11 (1,66), 6 ((	128 (0,79), 30 ((		27 (0,41), 29 ((	12 (1,27), 3 (1,	27 (3,54),	27 (2,86),
Остановка 9	11 (5,16),	11 (4,53), 4 ((	11 (3,99), 4 ((	11 (3,46), 6 ((	11 (2,62), 6 ((	11 (2,07), 6 ((	28 (1,2), 30 (1,	28 (0,41), 30 (0		12 (0,86), 3 (0,	27 (3,13),	27 (2,45),
Остановка 10	11 (5,57),	11 (4,94), 4 ((	11 (4,4), 4 ((	11 (3,87), 4 ((	11 (3,03), 4 ((	11 (2,48), 4 ((	11 (1,61), 4 (1,	11 (0,82), 4 (0,	11 (0,41), 4 (0,		13 (3,08),	13 (2,4),
Остановка 11	11 (6,02),	11 (5,39), 4 ((	11 (4,85), 4 ((	11 (4,32), 4 ((	11 (3,48), 4 ((	11 (2,93), 4 ((	11 (2,06), 4 (2,	11 (1,27), 4 (1,	11 (0,86), 4 (0,	14 (3,53), 38 ((		13 (2,85), 37 ((
Остановка 12	[28, 11; 13] (	[28, 137; 21] (	[28, 11; 13] (	[38, 6; 21] (	[6 [38, 6; 21] (	[5 [38, 6; 21] (	5 28 (4,33),	28 (3,54),	28 (3,13),	14 (3,08),	36 (0,68), 37 (0	

Рис. 1 – Результат формирования матрицы достижимости

Строки этой таблицы соответствуют остановке отправления, столбцы соответствуют остановке назначения, а в ячейках на пересечении строк и столбцов хранятся возможные маршруты проезда от остановки отправления до остановки назначения. Информация о

маршрутах записана в сокращенном виде для компактности представления. Примером беспересадочных маршрутов является «12 (0,79), 3 (0,79), 1 (0,79)», где:

- числа перед скобками (12, 3 и 1) – маршруты, по которым можно добраться без пересадки с остановки от остановки отправления до остановки назначения;
- числа внутри круглых скобок (0,79) – расстояние между остановками в километрах.

Если между двумя остановками нет беспересадочных маршрутов, но есть маршрут с одной пересадкой, то данные записываются в виде: «[123, 11; 3] (29,315)», где:

- квадратные скобки показывают признак маршрута с одной пересадкой;
- первое число в скобках (123) – код маршрута от остановки отправления;
- второе число в скобках (11) – код маршрута после остановки пересадки;
- третье число в скобках (3) – код остановки пересадки;
- числа внутри круглых скобок (29, 315) – расстояние между остановкой отправления до остановки назначения в километрах.

Если на пересечениях строки и столбца нет пути проезда между соответствующими остановками даже с одной пересадкой, то данная ячейка остается пустой.

В дальнейшем планируется использовать предложенный авторами статьи метод в системе поддержки принятия решений управления пассажирскими перевозками для обнаружения участков с высоким дублированием маршрутов [6]. Применение данного метода позволит снизить загруженность дорог без ущерба для интересов пассажиров.

Список литературы

1. Щеглов В.А. Качество городских пассажирских перевозок общественным транспортом / В. А. Щеглов // Транспорт и сервис. – 2015. – № 3. – С. 23-30.
2. Постников В.П. Анализ функционирования общественного пассажирского транспорта в крупных городах / В. П. Постников // Наука и техника транспорта. – 2016. – № 2. – С. 100-107.
3. Петрова Е.А., Филимонова Т.К., Овсенко Г.А., Кремлева Э.Ш. Математическая модель расчета характеристик транспортного маршрута / Научно-технический вестник Поволжья. №9. 2023. С.39-42.
4. Крушель Е.Г., Огар Т.П., Панфилов А.Э., Степанченко И.В., Степанченко О.В., Харитонов И. М. Разработка модели перемещения пассажиропотока, пригодной для выявления скрытых закономерностей в процессах формирования пассажиропотока // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6703.
5. Кузнецова Л.П. Пассажирские перевозки: учеб. пособие / Л.П. Кузнецова. Б.А. Семенихин; Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО "Университетская книга", Курск, 2015. - 153 с.
6. Огар Т.П., Степанченко И.В., Харитонов И.М., Панфилов А.Э., Дегтярев А.Д., Степанченко О.В. Поддержка принятия решений в задачах управления городским пассажирским общественным транспортом // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 12. – С. 171-173.

2.3.1.

В.А. Скуратов, К.А. Кузьмин, И.В. Нелин

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
viktor.skuratov@gmail.com, nelin.iv@yandex.ru, konstantin.alexandrovich@yahoo.com

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И АНАЛИЗА СТАТИСТИКИ ЦЕНОВЫХ
МОДЕЛЕЙ БИРЖЕВЫХ КОТИРОВОК**

В статье рассмотрен подход к проектированию экспертной системы для автоматизированного сбора и анализа статистических данных биржевых котировок на основе сверточной нейронной сети, представлены результаты исследования. Приводится описание алгоритма нейронной сети, а также результаты проведенного эксперимента. На основе полученных в ходе научного исследования данных авторами предложены способы внедрения и практического использования.

Ключевые слова: автоматизированный сбор и анализ данных, тренд, сверточная нейронная сеть, экспертная система, искусственный интеллект.

Введение

Для достижения эффективности операций на финансовых рынках аналитики должны анализировать рыночные тенденции, проводить статистические исследования и отслеживать изменения цен активов в режиме реального времени. Технический анализ, который представляет собой метод оценки финансовых рынков, основанный на выявлении статистических закономерностей в движении цен, является ключевым инструментом для принятия торговых решений. Этот анализ включает в себя поиск и интерпретацию ценовых моделей (паттернов) на графиках котировок, которые прогнозируют поведение цен на основе анализа исторических данных. В отличие от индикаторов фундаментального анализа, паттерны не имеют точной статистической оценки своей эффективности, что вынуждает участников рынка экстраполировать полученные данные на различные финансовые инструменты, что может негативно повлиять на принимаемые решения. Однако с развитием технологий искусственного интеллекта область технического анализа приобретает новые перспективы для исследований и инвестиций, открывая пути повышения точности и эффективности аналитических методов. Данная научная работа является продолжением статьи [1], в которой описано применение сверточной нейронной сети для создания детектора ценовых моделей (паттернов), а также работы [2], в которой описано создание нейросетевого алгоритма автоматизированного сбора и анализа статистики графиков биржевых котировок.

Одним из методов распознавания образов является использование нейронных сетей (НС). На сегодняшний день существует целый ряд работ, где исследовано использование нейросетевых технологий для работы с фондовыми рынками. В работе [3] авторы используют методы глубокого обучения для прогнозов внутридневных корреляций в стабильных и не стабильных рыночных условиях, результат научной работы демонстрирует ценность подходов глубокого обучения для эконометрики и диверсификации рисков. В [4] представлен метод прогнозирования цены с использованием методов машинного обучения. В качестве датасетов выступали такие данные как: максимум, минимум, цена на открытии, цена на закрытии и объемы торгов выбранных котировок. Результат работы подтверждают эффективность применения искусственного интеллекта для решения задачи прогнозирования цены. В [5] авторы изучают вопрос прогнозирования направления

движения цены с помощью машинного обучения. Из вышесказанного следует, что на данный момент исследователи, аналитики и инвесторы сохраняют высокий интерес к разработкам алгоритмов и приложений для фондового рынка.

Цель настоящей статьи – создание алгоритма нейросетевой экспертной системы для автоматизированного сбора и анализа статистики ценовых моделей для применения в составе экспертной системы автоматизированного сбора и анализа статистики, эффективности и оценки прибыльности биржевых котировок. Для достижения цели были сформулированы следующие задачи: 1) определение принципов работы алгоритма нейросетевой экспертной системы для автоматизированного сбора и анализа статистики ценовых моделей (паттернов), 2) создание схемы взаимодействия детектора фигур и алгоритма поиска наиболее прибыльной стратегии.

Принцип работы алгоритма сбора и анализа статистики графиков биржевых котировок

Анализ данных котировок, представленный на рис. 1, осуществляется последовательно следующими ранее разработанными инструментами:

- нейросетевой детектор паттернов производит поиск точных границ выбранных пользователем ценовых моделей (паттернов) технического анализа различных размеров на графиках биржевых котировок;

- математический алгоритм сбора и анализа статистики автоматически адаптирует параметры трендовых линий под паттерны различного размера и определяет тип паттерна (например «Двойное дно» или Восходящий треугольник»), амплитуду A_3 и длительность фигуры L_2 , а также соответствующие параметры A_1 и L_1 для тренда перед фигурой. Далее алгоритм анализирует характер движения цены акции после паттерна (отработка), цена растет или убывает, и в случае роста, определяется его эффективность, т.е. за какой промежуток L_3 достигаются заданные показатели прибыли A_2 .

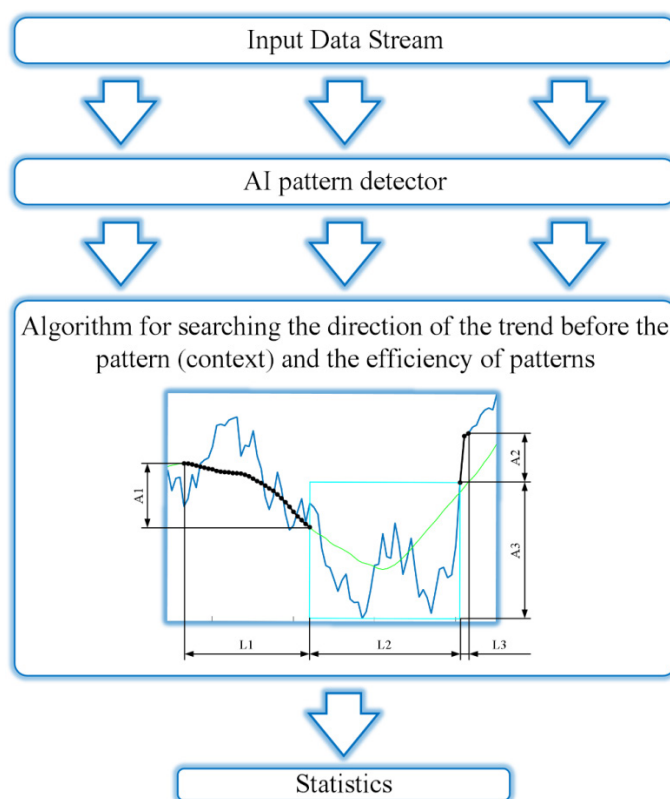


Рис. 1 - Алгоритм сбора и анализа статистики графиков биржевых котировок

Наиболее оптимальной стратегией принимается стратегия, торговля по которой даёт максимальный доход за выбранный временной отрезок исторических данных. Суть применяемой системы торговли по отложенным ордерам "Stop loss/Take profit" состоит в том, что после образования паттерна (ценовой модели) открывается ордер на покупку или

продажу котировки, а при достижении целевой цены ордер закрывается. Целевая цена выставляется как для прибыльной динамики (profit), так и для убыточной (loss). Эффективность стратегии определяется полученной прибылью от разницы значений цены котировки в моменты открытия и закрытия ордера. Итого, для торговли по системе "Stop loss/Take profit" необходимы следующие данные: цена открытия ордера, цена закрытия ордера с прибылью, цена закрытия ордера с убытком. Алгоритм определения оптимальной стратегии торговли по паттернам на исторических данных, представленный на рис. 2, работает следующим образом:

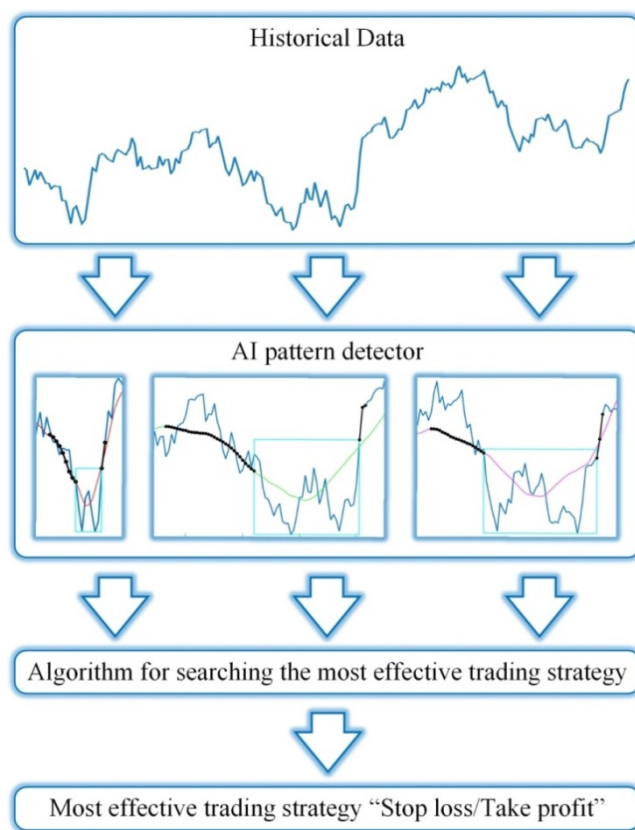


Рис. 2 - Алгоритм определения оптимальной стратегии торговли по паттернам на исторических данных

1) В алгоритм для анализа были загружены исторические данные цен закрытия по биржевому индексу Dow Jones Industrial Average дневного таймфрейма за 2002-2019 годы. Исторические данные цены котировки в виде вектора-столбца (1) подаются в нейросетевой детектор паттернов, где происходит поиск фигур и определяются их точные границы;

$$\bar{x} = [x_1, x_2, \dots, x_i]^T. \quad (1)$$

2) Для найденных паттернов определяется тип тренда перед ними (контекст), а также амплитуда и количество точек отработки после фигуры;

3) Амплитудные значения для всех найденных фигур нормируются к 1 по формуле (2) и к ним применяется единая стратегия торговли "Stop loss/Take profit" с соответственно нормированной ценой продажи;

$$f(i, \bar{x}) = \frac{x_i - \min(\bar{x})}{\max(\bar{x}) - \min(\bar{x})}, \quad (2)$$

где $f()$ – функция нормализации, i – порядковый номер дискрета фигуры, $\bar{x}$ – вектор-столбец значений цены.

4) Значение цены продажи варьируется с крупным шагом и определяется максимальный доход от выбранной стратегии за весь период исторических данных; 5) После определения локальных максимумов для найденных промежутков значений происходит уплотнение вычислительной сетки и определяется наиболее прибыльная стратегия торговли;

5) Производится расчёт для каждого типа тренда перед фигурами (нисходящий, восходящий и боковой (flat, когда цена практически не меняется) тренды), а также для их совокупности (например, только нисходящий тренд и flat);

6) Определяется оптимальная стратегия торговли по выбранным паттернам с учетом тренда перед ними.

Заключение

Для сравнения были выбраны стратегии торговли по одной фигуре "Двойное дно" и по совокупности двух фигур "Двойное дно" и "Восходящий треугольник". За выбранный временной промежуток исторических данных алгоритмом были найдены 46 фигур "Двойное дно" и 47 фигур "Восходящий треугольник". В результате, автоматически сгенерированные стратегии на основе данных за 2002-2019 годы дали доходность 42% с паттерном "Двойное дно" и 39,5% для паттернов "Двойное дно" и "Восходящий треугольник" за 2020-2021 годы. Поиск паттернов и получение статистики на исторических данных за 2002-2019 годы занимает 2.78 секунды, а поиск наиболее оптимальной стратегии торговли разработанным алгоритмом составил порядка 8 секунд. Анализ доходности найденной по историческим данным стратегии за 2020-2021 годы составил порядка 0,04 секунды. По точности и скорости работы созданный детектор соответствует мировым аналогам, позволяя проводить анализ данных в режиме реального времени и за любой временной отрезок, что соответствует современным требованиям рынка и не доступно аналогичным открытым решениям. Статистика, полученная при использовании алгоритма, может быть интересна широкому кругу аналитиков и профессиональных участников фондового рынка.

Список литературы

1. Skuratov V., Kuzmin K., Nelin, I., Sedankin, M. Application of a convolutional neural network to create a detector of technical analysis figures on exchange quotes charts. EUREKA: Physics and Engineering 2019, 6, 50-56
2. Skuratov V., Kuzmin K., Nelin I.; Sedankin M. Creation of neural network algorithm for automated collection and analysis of statistics of exchange quotes graphics charts. EUREKA: Physics and Engineering 2020, 3, 22-29
3. Moews B., Ibikunle G. Predictive intraday correlations in stable and volatile market environments: Evidence from deep learning. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 2020, 547, 124392
4. Vijn M., Chandola D., Tikkiwal V.A., Kumar A. Stock closing price prediction using machine learning techniques. Procedia computer science 2020, 167, 599-606
5. Ismail M.S., Noorani M.S., Ismail, M., Razak, F.A., Alias, M.A.: Predicting next day direction of stock price movement using machine learning methods with persistent homology: Evidence from Kuala Lumpur Stock Exchange. Appl. Soft Comput 2020, 93, 106422

2.3.1.

А.Ю. Ужаринский, А.В. Коськин, С.В. Новиков

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»,
Орел

**ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕЖДУ СЕРВИСАМИ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ВУЗА**

В статье рассматриваются подходы к построению информационной системы ВУЗа. Описываются особенности построения информационной системы в Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева. Показан механизм организации взаимодействия между информационными сервисами ВУЗа для реализации бизнес-процесса учёта эффективности деятельности сотрудников.

Ключевые слова: *информационная система, ERP-системы, web-сервисы, автоматизация процессов управления, базы данных.*

Деятельность современного высшего учебного заведения (ВУЗа) носит сложный многопрофильный характер. В рамках ВУЗа решаются задачи в различных сферах деятельности: образовательной, воспитательной, научной, социальной, творческой, производственной и др. Эффективное решение всех стоящих перед ВУЗом задач невозможно без применения современных информационных систем. При решении вопроса автоматизации деятельности ВУЗа существует два подхода: создание единой централизованной системы управляющей всеми аспектами деятельности, или разработка отдельных сервисов для решения узкоспециализированных задач [1].

Централизованный подход предполагает создание единой системы для решения всех задач ВУЗа. Примерами таких систем являются системы 1С-Университет, ТАНДЕМ.Университет, Галактика Управление ВУЗом и др. Данные решения строятся на основе популярных ERP систем, адаптированных к специфике деятельности ВУЗа. Особенности таких решений является комплексная автоматизация всех процессов в одном приложении. В основе таких систем лежит единая база данных, хранящая всю информацию о деятельности ВУЗа. Программное обеспечение состоит из модулей, решающих различные задачи автоматизации. Все модули работают с единой моделью данных. Преимуществом таких решений является простота хранения и доступа ко всем необходимым данным в одном приложении, отсутствие проблем дублирования и поддержания целостности данных. Минусом таких решений является сложность их модернизации и настройки под особенности работы конкретных организаций. При появлении новой задачи автоматизации часто надо вносить изменения в уже работающий функционал, требующие существенных затрат времени и ресурсов.

Сервисориентированный подход предполагает создание вместо единого приложения набора сервисов [2]. Каждый сервис направлен на решение собственной задачи автоматизации. Сервисы слабо связаны между собой. Они не используют единого хранилища данных, а хранят только необходимую для их работы информацию. Обмен информацией с иными сервисами осуществляется по специальным протоколам через коммуникационные сети. Плюсом такого решения является гибкость и масштабируемость. Можно легко наращивать систему за счёт создания новых сервисов, при этом разработка нового сервиса не оказывает влияния на существующие сервисы в системе. Также упрощается контроль доступа пользователей к ресурсам системы путём предоставления им только тех сервисов, которые необходимы для выполнения их задач. Минусом такого подхода является сложность поддержания целостности и актуальности данных,

а также сложность организации информационного взаимодействия между сервисами. Каждый сервис хранит свои собственные данные и для своей работы может использовать данные, формируемые в другом сервисе. Для этого нужно организовать эффективный информационный обмен между сервисами с учётом поддержания безопасности и целостности данных.

В ОГУ им. И.С. Тургенева применяется смешанный подход к организации информационной системы управления ВУЗом. Основные административные функции автоматизируются в рамках централизованного решения – информационная система управления учебным процессом (ИСУУП) ВУЗа. Это модульная система, относящаяся к классу ERP-систем. В рамках этой системы решаются основные административные задачи, такие как составление учебных планов, расчёт нагрузки, личный учёт, контроль успеваемости, составление расписания и др. Она построена по принципу предоставления каждому пользователю персонального клиента с набором функций, доступных именно этому пользователю в соответствии с его полномочиями. Пользователями данной системы выступает в основном административный управленческий персонал. При этом количество пользователей ограничено. Вся информация в рамках системы ИСУУП хранится в единой базе данных, доступ к которой возможен только в локальной сети ВУЗа. В этой базе хранятся наиболее важные и конфиденциальные данные, которые требуют повышенного уровня защиты.

Для решения широкого круга повседневных рутинных задач помимо централизованной системы в рамках web-представительства ВУЗа функционирует набор web-сервисов. Количество таких сервисов постоянно растёт. Сервисы доступны в сети интернет. Особенностью построения системы сервисов в ОГУ им. И.С. Тургенева является отказ от изолированного хранения данных в рамках каждого сервиса. Все сервисы работают с общей базой данных, в которой каждый сервис хранит свою информацию в собственных таблицах. База данных сервисов физически отделена от базы данных ИСУУП и находится за рамками защищённого контура доступа. Также эта база данных синхронизируется с базой данных ИСУУП для получения информации, не относящейся к категории конфиденциальной информации и необходимой для работы сервисов. Такой подход позволяет переложить решение проблем целостности данных и информационного обмена между сервисами на уровень СУБД, как это происходит в централизованных системах. При этом сохраняется гибкость построенной системы, так как каждый сервис является независимым и создаётся для решения конкретной задачи. Все сервисы можно разделить административные, социальные, информационные, образовательные, прочие [3].

Таблица 1 – Сервисы ОГУ им И.С. Тургенева

Категория	Наименование цифрового сервиса	Особенности
1	2	3
административные	• Заполнение показателей эффективного контракта, сервис подачи заявок на конкурс руководителей образовательных программ (РОП) • Заполнение обходных листов • Учёт научных публикаций сотрудников • Учёт заявок на гранты • Учёт пройденных повышений квалификации • Распределение учебной нагрузки • Автоматизация работы приёмной комиссии • Публикация распоряжений и приказов	Предназначены для внутреннего использования в организации. Решают административные задачи.

Продолжение таблицы 1.

1	2	3
Образовательные	<i>Учебные:</i> • Система онлайн обучения (LMS) • Публикация заданий и методических материалов • Система рецензирования и оценки учебных работ <i>Организационные:</i> • Расписание занятий • Расписание сессий и пересдач • Текущий и рубежный контроль • Отметка посещаемости • Публикация образовательных программ • Дистанционная выдача ведомостей	Образовательные сервисы организуют взаимодействие между преподавателем и студентами в процессе обучения. Они используют информацию об учебной нагрузке и структуре учебного процесса, сформированную в административных сервисах.
Социальные	• личные кабинеты сотрудников и студентов • запись на спортивные секции • электронное портфолио • система сообщений • система уведомлений • информация о студенческих группах	Позволяют организовать эффективное общение и взаимодействие между студентами, преподавателями и сотрудниками ВУЗа. Имеют высокую популярность и большие объёмы хранимых и обрабатываемых данных.
Информационные	• новости и объявления • объявления о защите диссертаций • обратная связь • сведения об образовательной организации • страницы структурных подразделений • электронная библиотека • виртуальные экскурсии	Доступны неограниченному кругу лиц, в связи с чем необходимо наглядно и понятно представлять информацию. Информация в данных сервисах должна быть систематизирована и структурирована для облегчения её поиска в системе.
Прочие	• поиск ошибок на сайте • иноязычные версии сайта	

Перечень представленных сервисов не является исчерпывающим. Постоянно появляются новые сервисы, решающие отдельные задачи автоматизации работы ВУЗа. Каждый сервис оперирует собственными данными и взаимодействует с другими сервисами для обмена информацией. Важной особенностью построения сервис-ориентированной системы в ОГУ им. И.С. Тургенева является тот факт, что все сервисы хранят свои данные в рамках единой базы данных, что упрощает взаимодействие между сервисами. Нет необходимости разрабатывать специальные протоколы и АПИ для организации информационного обмена. Доступ к информации сервисов осуществляется на уровне простых запросов к базе данных.

Рассмотрим механизм взаимодействия сервисов на примере бизнес-процесса учёта эффективности деятельности сотрудников ВУЗа. В рамках данного процесса формируется набор показателей по которым происходит оценка деятельности сотрудников в ВУЗе. Сотрудники заполняют указанные показатели. На основе результатов заполнения подсчитывается итоговый балл, набранный сотрудником и строится рейтинг сотрудников. Модель бизнес-процессов для описанного вида деятельности представлена на рисунке 1.

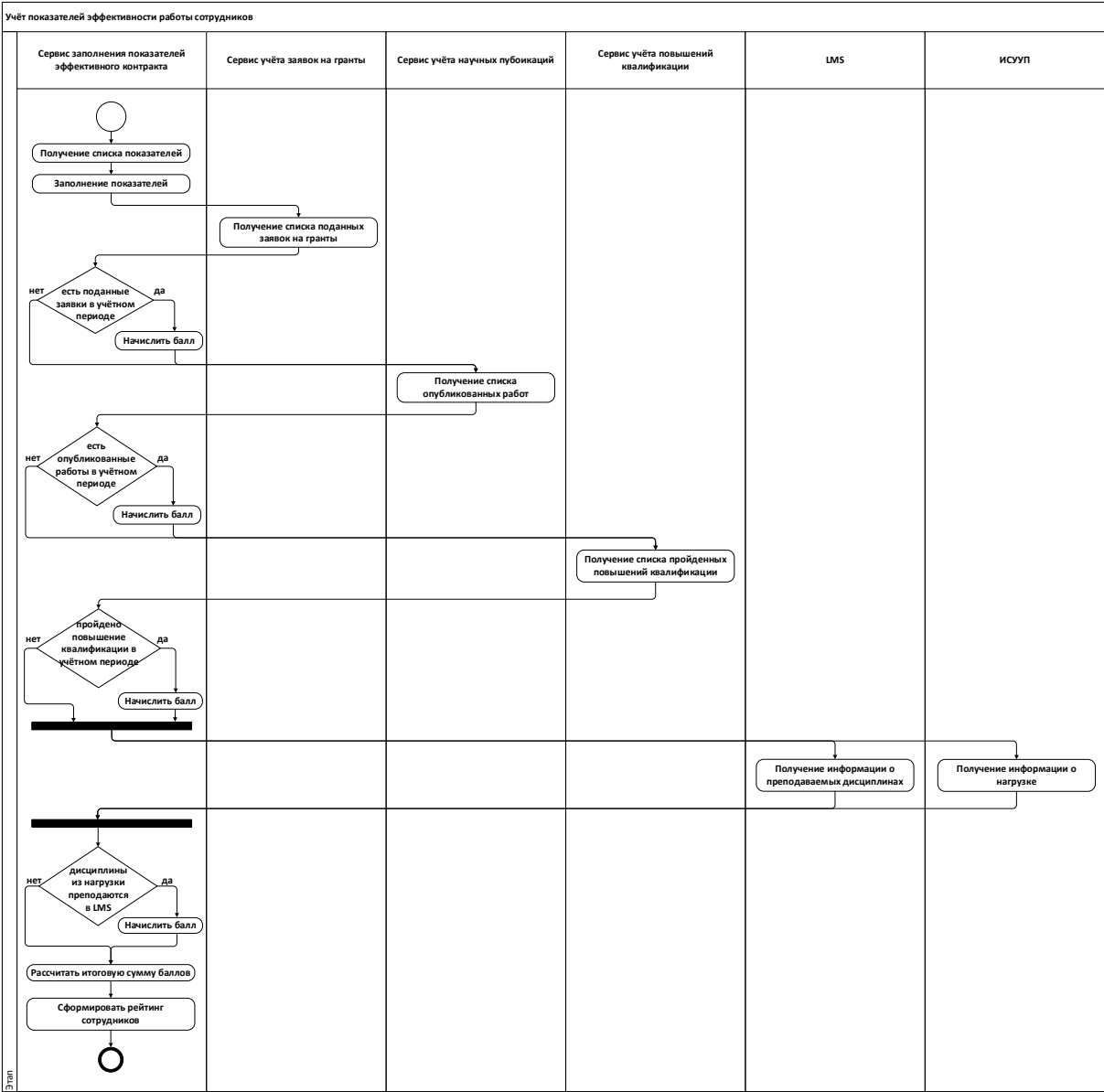


Рис.1 - Модель процесса учёта эффективности работы сотрудников

Базовым сервисом, реализующим описываемый бизнес-процесс является сервис заполнения показателей эффективности сотрудников. В рамках этого сервиса администраторы системы производят первичную настройку показателей, подлежащих учёту. Для корректной работы сервису нужна общая информация о сотрудниках ВУЗа и их подразделениях. Эта информация поступает в сервис на основе данных, хранимых в ИСУУП. Перенос данных осуществляется путём репликации из базы данных ИСУУП в базу данных сервисов.

После начала периода заполнения сотрудники ВУЗа получают возможность вносить свои данные о выполнении показателей. Часть показателей предполагает непосредственное заполнение в данном сервисе. Другие показатели заполняются автоматически на основе данных, вводимых в других сервисах. Так, информация об опубликованных научных статьях берётся из сервиса учёта научных публикаций на основе имеющихся там данных, введённых

ранее. Полученные от сервиса учёта научных публикаций данные анализируются в сервисе заполнения эффективного контракта; на основе анализа принимается решение о начислении сотруднику баллов по соответствующему показателю или нет. Аналогичная ситуация происходит с данными сервиса учёта поданных заявок на гранты. Информация о поданных к моменту расчёта показателей эффективности заявках попадает в сервис учёта показателей эффективности где принимается решение о начислении баллов. Данные о повышении квалификации сотрудников заполняются в сервисе учёта повышений квалификации и также попадают в эффективный контракт из этого сервиса автоматически. Информация о реализуемых с применением дистанционных технологий дисциплинах из учебного плана формируется на основе сведений из двух источников: информации из сервиса распределения нагрузки о преподаваемых преподавателем дисциплинах из учебного плана и информации из системы дистанционного обучения о закреплённых за сотрудником курсах. Если находится пересечение между списком преподаваемых дисциплин и закреплённых курсах, то сотруднику начисляется балл за преподавание дисциплины с использованием дистанционных технологий. После суммирования баллов за введённые сотрудником вручную показатели, и показатели, рассчитанные автоматически на основе данных, введённых в других сервисах вычисляется итоговый балл, который и определяет рейтинг сотрудника.

Заключение.

Применение описанного механизма позволяет с одной стороны облегчить работу сотрудника путём предоставления ему простых специализированных сервисов, оптимизированных под решение конкретных задач. С другой стороны такой подход исключает дублирование данных, нарушение целостности и снимает проблемы информационного обмена между сервисами. Один раз введённая в одном сервисе информация доступна во всех остальных сервисах, где она необходима. При этом применение внутреннего и внешнего защитного контура и разделение баз данных на внутреннюю и общедоступную позволяет достичь требуемого уровня безопасности и защищённости при работе с персональными данными сотрудников и студентов.

Список литературы

1. Ужаринский А.Ю. Место web-сервисов в системе управления образовательным учреждением [Текст] / А.Ю. Ужаринский, А.В.Коськин, Е.А. Титенко // Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2012. – № 3/36. – С. 90-99
2. Новиков С.В. Опыт формирования электронной информационно-образовательной среды университета на базе гетерогенной информационной системы [Текст] / С.В. Новиков, А.Ю. Ужаринский, А.И. Фролов, А.В. Коськин, В.Н. Волков // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции (Новосибирск, 16–17 мая 2019 г.). – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2019. – 596 с. – С. 438 – 441.
3. Ужаринский А.Ю. Опыт построения электронной информационно-образовательной среды в Орловском государственном университете им. И.С. Тургенева / А. Ю. Ужаринский, А. В. Коськин, С. В. Новиков // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023) : Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции, Белгород, 31 мая – 02 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 348-351. – EDN UYDEMР.

2.3.1.

А.Ю. Унгер

МИРЭА – Российский технологический университет,
институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,
Москва, unger@mirea.ru

**ЗОНАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СИНТАКСИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ
СТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ**

В работе рассматривается подход к распознаванию формальных языков с помощью контекстно-независимого зонального разбора. Показано, как можно адаптировать существующую грамматику языка программирования к виду, пригодному для распознавания. Предлагаемый алгоритм, применим к широкому классу контекстно-свободных грамматик. Показано, что скорость работы алгоритма практически не зависит от длины входной строки, таким образом, разбор может быть осуществлен со скоростью, пропорциональной скорости печати. Результаты, полученные аналитически, полностью совпадают с результатами имитационного моделирования.

Ключевые слова: *контекстно-свободная грамматика, зональный синтаксический анализ, дерево разбора, подсветка синтаксиса, фолдинг.*

Введение. Наиболее востребованные современные языки программирования не являются контекстно-свободными в строгом смысле этого слова. Для полного их анализа требуется знание не только грамматической структуры, но и области (*scope*), в которой встретился тот или иной нетерминал [1]. Несмотря на это, большинство современных методов анализа строятся именно на контекстно-свободной грамматической структуре, которую расширяют дополнительными контекстно-зависимыми проверками. Вследствие этого только анализ листинга исходного кода может занимать продолжительное время, и не может выполняться в режиме реального времени.

С другой стороны, в такой популярной задаче, как подсветка синтаксиса, не требуется выполнять полный синтаксический разбор. Применительно к инструментам редактирования кода требуется выполнить ряд требований. Во-первых, разбор должен осуществляться со скоростью ввода символов. Во-вторых, требуется не только выделить ключевые лексемы языка, но и определить их роль в синтаксической структуре программы. В зависимости от роли лексемы можно выполнить такие обязательные для редактора кода функции, как расстановка отступов и *фолдинг*.

Среди наиболее передовых решений, применяемый в практике проектирования редакторов кода, следует назвать инкрементный синтаксический разбор [2]. Данный подход позволяет возобновить анализ практически с любого места дерева разбора. К достоинствам подхода следует отнести высокую скорость разбора и толерантность по отношению к синтаксическим ошибкам. К недостаткам следует отнести большой размер исходной библиотеки, который может оказаться неприемлемым, например, для онлайн-редакторов кода.

Постановка задачи. В качестве вводных данных примем следующие основные положения.

1. Алгоритм должен работать со скоростью поступления лексем. Разбирать уже написанную часть программы после ввода каждого нового символа нерационально, следовательно, для целей анализа будем рассматривать только текущую и предыдущую строки текста.

2. Анализ должен выполняться по традиционной двухфазной схеме, т.е. связкой лексического и синтаксического анализатора. За первую фазу отвечает процедура *token*, за вторую – *parse*.

3. В конце каждой строки необходимо сохранять состояние, хранящее редуцированное дерево разбора, начиная с первой строки кода.

4. Состояние должно хранить не только результат синтаксического разбора, но и все идентификаторы, встретившиеся по мере продвижения по тексту программы. Это требование необходимо для того, чтобы помимо подсветки поддерживать функцию автодополнения.

5. Алгоритм должен быть толерантным к ошибкам ввода, которые неизбежны в процессе написания кода.

Положения 1, 3 и 5 приводят к тому, что алгоритм должен работать по принципу *распознавателя*, т.е. выявлять только самые общие синтаксические структуры, представляющие интерес в контексте решаемой задачи.

Структура алгоритма. Основной синтаксической структурой, которая встречается во многих, так называемых «скобочных» языках программирования, к которым относятся C, C++ и Java, является блок. Блоки могут быть ограничены специализированными лексемами или быть частью грамматической структуры. В качестве примера рассмотрим условный оператор, записанный в стиле K&R [3] (листинг 1)

```
if (a == b) {
    f();
}
```

Здесь блок кода ограничен фигурными скобками, содержимое которых печатается с увеличенным отступом. Данным фрагмент кода не содержит синтаксических ошибок, если анализировать его от начала до конца, однако в соответствии с положениями 1 и 3 разбор разбирается на три независимых этапа.

Первый этап включает следующую последовательность лексем: <ключевое слово, начало блока, конец блока, начало блока>. Можно видеть, что в данной последовательности опущено содержимое блока в голове условного оператора. Это связано с тем, что само условие не представляет интерес для целей распознавания. Интерес представляют области (зоны). В зависимости от того, в какой зоне находится курсор алгоритм принимает решение об отступе текущей строки и возможности складывания кода (фолдинге).

Введем в рассмотрение *контекст*, как один из элементов текущего состояния. Контекст представляет собой стек и хранит текущую вложенность операторов. В стеке хранится тип блока, текущий отступ и текущий уровень.

Выделим следующие типы блоков, применимые к таким языкам, как C++ и Java: ‘}’, ‘]’ и ‘)’. Каждый из этих типов может быть вложенным один в другой произвольное множество раз. Данное утверждение не верно с точки зрения синтаксического анализа, однако вполне допустимо с точки зрения подсветки синтаксиса. Единственным обязательным требованием является требование, чтобы блоки разных типов не пересекались, другими словами:

$$(\forall i \neq i + 1) B_{i+1} \cap B_i = \emptyset. \quad (1)$$

Здесь B_i – текущий блок, B_{i+1} – следующий. Строго говоря, помимо перечисленных типов блоков, во многих языках встречаются сокращенные операторы, которые также необходимо учитывать. Например, листинг 2

```
if (a == b)
    f();
```

с точки зрения синтаксиса не отличается от листинга 1, приведенного выше, однако с точки зрения подсветки во втором случае отступ получит только строка, расположенная непосредственно после условного оператора. Данная ситуация требует введения дополнительных типов блоков, а именно, применительно к языкам C++ и Java, *if*, *for* и *while*.

Для анализа этих двух случаев, запишем грамматическое правило:

`Block := if | for | while (Expr) [{] {Stmt;} [}]`

Здесь терминалы выделены жирным, необязательная конструкция заключена в квадратные скобки, а повторяющаяся – в фигурные [4].

Рассмотрим дерево синтаксического разбора (рис. 1)

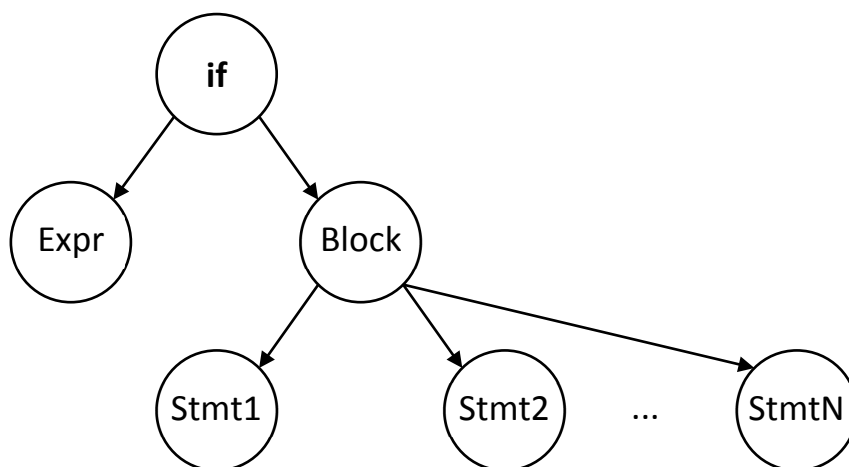


Рис. 1 – Дерево разбора условного оператора

Из дерева разбора видно, как следует разбить программу на зоны. После прочтения лексемы, соответствующей ключевому слову **if**, алгоритм входит в зону **if**, при этом в стек записывается информация об отступе строки, в которой встретился условный оператор, а также о текущей высоте стека. Далее, реализуя левосторонний обход в глубину, распознаватель входит в блок *Expr*, обрамленный круглыми скобками. Далее курсор покидает зону выражения и входит в блок операторов, число которых может быть большим или равным единице. Покидая блок операторов, курсор возвращается в блок **if** и покидает его. Ниже показано, как меняется состояние распознавателя в зависимости от текущей лексемы.

1. `[ ] <- if`; 2. `[if] <- (;` 3. `[if, (] <- )`; 4. `[if] <- {;` 5. `[if, {] <- }`; 6. `[if]`.

В результате распознаватель оказывается в состоянии **if**, из которого он может выйти по любой лексеме, не являющейся началом нового блока.

Ситуация, требующая отдельной обработки, встречается, если блок не обрамлен пограничными лексемами (листинг 2). В этом случае при выходе из зоны необходимо «раскручивать» стек до тех пор, пока не встретится оператор, не являющийся ни одним из **if**, **for** или **while**.

Заключение. Задача редактирования структурированных текстов является актуальной, как с точки зрения отзывчивости для пользователя, так и с точки зрения синтаксической строгости. В работе предложен алгоритм распознавания основных синтаксических структур, которые являются фундаментальными блоками в таких языках программирования, как C, C++, Java, ECMAScript, Go, Rust и многих других.

Список литературы

1. Liat Peterfreund. Enumerating grammar-based extractions // Discrete Applied Mathematics. 2023. V.341. pp.372-392.
2. Schmid M. L. Characterising REGEX languages by regular languages equipped with factor-referencing // Information and Computation. 2016. V.249. pp.1-17.
3. Freydenberger D.D., Holldack M. Document spanners: From expressive power to decision problems // Theory Comput. Syst. 2018. V.62, n.4. pp.854-898.
4. Eric R. Van Wyk, August C. Schwerdfeger. Context-aware scanning for parsing extensible languages // Generative programming and component engineering, 6th Int. Conf. GPCE 2007. pp.63-72.

2.3.1.

С.А. Царева, С.С. Паршина, Н.С. Дыбулина, Е.О. Шамин

Ярославский государственный технический университет,
Институт экономики и менеджмента,
Ярославль, tsarevasa@ystu.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В КОНТЕКСТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

В статье приведена характеристика статистического приемочного контроля качества в контексте применения нечетких множеств. Показаны тенденции, связанные с внедрением стандартных процедур статистического приемочного контроля качества в условиях крупного регионального предприятия. ПАО «Ярославский судостроительный завод». Был предложен новый подход реализации статистического приемочного контроля качества, позволивший обосновать разработку специального плана двойной выборки типа DSP (0, 1) с использованием треугольных нечетких чисел.

Ключевые слова: статистический приемочный контроль качества; специальный план двойной выборки; нечеткие множества.

Статистический приемочный контроль (СПК) качества продукции основан на варьировании методов математической статистики, позволяющий обеспечивать качество в непрерывном потоке производимой продукции.

Объектом исследования выбран ПАО «Ярославский судостроительный завод» (ЯСЗ). Актуальность работы определена высокими требованиями к лакокрасочному покрытию судна, обусловленное тем, что именно лакокрасочные покрытия обеспечивают антикоррозионные свойства, направленные на сохранность и защиту его корпуса. Технологический процесс окраски судна на ПАО «ЯСЗ» осуществляется в соответствии с требованиями технологических инструкций. Процесс окраски поверхностей состоит из нескольких стадий: 1) подготовка поверхности; 2) приготовление лакокрасочных материалов (ЛКМ); 3) нанесение ЛКМ.

На этапе подготовки поверхности происходит анализ и устранение дефектов поверхности по МС ISO 8501-3. На поверхности подлежащий окрашиванию, не допускаются: заусенцы, острые кромки радиусом менее 2,0 мм, сварочные брызги, наплывы пайки, прижоги, остатки флюса.

Статистический приемочный контроль (СПК) производится на основе плана, который включает в себя: правила и порядок формирования выборок определенных размеров одноступенчатых, многоступенчатых и последовательных процедур; правила обработки данных контроля и принятия решений по результатам контроля выборок [1]. Согласно стандартизированным требованиям, выделяют контролируемые дефекты для лакокрасочных покрытий, такие как [2]: включения (количество, шт/м, не более; размер, мм, не более; расстояние между включениями, мм, не менее); шагрень (лакокрасочное покрытие, характеризующееся наличием рисунка, напоминающего шагреньевую кожу);

Качество изделия обычно характеризуется несколькими показателями; эти показатели могут коррелироваться между собой. В случае, если независимый контроль проводить по отдельным показателям это может привести к значительным погрешностям; результат контроля часто оказывается неадекватным реальной ситуации: возможны как пропуски фактической разладки процесса, так и необоснованные остановки при выходе используемых статистик за контрольные пределы. Основным критерием СПК является групповой показатель качества, которые отражают количественную характеристику качества совокупности продукции.

План приемочной выборки (одинарной, двойной, цепной и последовательной) по стандартизированным требованиям представляет собой план отбора проб, с указанием доли дефектов, и эта процедура, как правило, считается достаточно обоснованной. Однако, в условиях реального производства отмеченные параметры расплывчаты, а предположения слишком жесткие [3-5]. В связи с чем возникает потребность в использовании теории нечетких множеств к приемной выборке СПК.

В данной работе кратко представим обоснование методики проектирования специального плана двойной выборки типа DSP (0, 1) с использованием нечетких множеств, основанных на нечетком биномиальном распределении. Произведем оценку процесса «Статистический приемочный контроль качества» 5 экспертами по критериям, установленным в [6]. Согласно лингвистической переменной, «выполнение показателя» варьируется между следующими значениями:

- «не выполнено» – менее 0,25 – 1 балл;
- «выполнено меньше, чем на половину» 0,25- 0,5 – 2 балла;
- «выполнено наполовину» – 0,51-0,76 – 3 балла;
- «выполнено больше, чем на половину» – 0,76-0,9 – 4 балла;
- «выполнено» – 0,91-1 – 5 баллов.

Определили индексы нечеткости множеств оценок всех экспертов по каждому вопросу и, тем самым, выявили самые неоднозначные вопросы, при ответе на которые мнения экспертов максимально расходились.

Множество экспертных оценок сведено в виде матрицы X (Табл.1). Имеем массив оценок по 5- бальной системе: по 9 вопросам (столбцы) 5 экспертов (строки). Далее, была построена функция принадлежности $\phi_{ij}(x)$ нечеткого множества экспертных оценок.

Таблица 1 – Матрица X

Эксперты	Вариант вопроса								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X= 1	3	5	4	3	5	4	3	4	4
2	4	4	5	4	5	4	4	4	5
3	4	5	3	3	4	4	3	4	4
4	5	4	4	3	5	4	4	4	5
5	4	4	3	4	5	4	4	4	5

Затем подсчитана частота различных оценок при ответе на каждый вопрос $k:=1..9$ по формуле (1)

$$Z_{j,k} = \sum_{i=1}^5 [(X_i^j)] = k] \quad (1)$$

Матрица частоты оценок Z (табл. 2).

Таблица 2 – Матрица Z

Эксперты	Вариант вопроса								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Z= 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	2	3	0	0	2	0	0
4	3	3	2	2	1	5	3	5	2
5	1	2	1	0	4	0	0	0	3

Для построения термов, при ранее выделенных областях определения переменных выбран отрезок [0,1] и задан для каждого из них набор термов. Для лингвистической переменной «выполнение показателя» заданы следующие терм - множества: «не выполнено», «выполнено меньше, чем на половину», «выполнено наполовину», «выполнено больше, чем на половину», «выполнено». Затем используется удобный для экспертных оценок метод последовательных интервалов. Для этого весь интервал [0,1] разбивается на 20 подинтервалов. Данную операцию проделываем для всех соседних термов.

Результаты расчетов значений функций принадлежности $\varphi_{ij}(x)$ термам лингвистическим переменным отражены на рисунке 1. Необходимо отметить, что значения функции принадлежности $\varphi_{ij}(x)$ определяются преимущественно таким показателем, как «вероятность реализации нерезультативного СПК качества» $u_i(p)$.

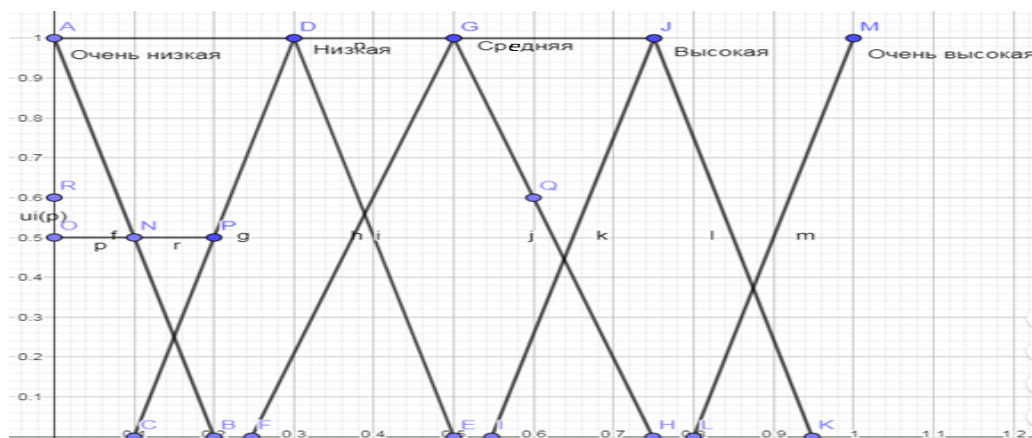


Рис. 1 – Функция принадлежности $\varphi_{ij}(x)$ от вероятности реализации нерезультативного СПК качества» $u_i(p)$

Следует отметить, что срез нечеткого числа используется для разработки специального плана DSP (0, 1) таким образом, что получаем нечеткий интервал соотношения дефектных и бездефектных видов продукции (покрытия) и интервальное значение нечеткой вероятности принятия рассматриваемой площади покрытия. В частности, получили следующие нечеткие интервалы соотношения дефектного и качественного лакокрасочного покрытия, с учетом того, что $U = [x_1; x_5]$ – диапазон толщины лакокрасочного покрытия. А – не допустимое значение (недобор); В – норма; С – допускаемое превышение; D – не допускаемое превышение.

Таким образом, опираясь на разработанный специальный план двойной выборки типа DSP (0, 1) можно минимизировать общий объем (площадь) лакокрасочного покрытия при статистическом приемочном контроле качества и безусловно повысить уровней бездефектности.

Список литературы

1. Царев Ю.В., Царева С.А., Тростин А.Н. Статистические методы контроля и управления качеством. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку: учебно-методическое пособие/ ГОУ ВПО Иван. гос. хим. -технол. ун-т. -Иваново, 2007. -176 с.
2. ГОСТ 9.032-74 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения
3. Ryan T.P. Statistical methods for quality improvement / John Wiley and Sons, New York, 1989. 420p.
4. Van Zyl R. Phase I and phase II – control charts for the variance and generalized variance / R. Van Zyl, A. J. Van der Merwe // South African Statistical Journal. – 2016 – Vol. 50, iss. 1 – P. 65–80.
5. Bersimis S. Multivariate Statistical Process Control Charts: An Overview / S. Bersimis, S. Psarakis, J. Panaretos // Quality and reliability Engineering International. – 2007 – Vol. 23 – P. 517–523.
6. Kavi Priya P. A design of special purpose double sampling plan of type dsp(0, 1) using fuzzy parameter / 7. P. Kavi Priya, A. R. Sudamani Ramaswam // South East Asian J. of Mathematics and Mathematical Sciences Vol. – 2022. – 18, No. 2. – P. 319-330. DOI: 10.56827/SEAJMMS.2022.1802.27

2.3.1.

Е.Г. Царькова

Тверской государственный университет,
математический факультет,
Тверь, university69@mail.ru,
Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт
Федеральной службы исполнения наказаний», НИЦ-1,
Москва

**К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ДАТАСЕТОВ
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭКСТРЕМИСТСКОГО
КОНТЕНТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

Рост рисков реализации широкого спектра угроз национальной безопасности, обусловленных, в том числе, обострением проблем экстремизма, требует выработки действенных инструментов для создания качественной системы профилактики преступлений, связанных с выявлением источников распространения экстремистского контента в социальных сетях. В работе приводится подход к построению наборов данных для решения задачи выявления источников распространения экстремистских материалов в сети Интернет.

Ключевые слова: *социальные сети, информационное противоборство, правоохранительная деятельность, искусственная нейронная сеть, машинное обучение, экстремистские материалы.*

Для решения задач, связанных с анализом профилей и сообщений пользователей в Интернет-сообществах, эффективно применение методов машинного обучения, позволяющих, в частности, анализировать смысловое наполнение публикуемых постов и выявлять источники активности публичных сообщений деструктивной направленности [1, 2]. Вместе с тем, применение моделей машинного обучения ограничено наличием обучающих датасетов, необходимых для построения таких моделей.

Сбор обучающих датасетов сопряжен с существенными временными затратами. Кроме того, в ряде случаев такие данные не могут быть получены по причине требований конфиденциальности. В связи с этим актуализируются вопросы создания синтетических обучающих наборов данных.

В работе рассматривается подход к построению синтетического набора данных для выявления источников распространения экстремистской информации в социальной сети на основе числовых характеристик, доступных при анализе профиля пользователя [3].

Для формирования синтетического датасета и дальнейшего построения моделей машинного обучения необходимо обозначить типы ролей пользователей в социальных сетях, а также параметры, по которым будет происходить их классификация. В общем случае может быть выделен единый набор ролей пользователей, применимый практически для любых социальных сообществ и включающий роли: «постер» (создатель контента, такие пользователи пользуются доверием среди своей аудитории), «репостер» (распространяет чужие идеи и редко сам создает контент), «комментатор» (участник обсуждений, не создающий контент и не выполняющий его репост), «универсал» (активный пользователь, которого нельзя однозначно определить как постера, репостера или комментатора) и «пассивный участник» (регулярно посещает страницы в социальной сети, но не проявляет никакой активности, являясь потребителем контента, созданного другими ролями пользователей).

Выделим ряд параметров, позволяющих выполнять на их основе классификацию пользователей по указанным выше ролям исходя из показателей их профилей. К таким признакам отнесены: X1 – возраст аккаунта в социальной сети, X2 – количество друзей либо подписчиков пользователя, X3 – количество опубликованных пользователем постов, X4 – количество сделанных пользователем репостов, X5 – количество размещенных комментариев. Помимо выделения конкретных ролей возможно разделение пользователей на классы активных и пассивных.

Для каждого i -го пользователя рассчитывается уровень активности a_i по формуле: $a_i = p_i + r_i + k_i$, где p_i – число опубликованных i -м пользователем постов, r_i – количество его репостов, k_i – количество размещенных i -м пользователем комментариев.

Суммарная активность A для всех N пользователей выражается соотношением: $A = \sum_{i=1}^N a_i$.

Тогда общее количество материалов A_n , которые опубликовали рассматриваемые активные пользователи, есть $A_n = \sum_{i=1}^N a_i = 0,7A$, где n – порядковый номер пользователя, полученный на основе анализа рейтинга активности.

В класс активных пользователей входят роли: «постер», «репостер», «комментатор» и «универсал».

Полагаем, что пользователь относится к той или иной роли, если один вид опубликованных материалов составляет не менее 60% от общего уровня активности.

Получаем следующие закономерности: если $p_i \geq 0,6 \cdot a_i$, то пользователь является постером; если $r_i \geq 0,6 \cdot a_i$, пользователь является репостером; если $k_i \geq 0,6 \cdot a_i$, пользователь является комментатором. Пользователи с ролью «универсал» могут сочетать в себе различные типы контента без превалирования какого-либо одного.

Таким образом, можем задать границы для оценки параметров, позволяющих однозначно идентифицировать роли пользователей (таблица 1). В ходе исследования полученные оценки использованы при формировании датасета для определения диапазона каждого из входных параметров для каждой роли, а также для учета определенных закономерностей в данных [4].

Таблица 1 – Оценки профилей для различных ролей пользователей

№	Параметр	Название	Постер	Репостер	Комментатор	Универсал	Пассивный
1	X1	Возраст аккаунта (дней)	311-4382	0-4881	0-4183	545-4553	85-5170
2	X2	Кол-во друзей	0-32368259	0-31586803	0-28990781	0-34031059	0-36014728
3	X3	Кол-во постов	2-94	0-94	0-6	0-17	0-1
4	X4	Кол-во репостов	0-13	2-160	1-3	1-19	0-1
5	X5	Кол-во комментариев	0-7	0-48	2-48	0-11	0-1

Пассивными будем считать пользователей, которые имеют невысокий уровень активности (таблица 2).

Таблица 2 – Оценки для профилей пассивных пользователей

№	Возраст аккаунта	Кол-во друзей	Кол-во постов	Кол-во репостов	Кол-во комментариев
1	$X1_{max}$	$X2_{max}$	$X3_{max}$	$X4_{max}$	$X5_{max}$
2	$X1_{max} - \Delta$	$R(X2_{min}; X2_{max})$	$R(X3_{min}; X3_{max})$	$R(X4_{min}; X4_{max})$	$R(X5_{min}; X5_{max})$
3	$X1_{max} - 2\Delta$	$R(X2_{min}; X2_{max})$	$R(X3_{min}; X3_{max})$	$R(X4_{min}; X4_{max})$	$R(X5_{min}; X5_{max})$
4	...	...	...	...	...
5	$X1_{min}$	$X2_{min}$	$X3_{min}$	$X4_{min}$	$X5_{min}$

Для активных пользователей общий уровень активности пользователя складывается из количества постов p_i , репостов r_i и комментариев k_i . Выявленные в ходе исследования закономерности в данных для роли «постер» сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Оценки значений для роли «постер»

№	Возраст аккаунта	Кол-во друзей	Кол-во постов	Кол-во репостов	Кол-во комментариев
1	$X1_{max}$	$X2_{max}$	$X3_{max}$	$R(0; \delta X3)$	$R(0; \varepsilon X3)$
2	$X1_{max} - \Delta$	$R(X2_{min}; X2_{max})$	$R(X3_{min}; X3_{max})$	$R(0; \delta X3)$	$R(0; \varepsilon X3)$
3	$X1_{max} - 2\Delta$	$R(X2_{min}; X2_{max})$	$R(X3_{min}; X3_{max})$	$R(0; \delta X3)$	$R(0; \varepsilon X3)$
4	...	...	...	...	...
5	$X1_{min}$	$X2_{min}$	$X3_{min}$	$X4_{min}$	$X5_{min}$

Аналогичным образом определяются оценки для ролей: «репостер», «комментатор», «универсал».

Приведенный подход обеспечил возможность формирования датасета требуемого размера для построения классификатора ролей пользователей в целях выявления источников распространения экстремистского контента.

Список литературы

1. Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A. Optimal management of website under adverse impacts conditions.
2. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems. 2020. С. 012113.
3. Ефимов А.О., Калач А.В., Попов А.Д. К вопросу оценки защищенности автоматизированных систем по критичности их уязвимостей // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2023. № 2. С. 50-56.
4. Царькова Е.Г. Разработка моделей машинного обучения для выявления кибератак на ведомственные информационные ресурсы // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 410-413.
5. Омельченко В.В. Информационное обеспечение системы государственного управления национальными ресурсами: риск-ориентированный подход // Правовая информатика, 2019, № 1. С. 4-17.

2.3.1.

Н.М. Чиганова

Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),
кафедра высшей математики,
Москва, ChiganovaNM@mgsu.ru

**ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ
ПРИ ВЕЙБУЛЛОВСКОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОТКАЗОВ**

В настоящее время существует большое многообразие методов испытаний промышленной продукции на соответствие высоким требованиям качества выпускаемых изделий. Большое значение здесь приобретает задача сокращения длительности испытаний. В данной статье рассматривается такой важный аспект её решения как развитие методов форсированных испытаний, основанных на ужесточении режима испытаний. При нестабильном процессе производства применение точных методов возможно лишь при условии существования функциональной зависимости между моментами отказов одного и того же изделия в нормальном ε_0 и форсированном ε^ режимах. Для сложных изделий трудно подобрать форсированный режим, удовлетворяющий этому требованию, поэтому большой интерес приобретают методы приближенного оценивания показателей надежности изделий, основанные на том, что между моментами отказов изделия в различных режимах существует стохастическая зависимость, неизменная от партии к партии.*

Ключевые слова: выборка, надежность, отказ изделия, функция распределения.

Использование приближенных методов не требует подробных знаний о процессах старения изделий, физике их отказа и значительно расширяет область практического применения теории форсированных испытаний. Отметим, что одним из основных положений этой теории является так называемый принцип равных вероятностей, согласно которому, продолжительность форсированных испытаний t_p выбирается таким образом, чтобы вероятности безотказной работы в течение времени t_r в нормальном режиме ε_0 и в течение времени t_p в режиме ε^* были одинаковы, то есть $P(t_p, \varepsilon^*) = P(t_r, \varepsilon_0)$.

Рассмотрим приближённый метод форсированных испытаний, проводимых по одной выборке в конкретном случае, когда распределение отказов изделий и в режиме ε_0 и в режиме ε^* подчиняются вейбулловскому закону.

Суть метода заключается в следующем. Из представленной на контроль i –ой партии изделий делается случайная выборка, все изделия которой испытываются до отказа в форсированном режиме ε^* . Необходимо найти нижнюю и верхнюю T_*, T^* – границы показателей надежности по результатам форсированных испытаний. Как говорилось ранее, предполагается, что между моментами отказов $\xi(\varepsilon_0)$ и $\xi(\varepsilon^*)$ при выбранном форсированном режиме ε^* существует неизменная от партии к партии стохастическая зависимость, описываемая функцией распределения $Q(t|\tau) = P(\xi(\varepsilon_0) < t | \xi(\varepsilon^*) = \tau)$

$Q(t|\tau)$ представляет собой вероятность того, что изделие проработает в течение времени t в режиме ε_0 , при условии, что в режиме ε^* оно проработает безотказно время τ . Очевидно, что функция $Q(t|\tau)$ практически неопределяема, поскольку величины $\xi(\varepsilon_0)$ и $\xi(\varepsilon^*)$ одновременно не наблюдаются. Отметим два существенных требования, которым должна удовлетворять функция $Q(t|\tau)$.

а) Функция $I(\tau) = \int_0^\infty t dQ(t|\tau)$, представляющая собой среднее время безотказной работы в нормальном режиме ε_0 изделий, потенциально отказывающих в форсированном режиме ε^* в момент τ , является неубывающей функцией времени τ . Естественность такого предположения практически не вызывает сомнений, так как чем больше время безотказной работы изделий в более жестком безотказном режиме, тем, очевидно, дольше проработает изделие в нормальном режиме ε_0 .

б) Из определения функции $Q(t|\tau)$ следует $\int_0^\infty Q(t|\tau) dP(\tau, \varepsilon^*) = P(t, \varepsilon_0)$

Задача состоит в нахождении абсолютного минимума и абсолютного максимума функционала $R_Q = \int_0^\infty dF(\tau) \int_0^\infty \varphi(t) dQ(t|\tau)$, где $F(\tau)$ – функция распределения отказов изделий $i + 1$ -ой партии в режиме ε^* . В зависимости от вида функций $\varphi(t)$ R_Q может являть собой либо среднюю наработку на отказ T_Q в режиме ε_0 , либо вероятность безотказной работы $P_Q(t_r)$ в течение времени t_r в том же режиме, то есть

$$R_Q = \begin{cases} T_Q, & \varphi(t) = t \\ P(t_r), & \varphi(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < t_r \\ 1, & t \geq t_r \end{cases} \end{cases}$$

Выполнение требований а) и б) сводит поставленную задачу к классу задач, рассмотренных в [4]. Применяя алгоритм, описанный в [4], нетрудно получить следующие выражения для нижней T_* и верхней T^* границ среднего времени безотказной работы изделий $i + 1$ -ой партии в конкретном случае вейбулловских распределений моментов отказов в нормальном и форсированных режимах. Для i -ой партии распределение моментов отказа изделий в режиме ε_0 $P(\xi(\varepsilon_0) < t) = 1 - \exp[-(\frac{t}{T_0})^{m_0}]$, а распределение отказов в режиме ε^* $P(\xi(\varepsilon^*) < t) = 1 - \exp[-(\frac{t}{T_0})^{m_0}]$.

Для $i + 1$ – партии распределение отказов в режиме ε_* имеет вид $P(\xi(\varepsilon^*) < t) = 1 - \exp[-(\frac{t}{T})^m]$.

$$1) \quad c = 1, b < 1 \quad T_* = b^{\frac{1}{m_0}} \Gamma\left(1 + \frac{c}{m_0}\right)$$

$$2) \quad c = 1, b \geq 1 \quad T_* = \frac{1}{m_0} \Gamma\left(\frac{1}{m_0}\right) \quad (1)$$

$$3) \quad c > 1 \quad T_* = b^{\frac{1}{m_0}} \Gamma_{y^*}\left(1 + \frac{c}{m_0}\right) + e^{by_*^c - y^*} [\Gamma\left(1 + \frac{1}{m_0}\right) - \Gamma_{by_*^c}\left(1 + \frac{1}{m_0}\right)]$$

$$4) \quad c < 1 \quad T_* = \frac{1 - e^{-y^*}}{1 - e^{-by_*^c}} \Gamma_{by_*^c}\left(1 + \frac{1}{m_0}\right) + b^{\frac{1}{m_0}} [\Gamma\left(1 + \frac{c}{m_0}\right) - \Gamma_{y^*}\left(1 + \frac{c}{m_0}\right)]$$

1) $c = 1, b$ Для нахождения верхней границы T^* достаточно поменять местами выражения 1) и 2), а также 3) и 4). В выражениях (1) использованы следующие обозначения:

$$y^* = (bc)^{\frac{1}{1-c}} \\ y_* - \text{корень уравнения } \frac{1 - e^y}{1 - e^{by}} = \frac{y^{1-c}}{bc} \\ \Gamma_x(\alpha) = \int_0^x \xi^{\alpha-1} e^{-\xi} d\xi \quad \left(\frac{T}{T_*}\right)^{m_*} = b \quad \frac{m^*}{m} = c$$

Пример. Для некоторой партии изделий на стадии предварительной отладки установлено, что изделия отказывают в нормальном ε_0 и форсированном ε^* режимах по законам Вейбулла с параметрами соответственно (m_0, T_0) и (m^*, T^*) . По результатам испытаний изделий i -ой партии в форсированном режиме ε^* установлено, что моменты отказов распределены также по закону Вейбулла с параметрами (m, T) . Необходимо по распределениям $F(t, \varepsilon_0)$, $F(t, \varepsilon^*)$ и $F_i(t, \varepsilon^*)$ приближенно оценить среднее время безотказной работы изделий

i -ой партии в нормальном режиме ε_0 .

Использование формул (1) для параметров $m^* = 0.5$ $m_0 = 2$ $m = 1$ $T^* = 4000$ $T_0 = 1000$ $T = 1000$ дает следующий результат: $T^* = 1043$ (час), $T_* = 624$ (час). При $c = 0.7$ и $b = 1.5$ по таблице 1 находим $T^* = 1374$ (час), $T_* = 985$ (час).

Таблица 1 - Значения верхней T^* и нижней T_* границ среднего времени безотказной работы изделий (при $m_0 = 1.1$)

c \ b	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
0.5	1.3652 0.8436	1.4355 0.8734	1.4872 0.9035	1.5471 0.9220	1.6065 0.9430	1.6744 0.9574	1.7188 0.9683
0.6	1.3091 0.9010	1.3828 0.9276	1.4183 0.9509	1.4856 0.9667	1.5610 0.9784	1.6200 0.9865	1.6869 0.9927
0.7	1.2553 0.9490	1.3183 0.9724	1.3741 0.9853	1.4437 0.9933	1.5247 0.9977	1.5989 0.9993	1.6702 0.9999
0.8	1.2192 0.9905	1.2970 0.9977	1.3788 0.9997	1.4508 1.0000	1.5350 1.0001	1.6163 1.0001	1.6978 1.0001
0.9	1.2324 1.0000	1.3176 1.0000	1.4029 1.0000	1.4880 1.0000	1.5719 1.0000	1.6558 1.0000	1.7392 1.0000
1.0	1.2694 1.0000	1.3578 1.0000	1.4457 1.0000	1.5331 1.0000	1.6199 1.0000	1.7063 1.0000	1.7923 1.0000
1.1	1.3349 0.9975	1.4100 0.9988	1.4986 0.9994	1.6011 0.9997	1.6792 0.9998	1.7689 0.9999	1.8677 0.9999
1.2	1.3845 0.9810	1.4896 0.9872	1.5827 0.9909	1.6731 0.9936	1.7581 0.9953	1.8556 0.9965	1.9456 0.9973
1.3	1.4811 0.9622	1.5589 0.9710	1.6671 0.9738	1.7594 0.9819	1.8563 0.9832	1.9448 0.9860	2.0593 0.9897

Таблица 2 - Значения верхней T^* и нижней T_* границ среднего времени безотказной работы изделий (при $m_0 = 1.2$)

c \ b	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
0.5	1.3467 0.9599	1.4155 0.8871	1.4605 0.9146	1.5125 0.9311	1.5694 0.9501	1.6314 0.9629	1.6698 0.9725
0.6	1.2945 0.9122	1.3646 0.9361	1.3950 0.9570	1.4571 0.9710	1.5266 0.9813	1.5793 0.9885	1.6393 0.9938
0.7	1.2429 0.9551	1.3015 0.9760	1.3521 0.9873	1.4156 0.9943	1.4895 0.9981	1.5561 0.9985	1.6197 1.0000
0.8	1.2074 0.9919	1.2793 0.99810	1.3537 0.9998	1.4182 1.0001	1.4937 1.0001	1.5661 1.0001	1.6384 1.0001
0.9	1.2164 1.0000	1.2953 1.0000	1.3699 1.0000	1.4464 1.0000	1.5204 1.0000	1.5945 1.0000	1.6680 1.0000
1.0	1.2444 1.0000	1.3237 1.0000	1.4030 1.0000	1.4794 1.0000	1.5561 1.0000	1.6320 1.0000	1.7072 1.0000
1.1	1.3003 0.9975	1.3646 0.9988	1.4425 0.9994	1.5351 0.9997	1.6011 0.9998	1.6794 0.9999	1.7673 0.9999
1.2	1.3375 0.9807	1.4314 0.9871	1.5130 0.9908	1.5913 0.9936	1.6638 0.9953	1.7488 0.9965	1.8259 0.9973
1.3	1.4201 0.9626	1.4853 0.9715	1.5807 0.9735	1.6597 0.9825	1.7430 0.9830	1.8175 0.9859	1.9180 0.9901

Для различных значений параметров m_0 , b и c были просчитаны таблицы T^* и T_* , которые и составляют основное практическое содержание данной работы.

Список литературы

1. *Карташов Г.Д.* Форсированные испытания при нестабильном процессе производства, изв. АН СССР «Техническая кибернетика», 1971, №4
2. *Чиганова Н.М.* Проверка статистических гипотез при проведении испытаний на надежность Научно-технический Вестник Поволжья, 2022, №12, с.193-196
3. *Смирнов Н.В.* оценка расхождения между кривыми распределения в двух независимых выборках, бюллетень МГСУ, 1980, т.2, №2, с.3-14
4. *Карташов Г.Д.* Основы теории форсированных испытаний, Москва, «Знание», 1977, 52 с.
5. *Nadezhda Chiganova* Reliability theory application for building structures reliability determination, MATEC Web of Conferences 86, 02009 (2016).

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

**Л.В. Галина канд. техн. наук, А.А. Корнипаева канд. техн. наук,
Д.А. Проскурин канд. техн. наук**

Оренбургский государственный университет,
аэрокосмический институт,
кафедра систем автоматизации производства,
Оренбург, lubov51@yandex.ru

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ
СИСТЕМ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Настоящая статья посвящена исследованию вопроса оценки эффективности применения автоматизированных транспортно-складских систем на предприятиях. Рассмотрены причины отсутствия на большинстве предприятий АТСС. Приведен анализ возможности проведения имитационного моделирования, позволяющего получить данные о влиянии АТСС на эффективность производственных систем машиностроительных предприятий.

Ключевые слова: автоматические транспортно-складские системы, эффективность производственных систем, имитационное моделирование.

Автоматизированные транспортно-складские системы (АТСС) играют немаловажную роль при повышении уровня автоматизации машиностроительных производств. Современные производства в большинстве используют станки высокой производительности, позволяющие осуществлять обработку с высокой точностью и с меньшими временными затратами. Ускорение процесса обработки способствует высвобождению производственного времени, которое требует увеличения количества деталей в сменном задании. Повысить загрузку станков без автоматизации транспортных операций не представляется возможным [1].

Несмотря на очевидность эффективности применения АТСС, на машиностроительных предприятиях они являются довольно большой редкостью. Наиболее частое применение таких систем можно наблюдать в сборочных цехах и на складах торговых предприятий. Современное состояние производства не всегда позволяет создать на предприятии автоматизированную транспортно-складскую систему. Есть несколько факторов, влияющих на возможность автоматизации этого направления в рамках машиностроительного производства.

Площадь помещения - является одним из наиболее важных обстоятельств, который не позволяет внедрить АТСС на действующих производствах. Автоматизированные транспортно-складские системы могут быть достаточно большими и требовать значительного объема площади, поэтому не всегда возможно выделить доступное пространство и выбрать вариант, который может быть размещен в пределах имеющегося производства.

С площадью имеющихся производственных помещений связано несколько параметров производственных систем: количество станков в производственной системе; тип планировочного решения АТСС (многоярусный склад с краном, многоярусный склад с краном и дополнительным транспортным средством, автономный многоярусный склад с дополнительным транспортным средством и др.) [2, 3]; типы используемых транспортных средств.

Вес перемещаемых материалов - является еще одним важным фактором, который следует учитывать. Автоматизированные транспортно-складские системы предназначены для перемещения определенных диапазонов веса. При обработке на предприятии единичных и особо крупных изделий внедрение АТСС не принесет ожидаемых результатов.

При анализе возможности внедрения АТСС на предприятии к числу важных факторов относятся так же размер и форма изделий, которые необходимо обрабатывать. От этих данных зависят тип используемого склада и способ хранения изделий.

Параметрами производственной системы, связанными с весом, размерами и формой изделий являются: количество переходов в операции; машинное время обработки и вспомогательное время на переходе.

Частота использования автоматизированной транспортно-складской системы является четвертым фактором. Если система используется в течение всего времени работы предприятия, она позволит повысить загрузку основного оборудования. Это поможет свести к минимуму время простоя и обеспечить непрерывную и эффективную работу системы. С частотой использования связаны такие параметры производственной системы, как число деталей в сменном задании и время загрузки / выгрузки изделия в рабочую зону станка. Также от частоты использования системы зависит необходимость установки пристаночных буферных накопителей, поскольку при высокой загрузке транспортного средства необходимо создать запас деталей у станка для снижения его простоев.

Гибкость является еще одним важным фактором. На большинстве предприятий производится обработка разнообразных деталей, отличающихся формой, размерами, весом и способом хранения. Система должна быть в состоянии вместить целый ряд изделий и быть легко настраиваемой к изменяющимся производственным потребностям.

К шестому фактору следует отнести возможность интеграции АТСС с другими системами предприятия. Транспортно-складская система должна легко интегрироваться в любые существующие дополнительные сервисы предприятия, такие как конвейерные системы, упаковочные системы и системы хранения. Это поможет упорядочить производственные процессы и обеспечить эффективную и результативную работу предприятия в целом.

Требования к техническому обслуживанию автоматической транспортно-складской системы являются еще одним важным показателем, который влияет на возможность внедрения АТСС. Система должна обладать свойствами простого обслуживания и ремонтпригодности, а также доступностью применяемых запасных элементов. При этом вспомогательные службы предприятия должны быть готовы к внедрению автоматизированной транспортно-складской системы, необходимо провести дополнительное обучение работников и подготовить необходимые инструкции для персонала. При невозможности реализовать обслуживание АТСС собственными силами предприятия, возникает вероятность появления простоев оборудования, поскольку возрастает время ожидания сторонних обслуживающих организаций.

В качестве показателей эффективности производственных систем оснащенных АТСС наиболее применимы коэффициент загрузки оборудования и срок окупаемости производственной системы [4]. При этом стоит рассматривать для варианта уровня автоматизации производственных системы: с применением АТСС и без АТСС (рисунок 1).

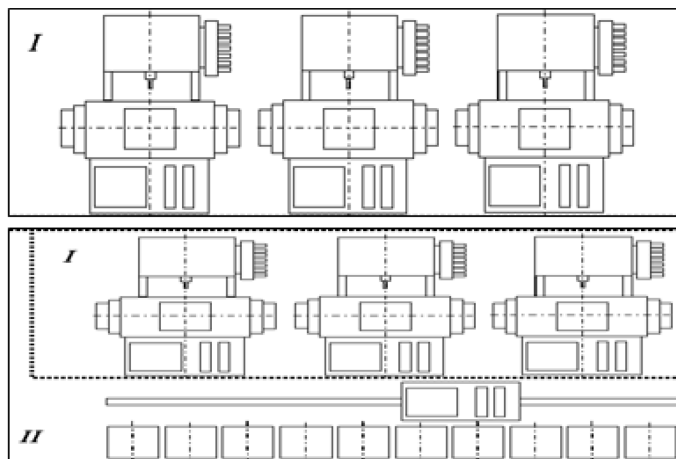


Рис. 1 – Уровни автоматизации производственных систем

Для оценки влияния наличия АТСС на предприятии необходимо провести экспериментальные исследования. Натурные исследования в данной ситуации не представляются возможными, в связи с большими материальными затратами. Выходом из сложившейся ситуации является имитационное моделирование. Применение программных средств для расчета показателей качества функционирования производственных систем наиболее часто применяемый метод анализа возможности внедрения современной автоматизированной или автоматической техники на предприятиях [5, 6].

Инструментами исследования могут выступать любые программные средства, позволяющие проводить моделирование работы производственных систем. Анализ возможностей различных средств имитационного моделирования показал, что для поставленной задачи достаточно систем компьютерного моделирования «Каскад» и «Srok» (рисунок 2), разработанных в Оренбургском государственном университете [4].

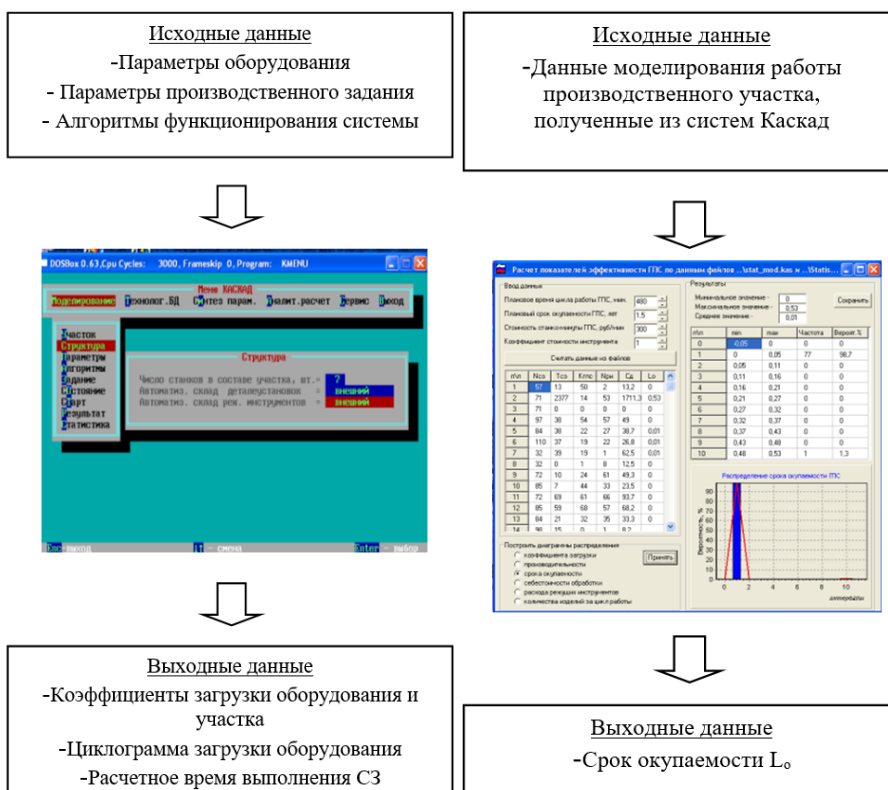


Рис. 2 – Возможности программных средств «Каскад» и «Srok»

Для рассматриваемых производственных систем двух уровней автоматизации (А-1 и А-2) предложены следующие входные параметры: количество станков в производственной системе – R ; машинное время обработки – $t_{\text{маш}}$; число деталей в сменном задании – N ;

время загрузки / выгрузки изделия в рабочую зону станка - $t_{\text{заг}}$. Выходными данными для оценки эффективности функционирования производственной системы приняты коэффициент загрузки основного оборудования - $K_{\text{пс}}$ и коэффициент загрузки транспортного средства - $K_{\text{тс}}$ (рисунок 3).

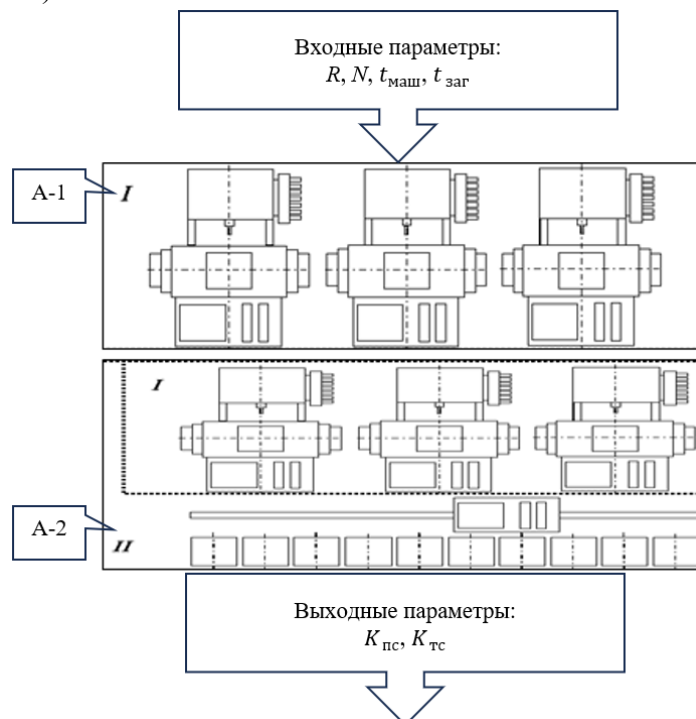


Рис. 3 - Совокупность входных и выходных данных

Проведение компьютерного моделирования позволит получить экспериментальные данные, на основе которых возможно провести оценку эффективности внедрения АТСС на предприятиях и построить математические модели прогнозирования. На основании прогнозов руководители предприятий смогут принять решения о необходимости внедрения оптимального типа автоматизированной транспортно-складской системы.

Список литературы

1. Сальникова Н.А. Глава 10 Автоматизация проектирования транспортно-складской системы предприятий. // Монография. Современная наука: от теории к практике. - Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). – 2020. - С.123-134.
2. Халиков М.А. Выбор варианта компоновочной структуры транспортно-складской системы гибкого автоматизированного производства // Путеводитель предпринимателя. - 2015. - №27. - С. 387-396.
3. Добринский Е.П., Бушуев Д.А., Магергут В.З., Бажанов А.Г. Разработка автоматизированной транспортно-складской системы с групповым управлением робота-роботов // Экстремальная робототехника. - 2013. - т.1. - №1. - С. 410-418.
4. Галина Л.В. Повышение эффективности автоматизированных производств на основе экспресс-оценки номенклатуры изделий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Оренбургский государственный университет. Оренбург, 2011.
5. Шамаев С.Ю., Черноусова А.М. Информационные модели гибкой производственной системы // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. - 2012. - №2. - С. 120-125.
6. Полетаев В.А., Цигельников А.И., Зиновьев В.В., Стародубов А.Н. Автоматизация поиска оптимального варианта автоматизированной транспортно-складской системы // Вестник кузбасского государственного технического университета. – 2012. - №4 (92). – С. 114-117.

2.3.3.

М.А. Гордеев-Бургвиц изобретатель СССР, доктор-инженер ФРГ, М.А. Богданов

Московский государственный строительный университет,
кафедра «Механизации, автоматизации и роботизации строительства»,
Москва, dr.gordeev@mail.ru

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И ТРЕЩИН В БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В статье рассмотрено применение нейронных сетей и технологий машинного зрения для автоматизации контроля состояния различных бетонных конструкций.

Ключевые слова: *ИИ, нейронная сеть, ANN, техническое зрение.*

Математическая модель, имеющая структурное сходство с биологическими нейронными сетями, называется искусственной нейронной сетью (ИНС). Основная цель таких систем – получать и обрабатывать входные данные. Нейроны соединены между собой через «синапсы» и эффективно решают различные задачи, в т. ч. в области компьютерного зрения (кластеризация, регрессия, классификация).

На рисунке 1[1] представлены три типа слоев общей структуры нейросети. Первый слой принимает информацию и передает её следующему слою. Скрытые слои выполняют анализ данных и перераспределение в работе. Выходной слой выводит информацию после завершения всех вычислений сети.

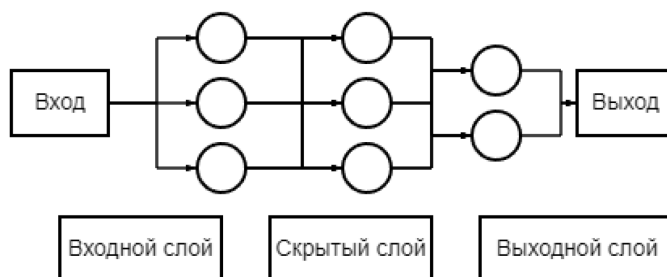


Рис. 1 - Слои ИНС

Нейроны, или узлы модели действуют схожим образом с биологическими нейронами. Активация нейрона определяется функцией активации, рисунок 2.

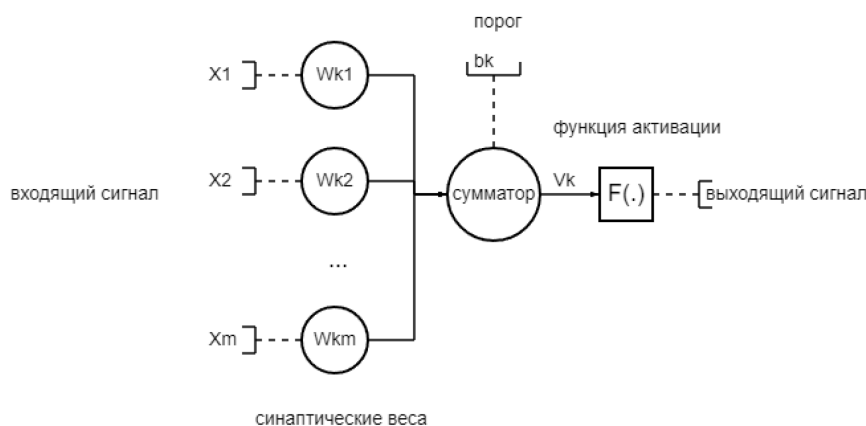


Рис. 2 - Функция активации и модель нейрона

Используются различные функции для различных задач, рисунок 3[4]. Значение нейрона в выходном слое вычисляется исходя из значений его входных нейронов, которые фильтруют входной сигнал и отображают значения всей сети.

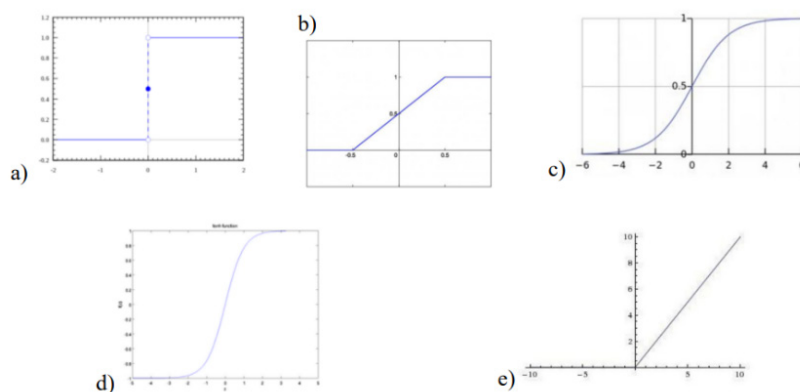


Рис. 3 - Основные функции активации: а) ступенчатая, б) линейная, в) сигмоидальная, г) гиперболическая касательная, д) ReLu [6]

Входные значения на сверточную нейронную сеть (СНС) представляют изображение, записанное как матрица пикселей того же размера. В данном случае свертка ядра работает также как и нейрон, а само ядро представляет матрицу весов, рассчитанных заранее. Начальные веса обычно генерируют случайно. Свертка начинается с умножения фильтрового ядра определенного размера на входную матрицу изображения, которая сдвигается вверх и вправо на один пиксель. Если это цветное изображение, то каждый канал цветности (R,G,B) обрабатывается отдельной матрицей соответствующей одному из трех фильтровых ядер. Далее результаты этих операций складываются для получения окончательной результирующей матрицы. Размерность входных данных снижается сверточными слоями что соответствует уменьшению числа вычислений. После свертки активационная функция пропускает через себя эту матрицу. Часто для сверточных слоев используют функцию ReLU, которая заменяет все отрицательные числа на ноль, оставляя все остальные неизменными. Математически, эту функцию можно представить следующими формулами:

$$\text{ReLU}(x) = \begin{cases} x & | x > 0 \\ 0 & | x \leq 0 \end{cases},$$

где x — карта объектов сети.

В процессе обработки, изображение проходит несколько слоев, на первом обнаруживаются очевидные признаки, на более глубоких слоях уровень повышается. В итоге создается карта объектов, которая отображает прямые или кривые линии или более сложные формы.

Существенным преимуществом нейронных сетей является их способность к обучению. При «обучении» модели задается структура связей между нейронами, их веса и сетевая архитектура. Обучение происходит одним из трех способов: с учителем, без учителя и смешанный. Процесс обучения с человеком представляет собой ручное задание весов к каждому нейрону. Обучение без учителя является более интересным вариантом, потому как в данном случае «нейронная сеть самостоятельно систематизирует выборки путем нахождения внутренних связей между входными данными» [2,3,5,7,8,9,10,11], а после каждого ответа перенастраивает веса, с целью получать правильный ответ в 100% случаев. Смешанное же обучение представляет собой оба вышеупомянутых метода.

Обучение модели CNN предполагает использование заранее подготовленных и размеченных изображений для создания системы распознавания объектов. Для обучения и тестирования конкретной модели было сделано 150 фотографий (75 с трещинами и 75 без) размером 184 x 146 пикселей [7], рисунок 4.

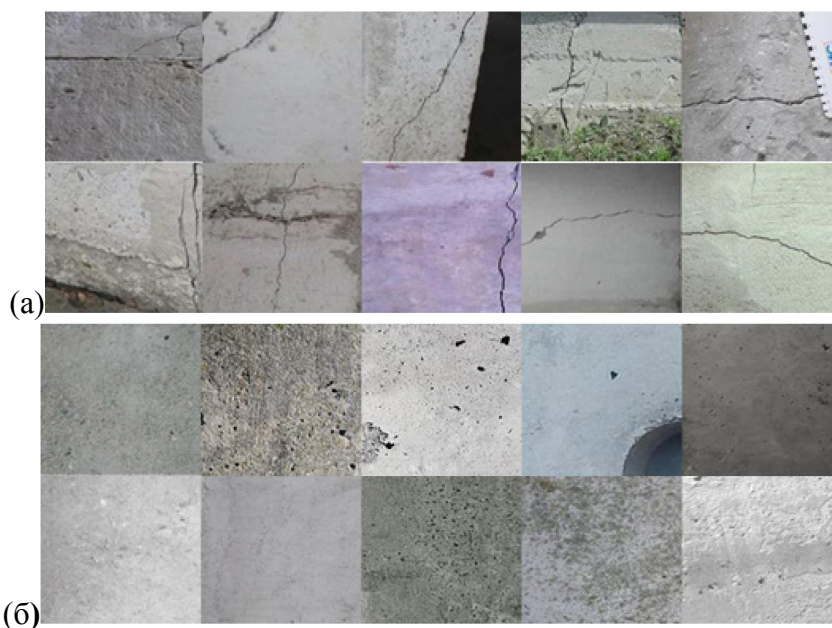


Рис. 4 - Изображения поверхностей железобетонных конструкций с трещинами (а) и без трещин (б)

После написания кода, СНС обучалась и тестировалась на представленном выше наборе данных. Было выбрано обучение с преподавателем, набор данных был разбит на две папки, с трещинами и без. Нейросеть, как и любая программа, не способна различить названия папок, им были присвоены номера 1 - с трещинами, без трещин - 0.

Средняя точность ответов модели составила 83%, учитывая различные формы и присутствие шума на изображениях, это является хорошим результатом.

Технология компьютерного зрения с применением сверточных нейронных сетей позволяет улучшить данную технологию и найти ей новые применения.

Использование сверточных нейросетей для распознавания дефектов на бетонных конструкциях улучшает качество строительства и безопасность сооружений. Дальнейшие исследования могут привести к созданию более эффективных систем контроля качества.

Список литературы

1. Shi C. and Pun C.-M., "Supcrpixcl-bascd 3D deep neural networks for hypcrspcctral image classification", Pattern Rccognit., Vol. 74, Pages 600-616, 2018.
2. Попкович Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1986, с 392.
3. Ченг Дж. Автоматическое обнаружение дефектов канализационных труб на изображениях замкнутого телевидения с использованием методов глубокого обучения / Дж. Ченг, М. Ван // Автоматизация в строительстве. – 2018. – № 95. – С. 155-171.
4. Сикорский О.С. Обзор сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений / О.С. Сикорский // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2017. – № 3. – С. 15-23.
5. Дорафшан С. Сравнение глубоких сверточных нейронных сетей и детекторов краев для обнаружения трещин в бетоне на основе изображений / С. Дорафшан, Р. Дж. Томас, М. Магуайр // Строительство и
6. Ли Ю., Чжао В., Чжан С., Чжоу Ц.// Транзакции IEICE по информации и системам. – 2018. – № E101.Д (12). – С. 3249-3252.
7. Автоматическое обнаружение и измерение трещин на уровне пикселей с использованием полностью сверточной сети / Х. Ян, Х. Ли, Х. Ю [и др.] // Компьютерное гражданское и инфраструктурное проектирование. – 2018. – № 33 (4). – С. 1090–1109.

8. Автоматизированное обнаружение трещин в дорожном покрытии на уровне пикселей на 3D-асфальтовых поверхностях с использованием сети глубокого обучения / А. Чжан, К. Ван, Э. Янг [и др.] // Компьютерное гражданское и инфраструктурное проектирование. – 2017. – № 32 (5). – С. 805–819.
9. Гордеев Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроснабжение. Учебное пособие. НИУ МГСУ. Москва, 2019. С. 472.
10. Гордеев – Бургвиц М.А. Системы автоматического управления взаимосвязанными электроприводами мощных экскаваторов. Монография. М.: МГСУ, 2014, С. 256.
11. Гордеев – Бургвиц М.А., Иващенко А.С. Автоматизация освещения воды. Научное обозрение. 2015. № 24. С. 139-142.

2.3.3.

К.В. Гусев, С.А. Красников, В.М. Образцов

ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»,
krasnikov_s@mirea.ru, k_gusev@mirea.ru, obrazcov_v@mirea.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В НЕПРЕРЫВНОМ ЦИКЛЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье представлен метод построения автоматизированных систем контроля качества продукции в непрерывном цикле промышленных предприятий на основе объединения экспертной и нейросетевой технологий идентификации спектральных данных.

Ключевые слова: *автоматизированных систем, контроля качества, экспертная и нейросетевая технология, идентификации спектральных данных, нефтепродукты.*

Улучшение качества производимых в России предметов широкого потребления, включая продукты питания, товары химической, полимерной и нефтяной промышленности, и их конкурентоспособность на мировой арене, служит одним из ключевых факторов, влияющих не только на развитие различных секторов экономики страны, но и на повышение безопасности их использования. В связи с этим происходит постоянная разработка и модернизация существующих технологий и технологических процессов производства для создания товаров массового потребления требуемого качества, а также сохранения этого качества на протяжении всего процесса производства. Однако, улучшение технологий неотделимо от совершенствования систем контроля качества, как на этапе производства, так и в лабораторных условиях, с целью своевременного получения достоверных данных о качестве выпускаемой продукции. В то же время, качество товаров может значительно меняться под воздействием внешних факторов, которые влияют на физико-химические свойства товаров. Проблема минимизации этих изменений в рабочих свойствах продукции связана не только с корректной эксплуатацией оборудования на производстве, но и со своевременным получением информации об этих изменениях благодаря регулярному контролю качества в короткие сроки. К примеру, анализ системы контроля качества нефтепродуктов на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) и предприятиях нефтегазовой отрасли в России выявил ряд противоречий, которые заключаются в следующем:

- недостаточном эффективном использовании комплексного подхода к созданию системы контроля качества нефти и нефтепродуктов на НПЗ и предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли (НПО);
- низком уровне автоматизации процессов контроля качества на этапах производства и использования нефтепродуктов;
- ограниченном развитии лабораторных информационных систем на предприятиях и недостаточной их интеграции с системами управления производством и предприятиями;
- разрозненности процессов лабораторного, текущего и виртуального контроля качества нефтепродуктов на НПЗ, которая затрудняет осуществление внутреннего контроля качества испытаний нефтепродуктов и точности их проведения;
- разнообразии и недостаточно высоком уровне автоматизации оборудования для оценивания качества нефтепродуктов и их интеграции с потоковыми аналитиками на НПЗ;
- неудовлетворительном уровне разработки и использования экспресс-методик тестирования нефтепродуктов на предприятиях НПО;
- отсутствии методик исследования агрегативного и термодинамического состояний при подготовке дисперсионных нефтяных систем для их переработки [1].

Многие из перечисленных выше проблем актуальны и для других категорий товаров массового производства. Таким образом, вопрос комплексного улучшения систем контроля

качества продукции массового производства на этапах её производства и эксплуатации является актуальным и имеет высокую экономическую значимость.

На рис. 1 приведен пример обобщенной схемы производственной системы управления качеством жидких пищевых сред.



Рис. 1 - Пример обобщенной схемы управления качеством жидких пищевых сред

Ее основой является специализированная экспертная система контроля качества (СЭС), обеспечивающая автоматизированное управление. Она включает в себя эталоны качества для конкретного производства и правила принятия решений в базе знаний, которые будут служить основой для отклика на новый неизвестный входной сигнал. Технологический процесс регулируется стандартным способом; задача СЭС – на основе оценки качества предложить рекомендации по изменению правил выполнения технологического процесса или по изменению состава сырья, поступающего на вход производственной линии. Следует отметить, что в пищевой промышленности управление составом и свойствами сырья часто является возможным [2].

Возвращаясь к вопросу системы контроля качества нефтепродуктов на НПЗ и предприятиях нефтегазовой отрасли под оценкой качества подразумевается определение марки нефтепродукта, включающее в себя обнаружение несоответствий качества последнего предъявляемым требованиям, а также обнаружение примесей (загрязнений), включая присадки. Под контролем качества готовых нефтепродуктов подразумевается определение основных характеристик анализируемого нефтепродукта: октановое число, фракционный состав, степень механического загрязнения, компонентный состав, содержание воды (в топливе); определение основы марки, состояния присадок и тому подобное. При осуществлении контроля качества нефтепродуктов действительно используются только арбитражные ГОСТовские методы. С точки зрения организации экспресс-тестирования для промежуточных нефтепродуктов, перспективными являются портативные спектрометры и методики, основанные на исследовании инфракрасных спектров, особенно в средней инфракрасной области.

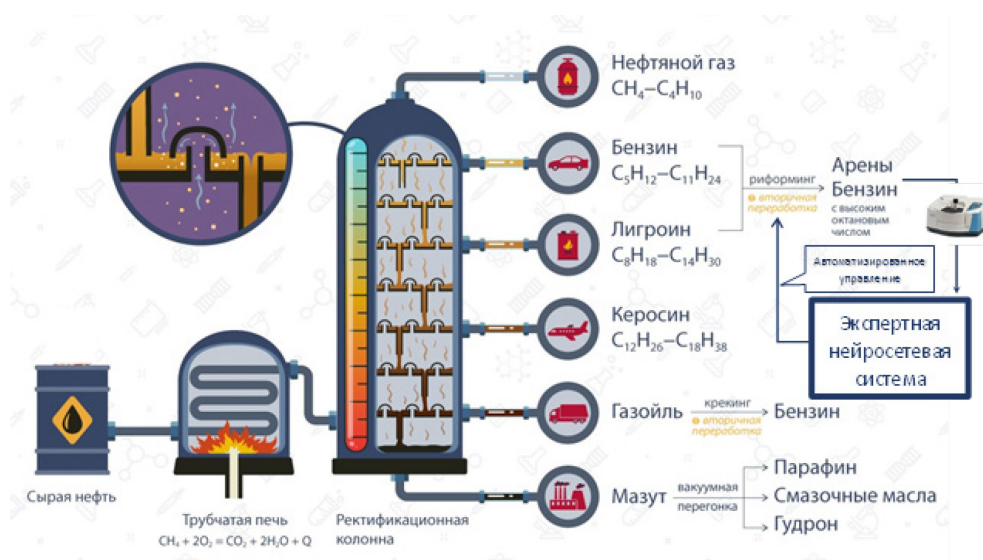


Рис. 2 - Технологический процесс переработки нефти

Технологический процесс переработки нефти представлен на рис. 2 и состоит из нескольких этапов: прямая перегонка, крекинг, реформинг, контроль и проверка.

Контроль и проверка.

На территории предприятия имеются собственные лаборатории, в которой проверяется как нефть, так и продукты её переработки. Лаборатории проверяют не только исходное сырье, поступающее на предприятие, но и продукцию каждой стадии переработки. К примеру, проверка качества бензина занимает около трех часов. По словам специалистов, оценить качество бензина по запаху невозможно, необходимо прежде всего убедиться в отсутствии примесей и воды. Помимо лабораторного анализа, предлагается внедрить в производственный процесс контроля качества нефтепродуктов экспертно-нейронную систему, обеспечивающую контур автоматизированного управления с применением идентификации больших объемов данных.

Предлагаемый подход, основан на объединении экспертной системы и нейронной сети в интегрированную экспертно-нейросетевую систему (ЭНС). На вход ЭНС подается ИК спектр среднего диапазона, полученный с помощью портативного поточного ИК-Фурье спектрометра. В пределах этих ИК -спектров содержится значительная информация о молекулярной структуре исследуемого образца, и эту информацию можно извлечь и проанализировать современными методами обработки данных, в том числе и с помощью предлагаемой ЭНС [3, 4].

Технологии экспертных систем позволяют создавать: базы данных для хранения спектральных данных и сопутствующих им показателей (например, октановых чисел); базы знаний для хранения различных фактов и правил (например, правил сравнения спектральных данных и оценивания параметров); машины вывода для реализации необходимых вычислений. Нейросетевые технологии позволяют: с высокой степенью надежности классифицировать спектральные данные в присутствии значительных аддитивных помех; рассчитывать сопутствующие им показатели, осуществлять их образную визуализацию в виде 3D-представлений.

Разработан метод построения автоматизированных систем контроля качества продукции в непрерывном цикле промышленных предприятий на основе объединения экспертной и нейросетевой технологий идентификации спектральных данных. Повышена эффективность (по критерию отношения шум/сигнал) классификации спектральных данных, кластеризации и непараметрического оценивания данных. Предложена технология реализации нейронной сети для повышения надежности идентификации на примерах её простейших однослойной и трехслойной топологий. Создан прототип автоматизированной системы управления идентификацией спектральных данных (ИК-спектров автомобильных бензинов) в части её серверной и клиентской реализаций.

Список литературы

1. *Алаторцев Е.И.* Системные основы и методология комплексного совершенствования контроля качества нефтепродуктов: автореферат дисс. ... д-ра техн. наук: 05.17.07. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти, 2014.
2. *Красников С.А.* Методология построения систем контроля качества жидких сред по спектральным характеристикам: автореферат дисс. ... д-ра техн. наук: 05.13.01. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2012.
3. *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). 2023. – 171 с. С. 70 – 80.
4. *Красников С.А., Овчинникова М.А., Гусев К.В.* Визуализация больших данных в виде многомерных векторов на плоскость // Научно-технический вестник Поволжья. № 1. 2024. С. 155 – 158.

2.3.3.

^{1,2,3}И.С. Полевщиков канд. техн. наук, ³В.А. Ляпушин¹Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет),
i.s.polevshchikov@mail.ru,²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),³Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЕРЕ**

Статья посвящена развитию исследований по разработке алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной обучающей системы (АОС) для подготовки операторов технологических процессов (на примере перегрузочных машин) на компьютерном тренажере. Представлены UML-диаграммы алгоритмов и примеры веб-интерфейсов АОС с результатами работы программных модулей по формированию оценки при обучении операторов перегрузочных машин. Программные модули основаны на алгоритме групповой экспертной оценки и методах нечеткой логики. АОС может использоваться для обучения операторов технологических установок с целью эффективного формирования профессиональных сенсомоторных навыков.

Ключевые слова: компьютерный тренажерный комплекс, оператор перегрузочных машин, автоматизированная обучающая система, веб-система, программное обеспечение.

К работе операторов перегрузочных машин предъявляются повышенные требования. С целью уменьшения вероятности аварийных ситуаций [1], необходимо проводить обучение операторов на компьютерных тренажерных комплексах (КТК). С помощью КТК повышается уровень квалификации специалистов, что впоследствии помогает избегать повреждений оборудования и аварий, которые могут привести к тяжелым последствиям [2, 3]. В процессе обучения на КТК важно обеспечить не только хорошую имитацию и визуализацию процесса, но и адекватную обработку данных о выполненном упражнении.

В работах [4-6] были предложены алгоритмы для оценки выполнения упражнения оператором на КТК. На основе данных работ были предложены улучшения алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной обучающей системы (АОС) КТК, с помощью которых имеется возможность обучать операторов в несколько этапов формирования навыка. Предложенный подход основан на методике групповой экспертной оценки, а также на методах нечеткой логики.

Разработанная диаграмма Activity UML по расчету обобщенных весов представлена на рис. 1. Для автоматического расчета оценки за выполнения упражнения, преподавателю необходимо установить оценки значимости показателей качества для оценки упражнения в целом и при поэтапном формировании навыка, установить значение числа успешных выполненных упражнений и граничной оценки, при котором упражнение считается выполненным. Преподаватель настраивает критерии качества, учитываемые на этапах формирования навыка и граничные значения для оценки показателей качества. Указанные параметры сохраняются в базу данных (БД) КТК.

Диаграмма Activity UML по расчету индивидуальных результатов обучающегося представлена на рис. 2. Пользователь заходит в систему, выбирает упражнение.

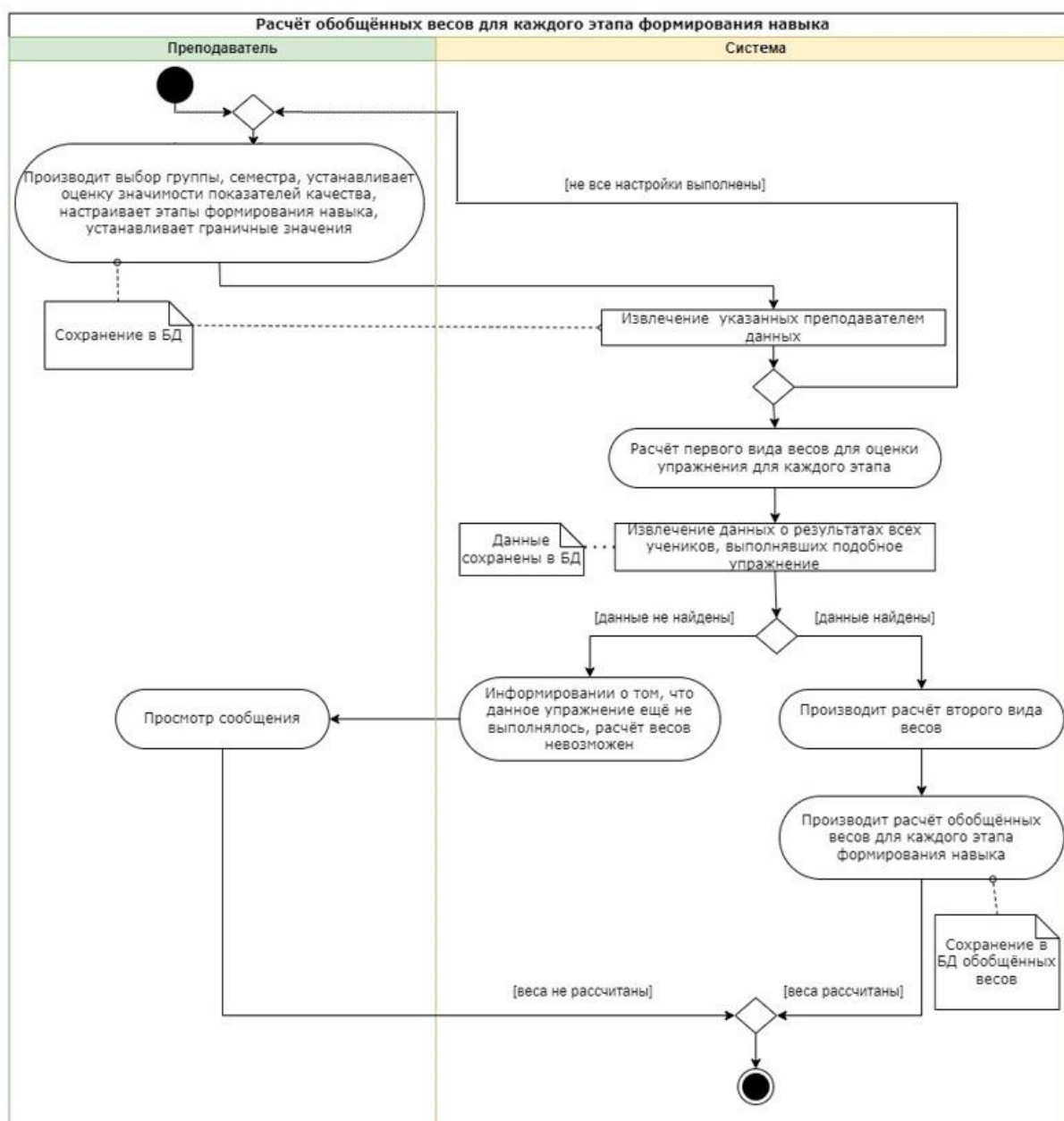


Рис. 1 - Диаграмма Activity UML по расчету обобщенных весов

Исходя из выбранных данных АОС ищет подходящие рассчитанные веса из БД. Если данные не найдены, то упражнение не настроено, и АОС просит пользователя выбрать другое упражнение. Если данные найдены, то АОС обнуляет этап формирования навыка (расчет идет с первого этапа формирования навыка). АОС обнуляет число успешно выполненных упражнений, производит расчет оценки с учетом весов, используемых на данном этапе, сохраняет данные в БД. Если имеются еще попытки выполнения упражнения, то переходит на следующую попытку, и если результат выполнения меньше, чем задан преподавателем, то возвращается к этапу обнуления числа успешно выполненных упражнений.

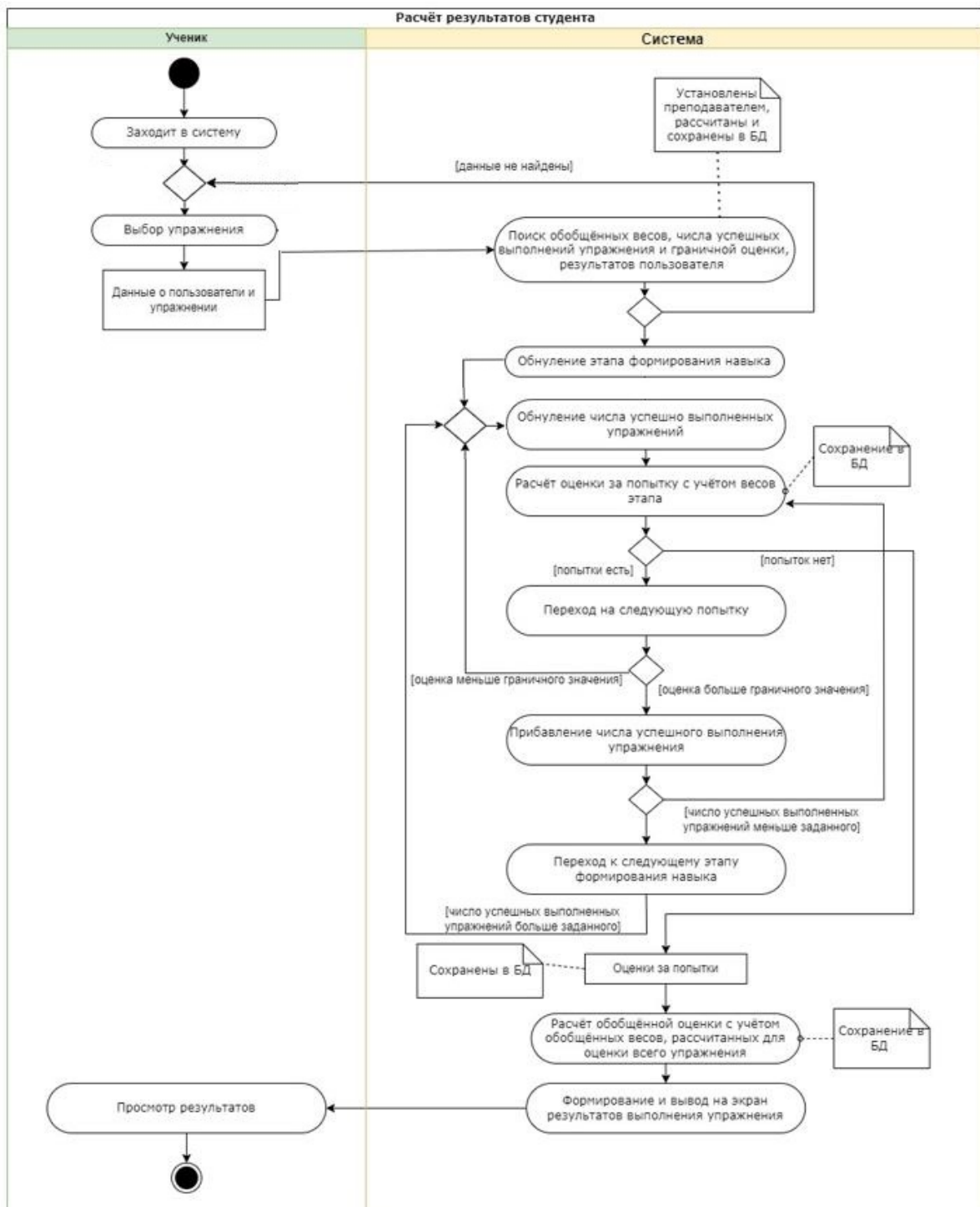


Рис. 2 - Диаграмма Activity UML по расчету индивидуальных результатов обучающегося

Если оценка больше граничного значения, то АОС добавляет число успешных выполнений упражнений. Если полученное значение меньше заданного преподавателем, то переходим к расчету оценки с весами этого же этапа, если больше заданного, то осуществляется переход к следующему этапу формирования навыка.

После расчетов оценок на каждом из этапов формирования навыка происходит расчет общей оценки за выполненное упражнение. Данная оценка рассчитывается с учетом весов, определенных для всего упражнения.

Рассмотрим результаты разработки программных модулей АОС, предназначенной для обработки данных о подготовке операторов перегрузочных машин на компьютерном тренажере. Веб-интерфейс для настройки упражнения преподавателем показан на рис. 3. Здесь эксперту необходимо указать пороговое значение комплексной оценки, число успешных выполнений упражнения.

Учебный год: 2022/23(3) -> К-18-2
Упражнение: Подъём контейнера

Преподаватель: Полевщиков Иван Сергеевич

Настройка упражнения

Вес	0,6
Пороговое значение комплексной оценки выполнения упражнения	70,0
Число успешных выполнений упражнения, при котором навык считается сформированным	2,0
Показатели качества	Настройка показателей качества
Сохранить данные	

Рис. 3 - Интерфейс настройки упражнения

Затем эксперт указывает значения важности для весов при оценке упражнения в целом и при поэтапном формировании навыка. Интерфейс настройки показателей качества представлен на рис. 4.

Учебный год: 2022/23(3) -> К-18-2
Упражнение: Подъём контейнера

Преподаватель: Полевщиков Иван Сергеевич

Показатели качества

№	Показатель качества	Вес при оценке упражнения	Вес при поэтапном формировании навыка
1	время выполнения переноса груза	2	3
2	точность установки груза	1	3
3	число рывков (резких перемещений рычага)	2	2
4	угол отклонения груза при повороте стрелы крана	1	1
5	число аварийных ситуаций	3	2

Сохранить данные

Рис. 4 - Интерфейс настройки показателей качества

Далее эксперту необходимо указать показатели качества, которые требуется учитывать на каждом из этапов. Интерфейс выбора показателей качества, представлен на рис. 5.

Этапы формирования навыка

№	Показатель качества, рассматриваемые на данном этапе формирования навыка	Показатели качества, рекомендуемые на данном этапе формирования навыка
1	☒ время выполнения переноса груза	• время выполнения переноса груза • точность установки груза
	☒ точность установки груза	
	☐ число рывков (резких перемещений рычага)	
	☐ угол отклонения груза при повороте стрелы крана	
	☐ число аварийных ситуаций	
2	☒ время выполнения переноса груза	• число рывков (резких перемещений рычага) • число аварийных ситуаций • время выполнения переноса груза • точность установки груза
	☒ точность установки груза	
	☒ число рывков (резких перемещений рычага)	
	☐ угол отклонения груза при повороте стрелы крана	
	☐ число аварийных ситуаций	
3	☒ время выполнения переноса груза	• угол отклонения груза при повороте стрелы крана • число рывков (резких перемещений рычага) • число аварийных ситуаций • время выполнения переноса груза • точность установки груза
	☒ точность установки груза	
	☒ число рывков (резких перемещений рычага)	
	☒ угол отклонения груза при повороте стрелы крана	
	☒ число аварийных ситуаций	

Сохранить данные

Рис. 5 - Интерфейс выбора показателей качества

После того, как были выбраны показатели качества, эксперту необходимо указать пороговые значения для определения формул, основанных на нечетких множествах. Интерфейс для установки пороговых значений представлен на рис. 6.

№ этапа	Название	Значение безразмерной оценки	Знак	Значение
1	время выполнения переноса груза	1	<=	35
		0	>=	95
1	точность установки груза	1	>=	80
		0	<=	30
2	время выполнения переноса груза	1	<=	30
		0	>=	80
2	точность установки груза	1	>=	80
		0	<=	20
2	число рывков (резких перемещений рычага)	1	<=	1
		0	>=	5
3	время выполнения переноса груза	1	<=	25
		0	>=	70
3	точность установки груза	1	>=	90
		0	<=	30
3	число рывков (резких перемещений рычага)	1	<=	0
		0	>=	4
3	угол отклонения груза при повороте стрелы крана	1	<=	5
		0	>=	20
3	число аварийных ситуаций	1	<=	2
		0	>=	5

Сохранить данные

Рис. 6 - Интерфейс для установки пороговых значений

После сделанных настроек происходит расчет оценок для каждого обучаемого. Расчет оценок при поэтапном формировании навыка для обучаемого представлен на рис. 7.

Учебный год: 2022/23(3) -> К-18-2

Упражнение: Подъем контейнера -> Цекова Мария Руслановна

Преподаватель: Полевщиков Иван Сергеевич

Упражнение: Подъем контейнера

Этап № 1		Этап № 2		Этап № 3	
Критерии качества:		Критерии качества:		Критерии качества:	
- время выполнения переноса груза - точность установки груза		- время выполнения переноса груза - точность установки груза - число рывков (резких перемещений рычага)		- время выполнения переноса груза - точность установки груза - число рывков (резких перемещений рычага) - угол отклонения груза при повороте стрелы крана - число аварийных ситуаций	
№ выполнения упражнения	Итоговая оценка(%)	№ выполнения упражнения	Итоговая оценка(%)	№ выполнения упражнения	Итоговая оценка(%)
1	40	4	100	6	100
2	78	5	100		
3	100				

Рис. 7 - Расчет оценок при поэтапном формировании навыка для студента

Также можно просматривать результаты оценок для каждого критерия качества на каждом из этапов. Пример оценок при выполнении первой попытки представлен на рис. 8.

Упражнение: Подъём контейнера

Этап №1

Критерии качества:

- время выполнения переноса груза
- точность установки груза

№ выполнения упражнения

1

Дата и время начала выполнения

2023-11-25 23 ч. 36 мин.

Итоговая оценка %

40

Критерий	Значение	Оценка
время выполнения переноса груза	60	58
точность установки груза	45	30

Рис. 8 - Пример оценок при выполнении первой попытки

Общая оценка за все этапы конкретного упражнения просматривается с помощью веб-интерфейса, представленного на рис. 9.

Применение представленной АОС позволит повысить эффективность процесса обучения операторов перегрузочных машин на КТК, что способствует лучшим результатам формирования профессиональных сенсомоторных навыков у обучаемых.

Учебный год: 2022/23(3) -> К-18-2

Преподаватель: Полевщиков Иван Сергеевич

Упражнение: Подъём контейнера

Результаты группы К-18-2

№	Обучаемый	Дата последнего выполнения	Оценка	Оценка(%)
1	<u>Цекова Мария Руслановна</u>	2023-12-01	4	73
2	<u>Иванов Пётр Сергеевич</u>	2023-12-01	2	17

Вернуться к перечню упражнений

Рис. 9 - Общая оценка за все этапы конкретного упражнения

Впоследствии результаты качественной профессиональной подготовки операторов помогут избежать поломок оборудования и различного рода аварийных ситуаций.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ
в рамках научного проекта № 23–79–10162.*

Список литературы

1. Сорокин В.Ф., Вершинин О.Ю., Сергеев С.А. Грузоподъемные краны в аспекте промышленной безопасности // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 8-1 (13). С. 84-86.
2. Морозов М.О., Полевицков И.С. Разработка веб-системы сбора и анализа данных о результатах обучения операторов на компьютерном тренажерном комплексе // Современные проблемы автоматизации технологических процессов и производств. сборник научных докладов научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Константиновича Петрова. Курск, 2023. С. 259-263.
3. Морозов М.О., Полевицков И.С., Дмитрук М.В., Недвецкий В.М. Разработка веб-интерфейсов компьютерного тренажерного комплекса для обучения операторов технологических процессов // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности. Сборник научных докладов IV Международной специализированной конференции-выставки. Москва, 2023. С. 294-297.
4. Файзрахманов Р.А., Полевицков И.С. Автоматизированное управление формированием профессиональных навыков оператора роботизированной системы с использованием нечеткой логики // Инженерный вестник Дона. 2015. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3283.
5. Гудков П.А. Методы сравнительного анализа. Учеб. пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. 81 с.
6. Полевицков И.С. Методика обработки данных о формировании сенсомоторных навыков при обучении операторов на компьютерном тренажере // Всероссийская научно-практическая конференция «Молодежная наука 2020: технологии, инновации», 10-13 марта 2020 г. : [посвящ. 90-летию основания Пермского ГАТУ и 155-летию со дня рожд. акад. Д.Н. Прянишникова: материалы] : В 3 ч. Ч 2. / науч. редкол. А.П. Андреев [и др.]. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2020.– С. 247-251.

2.3.3.

^{1,2,3}**И.С. Полевщиков канд. техн. наук, ³Д.А. Тугаева**¹Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет),
i.s.polevshchikov@mail.ru,²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),³Пермский национальный исследовательский политехнический университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТЕСТОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Статья посвящена развитию исследований по созданию алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной системы управления (АСУ) жизненным циклом тестовой документации. Отличительными особенностями разрабатываемой АСУ являются: возможность гибкой настройки наборов атрибутов для каждого вида документа; возможность настройки и управления жизненным циклом документов; оценка качества составленной тестовой документации на основе настраиваемого множества критериев качества. Рассматриваемая АСУ может использоваться при составлении тестовой документации в ходе выполнения программных проектов на кафедре вуза, а также в учебном процессе по дисциплинам в области программной инженерии.

Ключевые слова: *тестовая документация, автоматизированная система управления, жизненный цикл, веб-интерфейс, программное обеспечение, тестирование программного обеспечения.*

Составление тестовой документации является неотъемлемой частью разработки программного обеспечения (ПО). Она представляет собой набор документов (тест-кейсы, требования к ПО, отчеты о дефектах и т.д.), создаваемых как перед началом тестирования ПО, так и ходе работы. Некорректно составленная тестовая документация негативно влияет на процесс разработки ПО. От нее существенно зависит срок реализации и корректность работы разрабатываемого продукта [1, 2].

Для улучшения качества тестовой документации и уменьшения трудоемкости процесса ее создания, разработано множество CASE-средств (Jira, TestRail и др.). Однако, при их использовании многие сложные задачи в процессе составления тестовой документации возложены на человека. Данные средства позволяют лишь частично автоматизировать работу специалиста по тестированию [3, 4]. В CASE-средствах не реализована возможность проводить оценку качества составленной тестовой документации.

Для решения данной проблемы в работах [5-7] был предложен подход к разработке автоматизированной системы составления тестовой документации, включающей функциональные возможности оценки качества тест-кейсов и отчетов о дефектах (на основе методов экспертной оценки), что способствует более эффективной разработке программного продукта и повышению уровня квалификации специалиста по тестированию. Далее представлены результаты развития указанных исследований, заключающиеся в разработке алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной системы управления (АСУ) жизненным циклом (ЖЦ) тестовой документации.

Функциональные требования к АСУ ЖЦ тестовой документации представлены диаграммой прецедентов UML на рис. 1. Преимуществами использования АСУ являются: возможность гибкой настройки наборов атрибутов для каждого вида документа; возможность настройки и управления ЖЦ документов; оценка качества составленной тестовой документации на основе настраиваемого множества критериев качества.

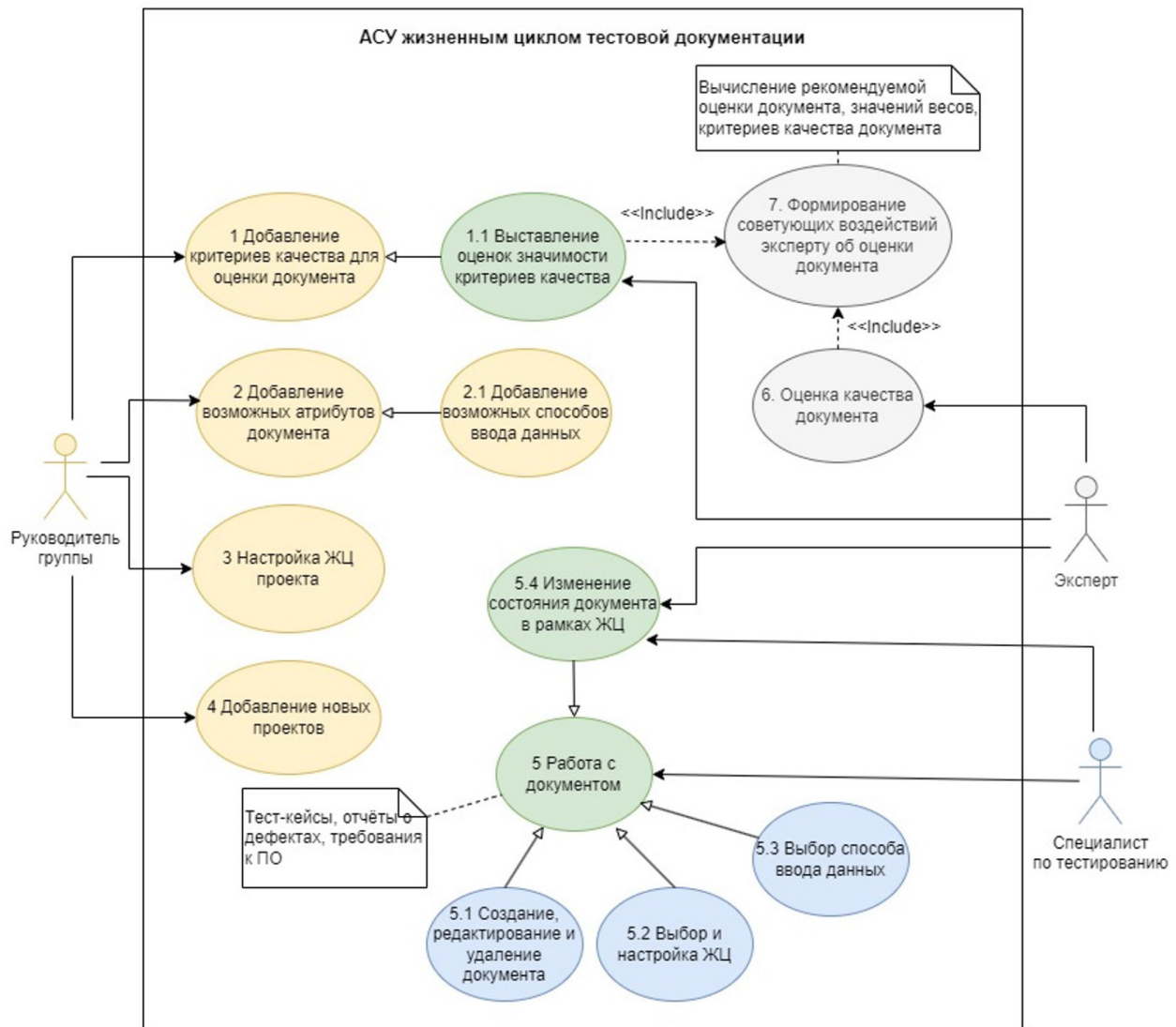


Рис. 1 - Функциональные требования к АСУ ЖЦ тестовой документации

На рис. 2 представлена диаграмма Activity UML, обобщенно описывающая алгоритм работы пользователей в АСУ в рамках учебного процесса при выполнении упражнений по разработке тестовой документации. На данной диаграмме продемонстрирована взаимосвязь следующих задач: настройки процесса разработки тестовой документации; непосредственно разработка тестовой документации специалистом; экспертное оценивание качества тестовой документации. Возможность оценки качества предоставляет необходимую обратную связь специалисту по тестированию ПО для улучшения составленной документации.

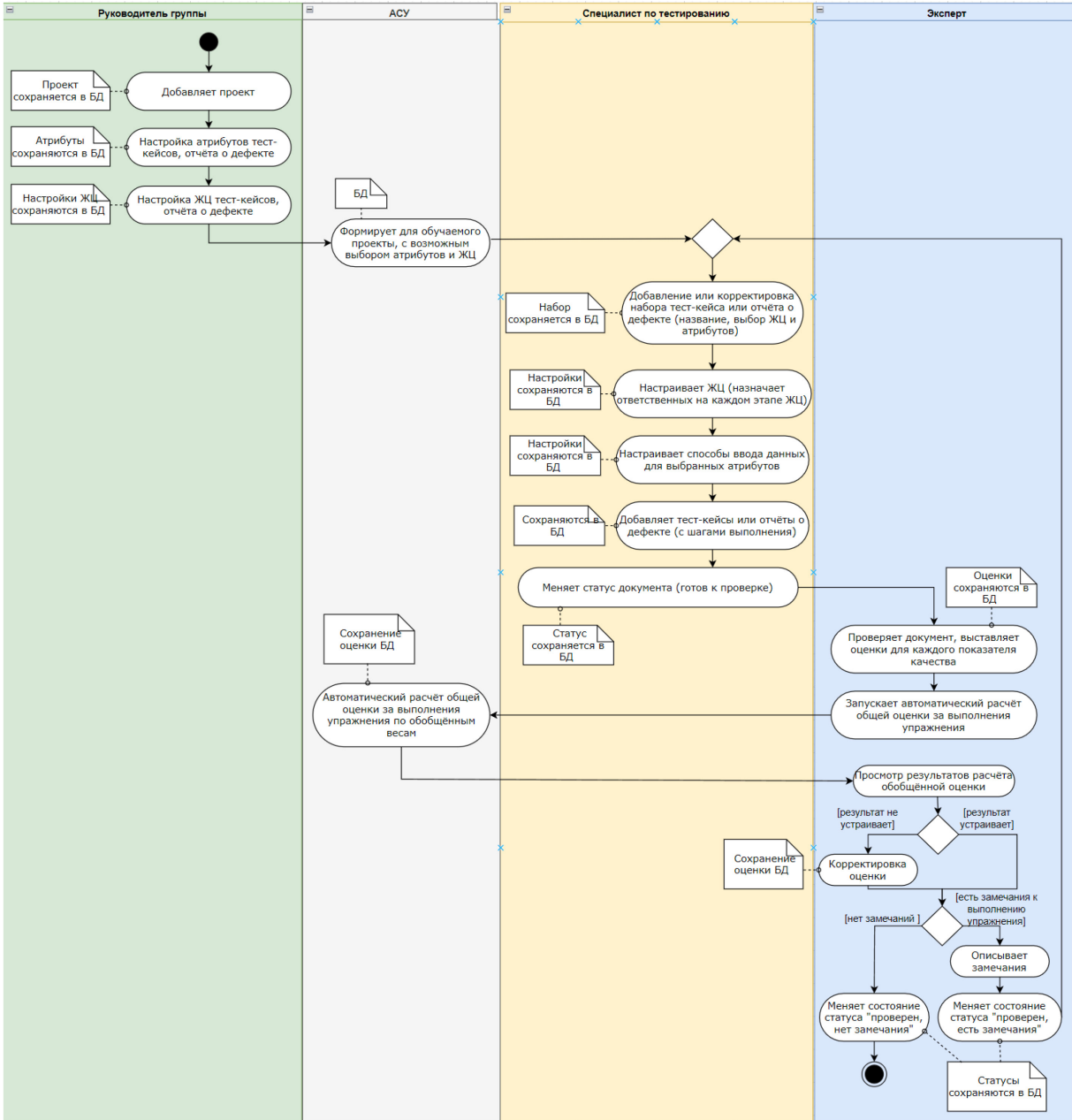


Рис. 2 - Диаграмма Activity UML, обобщенно описывающая алгоритм работы пользователей в АСУ

Программная реализация АСУ представляет собой веб-приложение. Рассмотрим ключевые веб-интерфейсы, демонстрирующие указанные выше функциональные возможности АСУ, на примере тест-кейсов.

Руководитель группы специалистов обладает функциями добавления проектов, настройки показателей качества, атрибутов и ЖЦ документов. В частности, интерфейс для работы с показателями качества тест-кейсов представлен на рис. 3.

Показатели качества для оценки тест кейса:

№	Показатель качества
1	Правильный технический язык
2	Баланс между простотой и сложностью
3	Обеспечение высокой вероятности выявления ошибки
4	Отсутствие лишних действий

[Добавить показатель качества](#)

Рис. 3 - Веб-интерфейс для работы с показателями качества

Веб-интерфейс настройки атрибутов тест-кейса приведен на рис. 4.

Атрибуты тест-кейса:

№	Название атрибута	Краткое описание
1  	ID	Уникальное значение (идентификатор), позволяющее однозначно отличить один тест-кейс от другого.
2  	Краткое описание	Предназначено для быстрого понимания основной идеи тест-кейса без обращения к его остальным атрибутам.
3  	Шаги тест-кейса и ожидаемые результаты	Шаги тест-кейса описывают последовательность действий, которые необходимо реализовать в процессе выполнения тест-кейса. Ожидаемые результаты по каждому шагу тест-кейса описывают реакцию приложения на действия.
4   	Приоритет	Показывает важность тест-кейса.
5   	Требование	Основное требование, проверке выполнения которого посвящен тест-кейс.

[+ Добавить новый атрибут тест-кейса](#)

Рис. 4 - Веб-интерфейс для настройки атрибутов

При добавлении нового атрибута имеется возможность выбора способов ввода данных, что показано на рис. 5.

Номер атрибута	4
Название	Приоритет
Краткое описание	Показывает важность тест-кейса.

Возможные способы ввода данных:

Текстовое поле:

☐ текст (без ограничений)

☐ текст (от до символов)

☐ целое число (без ограничений)

☐ целое число (от до)

☐ вещественное число

☐ Текстовая область

Выбор из списка:

☒ только текст

☐ только число

☒ текст и число

№	Текст	Число
1	низкий	1
2	средний	2
3	высокий	3

[Добавить пункт](#)

☐ Выбор из иерархии

☐ Выбор файла

[Добавить атрибут](#)

Рис. 5 - Веб-интерфейс настройки атрибутов

Руководитель группы может добавлять, настраивать, редактировать и удалять ЖЦ. Веб-интерфейс для работы с ЖЦ представлен на рис. 6.

Состояния ЖЦ тест-кейса и связи между ними:

№	Название состояния	В какие состояния переходим
1 	начальное состояние	в разработке/доработке
2 	проверен, есть замечания	в разработке/доработке
3 	в разработке/доработке	отправлен на проверку эксперту
4 	отправлен на проверку эксперту	проверен, есть замечания проверен, нет замечаний
5 	проверен, нет замечаний	готов к выполнению пропущен
6 	готов к выполнению	пройден успешно пройден не успешно

[Добавить новое состояние ЖЦ тест-кейса](#)

Рис. 6 - Веб-интерфейс настройки ЖЦ

Для пользователя с ролью «специалист по тестированию» в соответствии со списком доступных проектов в веб-интерфейсе работы с тестовой документацией (рис. 7) предоставлена возможность добавления наборов документов и настройки требований к ПО.

Информация о проекте:

№ Проекта	1
Название проекта	АС «Задача производственного планирования»
Краткое описание проекта	Разработка программного обеспечения для определения оптимального плана производства продукции.
Требования к ПО	Перейти к перечню требований

Наборы тест-кейсов для проекта:

№	Название	Краткое описание
1 	Тест-кейсы для проверки основных требований	Набор тест-кейсов для проверки основного сценария действий пользователя при определении оптимального плана производства продукции

[Добавить новый набор тест-кейсов](#)

Наборы отчётов о дефектах для проекта:

№	Название	Краткое описание
---	----------	------------------

[Добавить новый набор отчётов о дефектах](#)

Рис. 7 - Веб-интерфейс для работы с тестовой документацией

В личном кабинете АИС специалисту по тестированию предоставлены такие функции, как выбор необходимых атрибутов и ЖЦ при добавлении нового набора тест-кейсов, выбор определенного способа заполнения значений атрибута из перечня допустимых (согласно настройками атрибута руководителем группы специалистов).

Далее специалист по тестированию добавляет необходимые тест-кейсы, что показано в веб-интерфейсе на рис. 8.

Тест-кейсы и вложенные наборы тест-кейсов:

ID	Краткое описание	Статус (состояние)
1 	Тестирование возможностей заполнения (ввод, редактирование, удаление) исходных данных для определения оптимального плана производства продукции.	начальное состояние
2 	Проверка адаптивной верстки страниц при заполнении исходных данных для расчета оптимального плана производства продукции.	начальное состояние
3 	Проверка корректности вычисления оптимального плана производства продукции.	начальное состояние

[Добавить новый тест-кейс](#)[Добавить новый вложенный набор тест-кейсов](#)

Рис. 8 - Веб-интерфейс для работы с тест-кейсами

После составления документации, специалист меняет статус ЖЦ и документ отправляется на проверку эксперту.

Специалисту с ролью эксперта в личном кабинете АИС доступны возможности просмотра множества показателей качества документа, добавленных руководителем группы, заполнения оценок (степеней значимости) показателей в диапазоне от 0 до 10. В отдельном веб-интерфейсе (рис. 9) отображается список документов, которые необходимо оценить эксперту.

Список оцениваемых Вами документов:

№	Название документа	Вид документа	Статус оценки
1	АС "Задача производственного планирования"	требования к ПО	в процессе оценки
2	Проверка корректности вычисления оптимального плана производства продукции	тест-кейс	не оценивался

Рис. 9 - Перечень документов для оценивания экспертом

При выборе документа в интерфейсе на рис. 9, становится активен интерфейс для оценивания документа (рис. 10), в котором эксперт должен заполнить текстовые поля с оценками по отдельным критериям (итоговая оценка вычисляется автоматически на основе математических методов и может быть скорректирована экспертом вручную), а также замечаниями и рекомендации начинающему специалисту.

Нажатие ссылок «Сохранить черновик оценки», «Завершить оценку (вернуть на доработку)» и «Завершить оценку (нет замечаний)» меняет статус оценки соответственно на «в процессе оценки», «оценено, отправлено на доработку», «оценено, нет замечаний».

Информация о документе:

Название проекта	АС "Задача производственного планирования"
Краткое описание проекта	Разработка программного обеспечения для определения оптимального плана производства продукции
Название или краткое описание документа	Проверка корректности вычисления оптимального плана производства продукции
Вид документа	тест-кейс
Статус оценки	в процессе оценки

[Перейти к просмотру документа](#)

Оцените документ в соответствии с показателями/критериями качества:

№	Показатель качества	Оценка (от 0 до 100)	Примечание
1	Правильный технический язык	60	не точно указана версия операционной системы...
2	Баланс между простотой и сложностью	40	-
3	Обеспечение высокой вероятности выявления ошибки	75	-
4	Отсутствие лишних действий	75	-
	итоговая оценка	84	-

[Автоматический расчёт общей оценки](#)[Сохранить черновик оценки](#)[Завершить оценку \(вернуть на доработку\)](#)[Завершить оценку \(нет замечаний\)](#)

Рис. 10 - Оценивание документа экспертом

Применение представленной подсистемы позволит формализовать процесс оценивая качества программной документации, упростить и повысить объективность результатов данного процесса.

Рассматриваемая АСУ может использоваться для составления и оценки качества тестовой документации в ходе программных проектов на кафедре вуза (например, проектов по созданию ПО для оптимизации производственных процессов в пищевой промышленности), а также в учебном процессе по дисциплинам в области программной инженерии.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ
в рамках научного проекта № 23–79–10162.*

Список литературы

1. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. Минск: Четыре четверти, 2017. 312 с.
2. Орлов С.А. Программная инженерия. Учебник для вузов. 5-е издание обновленное и дополненное. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2016. 640 с.
3. TestRail: Modern Test Case Management Software for QA and Development Teams. URL: gurock.com/testrail (accessed 15/01/2023).
4. EasyQA: Инструмент для управления тестированием. URL: geteasyqa.com/ru/ (дата обращения: 15.01.2023).
5. Файзрахманов Р.А., Полевицков И.С., Боброва И.А. Совершенствование процесса профессиональной подготовки разработчиков программной документации на основе автоматизированной оценки качества формирования навыков // XVIII Всероссийская научно-практическая конференция «Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона» (20-21 ноября 2019 г.): сб. докладов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 21-25.
6. Полевицков И.С., Ведерников А.Ю. Веб-система составления документации при тестировании программного обеспечения // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании : материалы V Международной науч. конф., г. Красноярск, 21–24 сентября 2021 г.: в 2 ч. Ч. 2 / под общ. ред. М. В. Носкова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2021. – С. 265-269.
7. Полевицков И.С., Сидоров П.А. Система поддержки принятия решений при разработке программной документации автоматизированных систем управления в сфере пищевых производств // Фабрика будущего: переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам для отраслей пищевой промышленности: Сборник научных докладов III Международной конференции – выставки (29 марта 2022 года), - Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2022. С. 247-255.

2.3.3.

**З.Г. Сайфутдинов, Р.С. Ахметшин канд. техн. наук, А.А. Хафизов, Р.И. Валиев,
Д.А. Башмаков канд. техн. наук, Л.Е. Волков**

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО Казанского (Приволжского) федерального университета»,
saifutdinow97@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА 6-10 кВ

В статье рассмотрен вопрос повышения эффективности эксплуатации распределительной сети 6-10кВ. Актуальность исследования заключается в разработке нового эффективного способа удешевления распределительного устройства 10 кВ (РУ-10 кВ) за счет использования автоматизации и микропроцессорной релейной защиты. В ходе исследования было разработано экономичное распределительное устройство, основными элементами которого являются: выключатель нагрузки с пружинным приводом, блок бесперебойного питания, выключатель нагрузки, с запретом на включение при работе релейной защиты. Применение предложенного автоматизированного РУ - 10 кВ эффективно в сетях 6-10 кВ 1-ой, 2-ой категории электроснабжения, в основном в сельской местности, за счет использования дешевых выключателей нагрузки вместо дорогостоящих шкафов комплектное распределительное устройство наружной установки (КРУН) масляными или вакуумными выключателями, совместно с современными средствами релейной защиты и автоматики (РЗА) а электронной микропроцессорной технике.

Ключевые слова: распределительное устройство, выключатель нагрузки, релейная защита, автоматика повторного включения, воздушные линии, диагностика коротких замыканий.

Распределительное устройство на 10 кВ применяется в узлах распределения электроэнергии на крупных производствах, энергетических системах городов и прочих крупных предприятий. Основная функция распределительного устройства заключается в обеспечении электроэнергией различных потребителей; подключается преимущественно к общим системам электрических сетей или к подстанциям [1].

Модернизация электротехнического оборудования в современной России предполагает разработку шкафов комплектных распределительных устройств, рассчитанных на 6–10 кВ. Они снабжены вакуумными или элегазовыми выключателями. К таким можно отнести Evolis20, ВВ/TEL-10 и LF-2, LF-3 соответственно. Основное преимущество вышеуказанных выключателей по сравнению с масляными – повышенная надежность электроснабжения [2].

В данной статье предлагается усовершенствованная конфигурация системы распределения. Основная цель – минимизация стоимости генерации всей системы распределения [3,4].

Проведен анализ надежности схем РУ, основанный на математической модели, показавший, что основное влияние на надежность выключателей оказывает схема РУ и тип высоковольтного выключателя [5]. Современные разработки предполагают следующее решение по повышению надежности выключателей: применение открытого распределительного устройства (ОРУ), схема которого представлена в виде многогранника. Ключевые особенности такой схемы — это уменьшенное число разъединителей. Изменение структуры схемы приводит к общему повышению надежности и экономичности ОРУ, а внедрение элегазового оборудования позволяет снизить частоту и длительность простоев элементов ОРУ, однако даже при таких условиях целесообразнее применять схемы с обходной системой шин.

Исследование предполагало использование следующих методов: функционально-структурный анализ РУ электроэнергии, анализ и сравнение взаимозаменяющих РУ на 6-10 кВ. Было рассмотрено автоматическое распределительное устройство и принцип его работы.

Принципиальная схема АРУ 6-10 кВ представлена на рис. 1 [6].

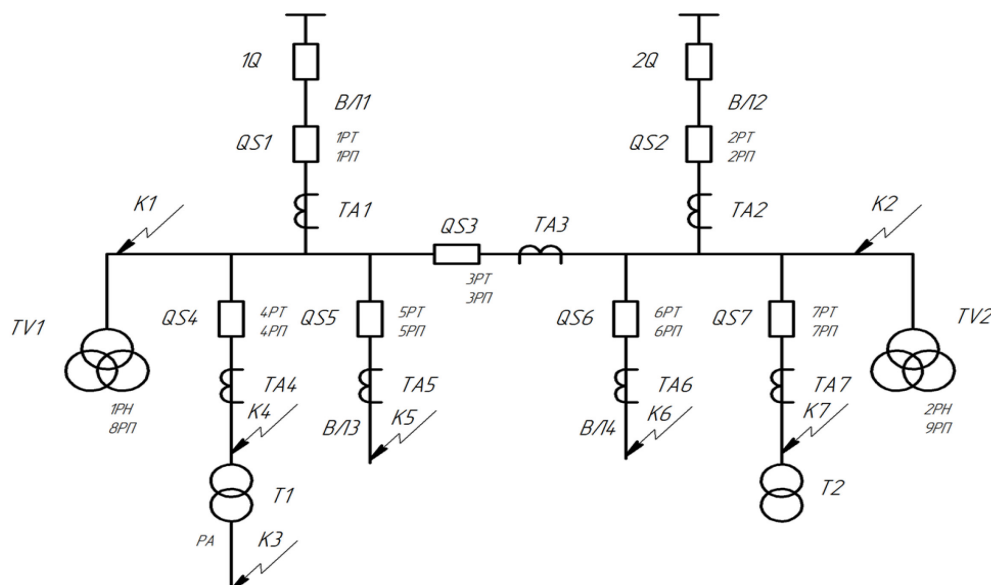


Рис. 1 - Принципиальная схема автоматизированного распределительного устройства 6-10 кВ

Система блокировки, отстроенная на временной установке безтоковой паузы, осуществляет передачу информации отключения выключателю нагрузки, ближайшего к месту короткого замыкания, и передает блокирующий импульс на запрет отключения последующему выключателю нагрузки в сторону источника питания сети 6 – 10 кВ.

По истечении времени происходит отключение вакуумного выключателя от автомата включения питания (АВП) собственного привода, то есть в сети 6-10 кВ снова появляется рабочее напряжение, а в месте КЗ прекращается нагрузка. После, отключается последующий выключатель ближе к источнику питания.

На рис. 2 представлена схема алгоритма работы терминала автоматики АРУ 6-10 кВ, основанная на микропроцессорных элементах типа «ОРИОН-РТЗ».

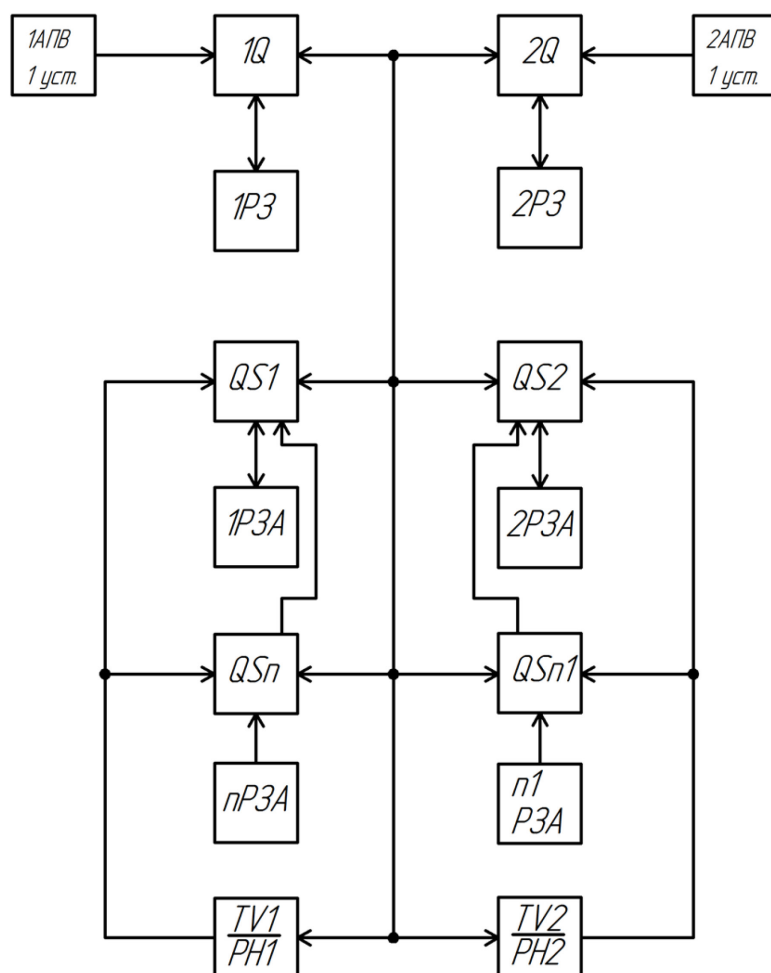


Рис. 2 - Алгоритм работы терминала автоматизации

В случае короткого замыкания (КЗ) происходит отключение вакуумного выключателя, через который проходит ток КЗ, при помощи микропроцессорной релейной защиты. После происходит отключение выключателя нагрузки в период безтоковой паузы при срабатывании собственной релейной защиты. Время отключения прямо пропорционально протекающему току КЗ, который блокируется резервным отключением выключателя нагрузки.

АРУ 6-10 кВ устроено по следующему принципу: при появлении КЗ исходящей линии 10кВ РУ комплексно сработает релейная защита токовой отсечки выключателя 1Q (2Q) головного участка, питающих РУ линий 10кВ, выключатели нагрузки ввода РУ на 10кВ QS1 (QS2) и выключатели нагрузки QS4 (QS5) на отходящей линии 10кВ от РУ. По этой причине происходит отключение 1Q (2Q), далее с отсутствием блокирующего импульса (наличие – отсутствие напряжения на шинах 10кВ) отключится QS4 (QS5), а спустя время селективности на присутствие блокирующего импульса (не отключенное состояние QS4 (QS5)) отключится QS1 (QS2). По истечении времени, АПВ включит выключатель 1Q (2Q) головного участка, питающих РУ, и далее восстановится рабочее напряжение. При возникновении КЗ на сборных шинах РУ-10 кВ синхронно срабатывает установка релейной защиты, токовая отсечка выключателя 1Q (2Q) головного участка и выключатели нагрузки ввода РУ – 10 кВ QS1 (QS2). Условия срабатывания выключателя нагрузки ввода РУ – 10 кВ QS1 (QS2) тоже - отсутствие блокирующего импульса (наличие – отсутствие напряжения на шинах 10 кВ).

Предлагаемое АРУ экономически эффективно в сетях 6-10 кВ 1-ой, 2-ой категории электроснабжения в основном в сельской местности за счет использования дешевых выключателей нагрузки в место дорогостоящих шкафов КРУН с масляными или вакуумными выключателями укомплектованной современными средствами РЗА на электронной микропроцессорной технике.

Список литературы

1. Овсянников М.Ю. Современные распределительные сети 6-10 кВ / М. Ю. Овсянников // Вестник науки и образования. – 2020. – № 11-1(89). – С. 44-47.
2. Котеленко С.В. Модернизация комплектных распределительных устройств в сети 10 кВ / С. В. Котеленко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 12. – С. 67-69.
3. Shu J., Quan S.S., Zhang L.Z. Optimal operation of distribution power system including distributed generator // International Conference on Power System Technology. Zhejiang: IEEE, 2010. Pp. 1-6.
4. Варганова А.В. Оценка надежности внешнего электроснабжения сетей 6-10 кВ с источниками распределенной генерации / А. В. Варганова, А. С. Ирихов // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 3(52). – С. 22-28.
5. Назарычев А.Н. Анализ надёжности схем распределительных устройств с различными типами высоковольтных выключателей / А. Н. Назарычев, И. Н. Сулыненков // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: 92-е заседание Международного научного семинара им. Ю.Н. Руденко, В 3-х книгах, Казань, 21–26 сентября 2020 года. Том Вып. 71 Книга 1. – Иркутск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2020. – С. 320-329.
6. Патент № 2791935 С2 Российская Федерация, МПК H02N 7/26. Экономичное распределительное устройство 10 кВ: № 2021119788: заявл. 06.07.2021: опубл. 14.03.2023 / Р. С. Ахметшин, Р. И. Игнатьев, Т. Б. Лещинская.

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

2.3.5.

Т.А. Ершов, П.Д. Большаков, В.С. Осипов

Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова,
инженерно-технологический институт,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники
и автоматизированных систем,
Абакан, РФ

ПОТЕНЦИАЛ И КРИТЕРИИ ОТБОРА РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННЫХ НА ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ГЕНЕРАЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

В работе предлагается комплекс подходов к формированию цифрового сервиса, в который будет включен модуль генерации персонализированного образовательного контента. Рассматриваются методики и процедуры для генерации текста, аудио и видео материалов с учётом требований, формализованных в виде задач образовательного процесса. Отдельным вопросом рассматривается критерии отбора контента, который будет включён в формируемую образовательную программу.

Ключевые слова: генеративные системы, искусственный интеллект, персонализированное образование.

Одним из глобальных трендов является тренд на индивидуализацию образовательного процесса [1]. В значительной степени индивидуализация образовательного процесса реализуется через персонализацию образовательного контента. На современном этапе развития технологий эти задачи могут быть решены с использованием возможностей искусственного интеллекта.

При изучении иностранного языка решается задача формирования следующего набора компетенций: аудирование, чтение, письмо, говорение. Для формирования указанных компетенций используются упражнения содержащие текстовый, графический, аудио и видео контент. Проанализировав учебное пособие по изучению английского языка для взрослых (English File 4th edition Beginner) было выявлено 50 базовых типов упражнений, используемых при обучении взрослых на начальном уровне. Пример соотнесения типов упражнений с видами используемого контента и формируемыми компетенциями представлен в Таблице 1. Представленные в таблице виды упражнений имеют следующие формулировки: А – «послушай и повтори», В – «прочитай и послушай», С – «скажи по образцу / схеме», D – «прочитай правило», Е - «соотнеси картинку и слово/ фразу/ предложение», Е – «Послушай, заполни пропуски».

Таблица 1 – Соотношение видов упражнений, используемого образовательного контента и формируемых компетенций

	Материал	Виды упражнений					
		A	B	C	D	E	F
Вид используемого контента	Аудио / Видео	+	+	-	-	-	+
	Текст	-	+	+	+	+	+
	Изображение	-	-	+	-	+	-
Формируемая компетенция	Аудирование	+	+	-	-	-	+
	Чтение	-	+	-	-	-	+
	Письмо	-	-	-	-	-	+
	Говорение	+	-	+	-	-	-
	Лексика	-	-	-	-	+	+
	Грамматика	-	-	+	+	+	-

Таким образом, требуется сформировать сервис, который будет включать следующий генеративный функционал:

Нейросети для генерации звука и голосов.

На сегодняшний день категория искусственного интеллекта, которая позволяет генерировать различные звуки и голоса, является мощным инструментом, который может использоваться в различных областях, включая синтез речи, создание аудио файлов и озвучивание текста [2-5].

Существует несколько подходов к реализации нейросети такого типа. Первый тип – использование рекуррентных нейронных сетей (RNN), таких как LSTM (Long Short-Term Memory) или GRU (Gated Recurrent Unit). Эти сети способны решить проблему исчезающего градиента в рекуррентных системах, а также позволяют работать с долгосрочными зависимостями в данных. Другой подход – использование генеративно-сопоставительных сетей (GAN), которые состоят из двух основных компонентов: генератора и дискриминатора. Генератор создает звуки и речь, а дискриминатор оценивает их реалистичность. Обучение GAN позволяет генератору создавать все более качественные и реалистичные звуки и голоса. Общими критериями отбора сервисов могут служить наличие возможности учета индивидуальных особенностей пользователя (тембр), аутентичность произношения и др.

Нейросети для генерации текста.

Генеративные модели как с закрытым или открытым исходным кодом имеют API для реализации подобных сервисов, так что создание уникального контента для каждого человека только вопрос денежных затрат на токены и грамотно и правильно подобранные текстовые команды [4-5].

Индивидуальные атрибуты оценки помогут выбрать из всех нейросетей наиболее подходящие, к примеру если предметная область касается лингвистики или языков подойдут нейросети обученные на больших массивах текстовых данных особенно касательно разнообразного творчества, где большое количество творческого стиля.

После индивидуальной выборки необходимо определить из выбранной группы наиболее эффективные модели, это помогут сделать метрики.

Наиболее важны метрики для генерации большого контента и использования с API, поскольку метрики также дают отчасти субъективный анализ и требуют огромной выборки и статистики многих измерений на многих результатах. При этом, в некоторых случаях метрики не учитывают большое количество дополнительных параметров, также как и многие параметры зависят от субъективной цели и оценки проверяющих.

Нейросети для генерации видео.

В настоящий момент выделяется 6 основных технологий генерации видео с использованием нейросетей. Для этих целей используются диффузионные модели, рекуррентные нейросети (RNN, используются для работы с последовательностями кадров, учитывая информацию о предыдущих кадрах при генерации следующих), свёрточные

нейросети (CNN, эффективны для распознавания и генерации отдельных видеокадров на основе входных признаков), генеративно-состязательные сети (GAN, используют две модели: генератор, создающий новые кадры, и дискриминатор, оценивающий их реалистичность, позволяя достигать высокого качества сгенерированного видео), автокодировщики временных рядов и трансформерные архитектуры [3-4].

Критериями отбора могут служить наличие возможности настройки продолжительности видео, возможность генерировать видео по картинке, этичность генерируемого видеоконтента, аутентичность (достоверность) видеоконтента, скорость генерации, наличие API и возможность экспорта контента, качество озвучки видео.

Таким образом, предлагаемый к реализации сервис имеет следующую структуру:



Рис. 1 – Структура сервиса персонализированного обучения

Следует отметить, что существенной частью реализации сервиса будут процедуры дообучения сформированных нейросетевых генераторов заданий на основе результатов, полученных обучающимися и с сопровождением эксперта предметной области, который будет выступать как куратор образовательных программ.

Список литературы

1. Токтарова В.И. Интеллектуальные сервисы генерации образовательного контента / В. И. Токтарова, О. В. Ребко // Дистанционные образовательные технологии : Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Ялта, 19–21 сентября 2023 года. – Симферополь: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 165-167. – EDN TVDOBS.
2. Ключевые архитектуры, решения и алгоритмы, лежащие в основе генерации видео [Электронный ресурс]: – Режим доступа: URL: https://courses.sberuniversity.ru/video_generation/22 (дата обращения 07.03.2024).
3. Andrew Ferlitsch Deep Learning Patterns and Practices. - 1-е изд. - NY: Manning Publications, 2021. - 471 с.
4. Maxim Lapan Deep Reinforcement Learning Hands-On. - 2-е изд. - Birmingham: Packt Publishing, 2020. - 827 с.
5. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А.А. Слинкина. - 2-е изд. испр. - М.: ДМК Пресс, 2018. – 652с.

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

2.3.5.

С.Р. Ермаков, Н.А. Зубов

МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт информационных технологий,
кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения,
ermakov_s@mirea.ru

**РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОДДЕЛКИ
ГОЛОСОВОЙ БИОМЕТРИИ**

Статья посвящена проблеме защиты биометрических данных, в частности, голоса человека, от компрометации и последующей подделки с помощью нейронных сетей и обученных голосовых моделей с целью совершения несанкционированных финансовых операций. В статье исследуется растущая угроза мошенничества в аспекте подделки голосовой биометрии и последующем её применении в биоэквайринге или при удалённом подтверждении банковских операций. Представлены рекомендации по улучшению систем безопасности и недопущению мошеннических действий при использовании голосовой биометрии в банковской сфере.

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, биометрия, биоэквайринг, дипфейк, нейронные сети.

В последние годы наблюдается значительный рост внедрения биометрических систем идентификации и аутентификации в коммерческих организациях [1], [2]. Одной из наиболее часто используемых видов биометрии является голосовая биометрия, которая позволяет подтверждать личность человека [3]. Это открывает новые возможности, включая удалённое подтверждение финансовых операций и проведение биоэквайринга [4]. Однако, с развитием нейросетевых технологий возникла потенциальная угроза подделки голосовой биометрии с помощью нейронных сетей. Нейросети можно обучить имитировать голос и мимику человека до такой степени, что системы аутентификации смогут быть обмануты. Это подвергает опасности биометрические данные человека, например, голос. Цель исследования – разработка концепта системы для предотвращения подделки голосовой биометрии.

Биоэквайринг – это процедура проведения платежей с применением биологических идентификаторов, посредством сканеров отпечатков пальцев, анализаторов сетчатки или микрофонами. С использованием биометрической идентификации, основанной на голосе, могут возникать следующие проблемы:

- Сбор, хранение и обработка биометрических данных требуют высокой степени защиты, чтобы предотвратить несанкционированное использование или утечку данных при атаках.

- Такие биометрические данные, как голос, могут быть подделаны с помощью различных методов, например, с помощью записи голоса, использования технологий модификации голоса или воспроизведения голоса пользователя [5].

Это создаёт потенциальную уязвимость системы к мошенничеству и несанкционированному доступу, соответственно, открывает возможность злоумышленникам для создания модели нейронной сети, которая могла бы синтезировать речь, имитируя голос и стиль. Такую возможность предоставляют, например, нейронные сети «AI Cover», «VALL-E», позволяющие заменить оригинальную аудиодорожку в музыкальной композиции на аудиодорожку, содержащую голос целевого человека.

На текущий момент времени отсутствует точная статистика по подобным киберпреступлениям из-за их относительной новизны. Однако, в СМИ стали публиковаться материалы, свидетельствующие о том, что нейронные сети применяются в мошеннических действиях [6], [7].

Нейронные сети хорошо обучаются произносить фразы голосом целевого человека только в том случае, если в обучающей выборке было достаточное количество высококачественных записей различных звуков, в которых заметна интонация, акцент, скорость речи.

Поэтому, для решения проблемы имитации злоумышленниками голоса человека предлагается при сборе биометрии записывать парольные фразы, которые будет знать только человек, сдавший биометрию. Таким образом, обученная на звуковых сэмплах нейросеть не сможет в точности повторить парольную фразу с той же интонацией, с которой её произнёс человек. Организациям, использующим аутентификацию по голосовой биометрии, следует размещать на своём оборудовании программное обеспечение, которое сможет с помощью разработанных алгоритмов определять, произнёс фразу целевой человек или обученная нейросеть, а также задавать контрольные вопросы при подозрении на голосовой клонинг.

Другой способ защиты голосовой биометрии предлагает внедрять в собранную биометрию цифровые подписи. Цифровой водяной знак представляет собой невидимую или слабо заметную модификацию аудиоданных, которая встраивается в сигнал с целью идентификации.

Процесс внедрения цифрового водяного знака в аудиофайл включает две основные операции: внедрение и извлечение. При внедрении знака в аудиосигнал встраивается дополнительная информация, содержащая данные о владельце контента и авторские права, а также служащая для идентификации. Этот знак можно внедрять на различных уровнях аудиоданных, включая амплитуду, частоту или фазу звуковых сигналов.

Извлечение цифрового водяного знака проводится для проверки наличия и анализа скрытой информации. При аутентификации по голосу с водяными знаками в записи, отправленная голосовая запись сравнивается с заранее внедрённой информацией, которая извлекается во время процесса проверки.

Для применения технологии цифрового водяного знака с целью предотвращения голосового клонинга предлагается разработать программно-аппаратный комплекс (ПАК), в котором цифровые водяные знаки будут применяться в аутентификации по голосу для борьбы с мошенничеством, связанным с голосовым клонингом. ПАК может быть реализован в виде мобильного приложения или быть интегрирован в существующее приложение банка, например, в приложение «СБПэй». Для описания принципа работы концептуальной системы построена UML-диаграмма последовательности, отображённая на рисунке 1. На диаграмме показана деятельность компонентов ПАК.

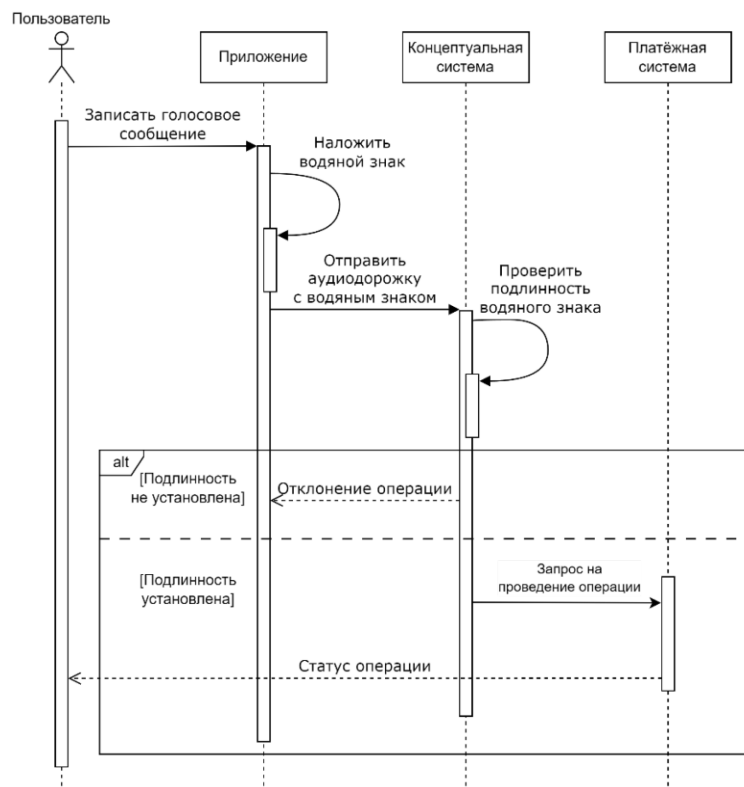


Рис. 1 - Диаграмма последовательности концептуальной системы

Пользовательское приложение должно внедрять в сообщение с голосом человека цифровой знак, подтверждающий подлинность источника информации. Система на стороне банка должна обнаруживать, извлекать и подтверждать подлинность цифрового водяного знака прежде, чем произвести операцию. Если водяной знак отсутствует или не совпадает, это будет основанием для отклонения операции, так как это свидетельствует о попытке мошенничества или использовании скопированной записи.

Заключение. Применение цифровых водяных знаков в аутентификации по голосу поможет повысить уровень безопасности банковских операций и предотвратит возможные атаки посредством голосового клонинга. В связи с появлением новых уязвимостей в сфере голосовой аутентификации стоит задуматься о возможности внедрения дополнительных мер защиты:

- При авторизации пользователя с помощью голосовой биометрии в банковских приложениях использовать также авторизацию с помощью ЕСИА или средств электронной подписи;
- Не предоставлять возможность проведения транзакции методом биоэквайринга при совершении интернет-покупок онлайн;
- Использовать фразы и словосочетания, которые произносятся во время сдачи биометрии и имеются в обучающей выборке и учитывать скорость произношения фраз;
- Произвести аналитику использования биометрических данных и частоты аутентификаций с помощью голоса с целью разработки алгоритмов, способных выявлять подозрительные операции;
- Разработать и внедрить ПАК на основе описанного концепта.

Список литературы

1. Соколинская Н.Э. Анализ готовности российских коммерческих банков к цифровизации экономики в условиях трансформации мирового рынка / Н. Э. Соколинская, Е. А. Зиновьева // Финансовые рынки и банки. – 2020. – № 4. – С. 50-56. – EDN KQVYHC.
2. Удалённая идентификация // Банк России [Текст]. URL: https://www.cbr.ru/fintech/digital_biometric_id/ (Дата обращения: 30.11.2023).
3. Брагина Е.К. Современные методы биометрической аутентификации: обзор, анализ и определение перспектив развития / Е. К. Брагина, С. С. Соколов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2016. – № 1(61). – С. 40-45. – EDN VYTTTH.
4. Новикова В.Н. Биометрия как фактор развития банковской деятельности / В. Н. Новикова, А. А. Муратова // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы : Материалы XI Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов, Нижний Новгород, 17–19 мая 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2023. – С. 78-80.
5. Бодров Н.Ф., Лебедева А.К. — Понятие дипфейка в российском праве, классификация дипфейков и вопросы их правового регулирования // Юридические исследования. – 2023. – № 11. – С. 26 - 41. – EDN DYIHIR.
6. BBB Scam of the Week: The dangers of voice cloning // KNOE news [Электронный ресурс] – URL: <https://www.knoe.com/content/news/BBB-Scam-of-the-Week--568136571.html> (Дата обращения: 30.11.2023).
7. Афера с применением ИИ. Как мошенники используют нейросети // Российская газета RG.RU [Текст]. – URL: <https://rg.ru/2023/10/06/aferra-s-primeneniem-ii-kak-moshenniki-ispolzuiut-nejroseti.html> (Дата обращения: 30.11.2023).

2.3.5.

Д.В. Жматов канд. техн. наук, К.И. Шутов

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
Москва, shutov_k@mirea.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСА ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Описана разработанная математическая модель для внедрения тензометрических датчиков в технологию умных складов. Решается задача по поиску потерянных товаров на складе, на основе данных о весе, с учётом возможных погрешностей товаров. Выводится формула усечённого распределения Гаусса для определения плотности вероятности веса товаров на стеллаже. Распределение используется для определения вероятности нахождения лишнего товара на стеллаже.

Ключевые слова: интернет вещей, тензометрические датчики, распределение Гаусса, распределение плотности вероятности.

В современное время технология интернета вещей внедряется повсеместно. Это способствует автоматизации всех операций, контролю процессов предприятий, повышение эффективности работников, повышение качества сервиса, минимизации рисков и др. [1]. Развитие технологии интернета вещей зависит от эффективности применения датчиков для сбора информации. Чем больше данных, чем они разнообразнее, тем эффективнее может применяться технология.

В статье, посвящённой возможности применения тензометрических датчиков в промышленном интернете вещей [2] рассмотрены возможные преимущества применения данных датчиков на умных складах и WMS (Warehouse Management System - Система управления складом) [3].

Ранее тензометрические датчики на складах мало применялись из-за высокой стоимости производства и установки, требования аккуратной установки и калибровки, а также ограниченной точности измерений. Вместо них RFID метки стали более привлекательным выбором из-за простой интеграции, компактности и низкой стоимости.

Современные технологии снизили стоимость и повысили точность тензометрических датчиков. Используя технологию интернета вещей, они могут обеспечить автоматизацию взвешивания и мониторинга на складе, оптимизируя логистические операции и уменьшая временные задержки [2].

Рассматриваемое преимущество использования тензометрических датчиков включает в себя возможность реакции на изменения в окружающей среде. Тензометрические датчики могут помочь системе точно определить местоположение утраченного товара [2]. Однако, несмотря на эти перспективы, существует вызов в виде отсутствия математического обеспечения для решения задачи точного определения местоположения товара. Это вызвано тем, что тензометрические датчики ранее были менее привлекательны для интеграции на склад, чем RFID метки. В результате наблюдается недостаток научных исследований, посвященных тензометрическим датчикам в данном контексте. Проблема задачи заключается в том, что вес каждого товара подвержен определенной погрешности, представляя трудность для математического анализа.

Перед внедрением нового вида датчиков на склад, необходимо убедиться в решаемости задачи, на основе получаемых данных, а также подготовить математическое обеспечение, которое позволит решать поставленные задачи. Так как работа идёт с данными, у которых есть погрешность, решение требуется в вероятностном виде.

В работе рассматривается система складов оптового распределения и розничные склады. Предполагается что на данных складах используется статический способ укладки товаров, при котором товар размещается в заранее выбранном стеллаже.

Склад оснащён множеством стеллажей. В каждом стеллаже установлены тензометрические датчики. Они в реальном времени показывают текущий вес товаров на стеллаже.

В базе данных храниться информация о каждом товаре. В рамках данной статьи важной информацией является вес товара и его возможная погрешность. Также в базе данных есть информация о стеллажах. Там определено какой товар хранится и его кол-во на данном стеллаже.

Система должна находить на складе товар, который был потерян. Используя информацию из базы данных о полках и товарах, она должна определить места, где с наибольшей вероятностью окажется потерянный товар.

Использование гауссовского распределения веса товаров может быть связано с тензометрическими датчиками через методы статистического анализа. Гауссовское распределение, является стандартным способом моделирования весовых характеристик в случайных процессах.

Тензометрические датчики измеряют деформацию или напряжение в объекте, к которому они применены. Если представить, что товары на складе могут создавать определенные деформации или изменения веса при перемещении или расположении на стеллажах, то тензометрические датчики могут регистрировать эти изменения.

Гауссовское распределение веса товаров может быть использовано в разработанном уравнении для определения вероятности расположения утерянного товара на каждом стеллаже. Тензометрические датчики, в свою очередь, могут служить источником данных о деформациях или весовых изменениях, которые затем вводятся в уравнение для оценки вероятностей:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

где, m – математическое ожидание веса товара;

σ – среднеквадратичное отклонение

Считаем, что все отклонения товаров больше нормы являются бракованными и не попадают на склад, то работа будет вестись с усечённым нормальным распределением Гаусса:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq m - \sigma \\ B \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, & m - \sigma \leq x \leq m + \sigma; \\ 0, & x \geq m + \sigma \end{cases} \quad (2)$$

где, B - коэффициент, который после усечения сохраняет $P=1$.

Площадь под графиком является вероятностью попадания в диапазон, поэтому общая площадь должна быть равна единице. Так как из-за усечения часть площади отбрасывается, то это часть должна быть использована в усечённом графике. Для этого будет использовано «Правило 3σ », которое гласит, что 68% площади под графиком нормального распределения должно находиться в одном среднеквадратичном отклонении σ от математического ожидания m .

Найдём коэффициент для функции, который позволит увеличить площадь графика до 1:

$$\frac{f(x)}{B \times f(x)} = \frac{68}{100}; B = \frac{100}{68} \sim 1.47 \quad (3)$$

Итоговое уравнение усечённого нормального распределения Гаусса имеет следующий вид (4):

$$f(x) = \begin{cases} 0, x \leq m - \sigma \\ 1.47 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, m - \sigma \leq x \leq m + \sigma; \\ 0, x \geq m + \sigma \end{cases} \quad (4)$$

Вероятность итогового веса на стеллаже также распределяется по нормальному распределению Гаусса. Если на полке лежит N одинаковых товаров, то математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение для нескольких товаров будет высчитываться исходя из правил сложения случайных величин:

$$m_N = N \times m, \quad \sigma_N = \sigma \times \sqrt{N}, \quad (5)$$

где, m_N - Математическое ожидание общего веса товаров;

σ_N - среднеквадратичное отклонение общего веса товаров.

Пусть есть два вида товара: с m_1 и σ_1 , с m_2 и σ_2 . Тогда если мы потеряли товар второго вида, то мы можем получить усечённое нормальное распределение Гаусса для ситуации, когда товар второго вида лежит на стеллаже с N товарами первого вида:

$$m_D = N \times m_1 + m_2, \quad \sigma_D = \sqrt{N \times \sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (6)$$

где, m_D - математическое ожидание общего веса товаров с учётом потерянного;

σ_D - среднеквадратичное отклонение общего веса товаров с учётом потерянного.

Теперь если мы получаем от весов некую величину, то мы можем узнать плотность вероятности для ситуации, когда этот товар не на весах (7), и когда он на них (8).

$$f_N(x) = \frac{1.47}{\sigma_N\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(M-m_N)^2}{2\sigma_N^2}}, \quad (7)$$

где, $f_N(x)$ - плотность вероятности без потерянного товара;

M - масса, которую фиксируют тензометрические датчики.

$$f_D(x) = \frac{1.47}{\sigma_D\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}, \quad (8)$$

Где, $f_D(x)$ - плотность вероятности с потерянным товаром.

Зная соотношение полученных величин, можно определить вероятность расположение данного товара на выбранном стеллаже (9).

$$\begin{aligned} P &= \frac{f_D(x)}{f_N(x) + f_D(x)} = \frac{\frac{1.47}{\sigma_D\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}}{\frac{1.47}{\sigma_N\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(M-m_N)^2}{2\sigma_N^2}} + \frac{1.47}{\sigma_D\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}} = \\ &= \frac{\frac{1}{\sigma_D} e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}}{\frac{1}{\sigma_N} e^{-\frac{(M-m_N)^2}{2\sigma_N^2}} + \frac{1}{\sigma_D} e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}} = \frac{\sigma_N e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}}{\sigma_D \times e^{-\frac{(M-m_N)^2}{2\sigma_N^2}} + \sigma_N \times e^{-\frac{(M-m_D)^2}{2\sigma_D^2}}}, \end{aligned} \quad (9)$$

где, P вероятность того, что потерянный товар на этой полке.

Для геометрической интерпретации представлен пример, при котором на стеллаже должно лежать 50 тортов, и при этом проверяется возможность потери коробки конфет весом 0.2 ± 0.009 кг. На рис. 1 показана ситуация, когда весы показывают 100.051 кг. Отношение длины чёрного отрезка к сумме длин красного и чёрного отрезка является искомой вероятностью расположения коробки конфет среди тортов. Эта вероятность равна ~ 0.4456 .

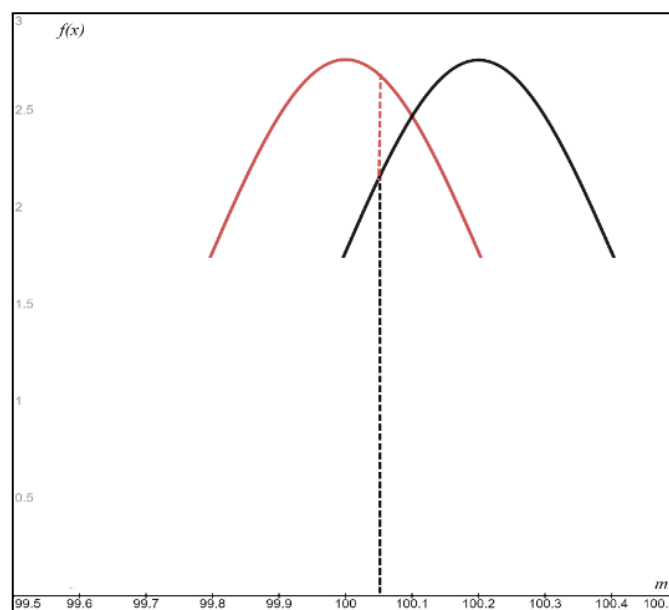


Рис. 1 - Соотношение плотностей вероятности определённого веса

Таким образом, проводя данные операции с каждым стеллажом на складе, можно понять, где с наибольшей вероятности лежит потерянный товар.

Заключение

Представлен алгоритм для решения задачи поиска расположения утерянного товара на складе с использованием тензометрических датчиков. Алгоритм основан на уравнении, которое учитывает нормальное распределение веса товаров. С использованием плотности вероятности, данное уравнение вычисляет вероятность того, что утерянный товар находится на каждом из стеллажей.

Алгоритм обеспечивает эффективное и точное управление инвентаризацией, предотвращая возможные ошибки в размещении товаров и обеспечивая точное определение их местоположения на полках склада. Разработанный алгоритм может служить основой для создания интегрированных систем, где тензометрические датчики интегрируются в систему управления складом, повышая эффективность и надежность всей системы управления складом.

Таким образом, гауссовское распределение и тензометрические датчики могут взаимодействовать в рамках предложенного метода, где модель на основе распределения веса товаров используется в сочетании с измерениями деформаций, предоставляемыми тензометрическими датчиками, для оптимизации поиска утерянных товаров на складе.

Список литературы

1. Андреев П.А. Анализ существующих решений в области интеллектуальных силоизмерительных датчиков промышленного интернета вещей / П. А. Андреев, М. В. Тимофеев // Инновационное и цифровое машиностроение: Материалы Всероссийских научно-технических конференций, Уфа, 07–09 апреля 2021 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2021. – С. 126-130.
2. Шутов К.И. Возможности применения тензометрических датчиков в промышленном интернете вещей. / К. И. Шутов, Д. В. Жматов // Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты: Сборник трудов Национальной научно-практической конференции, 2023, Москва, 7-8 декабря 2023 года. – Москва: Мирэа - Российский технологический университет, 2023. – С. 569-574. – EDN KPOPQB.
3. Казаков И.А. Инновационные технологии узлового элемента региональной терминально-сетевой логистической системы в формате «Умного склада» / И. А. Казаков, Е. Д. Бирюкова, В. А. Глинский // Логистика - Евразийский мост : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Красноярск, 27–30 апреля 2023 года. Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2023. – С. 128-131.
4. ГОСТ 8.579-2019. Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к количеству фасованных товаров при их производстве, фасовании, продаже и импорте: межгосударственный стандарт: дата введения 2019-10-09 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 20 с.
5. Monica Drăgoicea. Managing Data, Information, and Technology in Cyber Physical Systems: Public Safety as a Service and its Systems / Monica Drăgoicea, Michel Léonard, Sorin N. Ciolofan, Gheorghe Militaru // IEEE Access (Volume: 7), 8 июля 2019 года.: Ministry of National Education under PubArt Grant. – С. 92672 - 92692. – Electronic ISSN: 2169-3536.
6. Lemons, Don S. (Don Stephen), 1949– An introduction to stochastic processes in physics / by Don S. Lemons p. cm. Includes bibliographical references and index. ISBN 0-8018-6866-1 (alk. paper) – ISBN 0-8018-6867-X (pbk. : alk. paper)

2.3.5.

М.О. Ломовцев, А.А. Лобанов, А.А. Русляков

МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт информационных технологий,
кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения,
Москва, aa.lobanoff@ya.ru

**АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕО-КОНТЕНТА
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

В работе показана актуальность задачи генерации изображения на основе содержимого видео, обоснована разработка архитектуры системы, выполняющей данную задачу. В работе проведен анализ возможных вариантов при проектировании архитектуры. Предложенная авторами архитектура может быть использована для решения широкого круга задач.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, межсервисное взаимодействие, брокер сообщений, асинхронность, высокая генерация изображений.

Согласно исследованию Cisco, более 80% всего трафика в сети составляет именно передача видео [1]. Видео задействует больше каналов восприятия информации (зрительный, слуховой канал и эмоциональный), нежели музыка или текст [2]. Видео является одним из самых прибыльных форматов контента [3]. Для продвижения видео-контента необходимо превью, которое привлекает внимание аудитории [4].

Однако, процедура создания привлекательного превью, является сложной для многих, особенно начинающих пользователей. Необходимы навыки дизайна, время, вычислительные ресурсы. Возможен заказ превью, однако это дорого и тоже требует времени.

Цель настоящего исследования – спроектировать архитектуру системы автоматического создания растрового превью для видео на основе его содержимого с применением машинного обучения. Предлагаемое авторами решение – архитектура системы, которая по запросу пользователя будет генерировать превью видео на основе его содержимого с применением технологий машинного обучения. В рамках исследования была установлена возможная архитектура и предложена методика создания систем подобного типа.

Обобщенно, алгоритм работы системы можно описать при помощи следующей последовательности: пользователь отправляет в систему видео, далее система получает описание каждого кадра видео с помощью модели машинного обучения, а потом, с помощью другой модели, генерирует на основе полученных описаний кадров результирующую картинку, которая возвращается пользователю.

Чтобы система обеспечивала приемлемое для пользователей быстродействие при большом количестве обращений должна быть предусмотрена возможность масштабирования. Это важно, поскольку генерация изображения на основе видеоконтента – ресурсоемкая задача, для решения которой предлагается использовать машинное обучение.

Анализ, проведенный авторами (Таблица 1), показал, что микросервисная топология будет наилучшей для данной системы. Функционал, отвечающий за извлечение описания кадров видео и генерацию изображений, должен быть размещен в разных сервисах системы. Такой подход дает следующие преимущества: высокая изоляция модулей благодаря четкому следованию SRP (Single Responsibility Principle) [5], возможность изменения или замены какого-либо из сервисов без остановки работы всей системы, возможность горизонтального масштабирования.

В результате такого разделения функционала, мы получаем систему, в которой есть сервер, обрабатывающий запросы пользователей, и, в соответствии с этими запросами, отправляющий эти задачи на генерацию изображений рабочим сервисам (далее воркерам).

В рамках исследования, был выполнен анализ существующих типов архитектуры, применительно к разработке данной системы. Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнение монолитной и микросервисной архитектуры в рамках реализуемой системы

Критерии	Монолитная архитектура	Микросервисная архитектура
Масштабирование	Затруднено или невозможно.	Простое масштабирование путем создания копий сервиса
Распределение ресурсов	Затруднено ввиду трудности измерений количества ресурсов, которые потребляет каждый модуль	Простое, путем выделения каждому сервису необходимое количество ресурсов
Отказоустойчивость	Низкая. При отказе одного из модулей вся система становится неработоспособной	Высокая. При отказе сервисов вместо них могут работать их копии
Скорость разработки	Средняя. Замедление из-за конфликтов версий кода при редактировании	Высокая ввиду возможности разработки разных сервисов разными разработчиками
Обновление одного из модулей	Необходим перезапуск всей системы	Перезапуск системы не требуется.
Внедрение нового разработчика	Требует полного погружения во всю предметную область проекта	Необходимо только общее понимание системы

Анализ показал, что для взаимодействия сервисов предпочтителен асинхронный способ взаимодействия. Однако, при асинхронном способе взаимодействия клиенту будет возвращен не результат выполнения задачи, а ее идентификаторы, это приводит к необходимости ожидания результата клиентом. Чтобы обеспечить получение клиентом результата выполнения задачи, на клиентской части должен быть реализован модуль, использующий long-pooling [6] подход для периодического опроса сервера на статус выполнения задачи. Предлагаемое решение изображено на диаграмме компонентов (Рисунок 1).

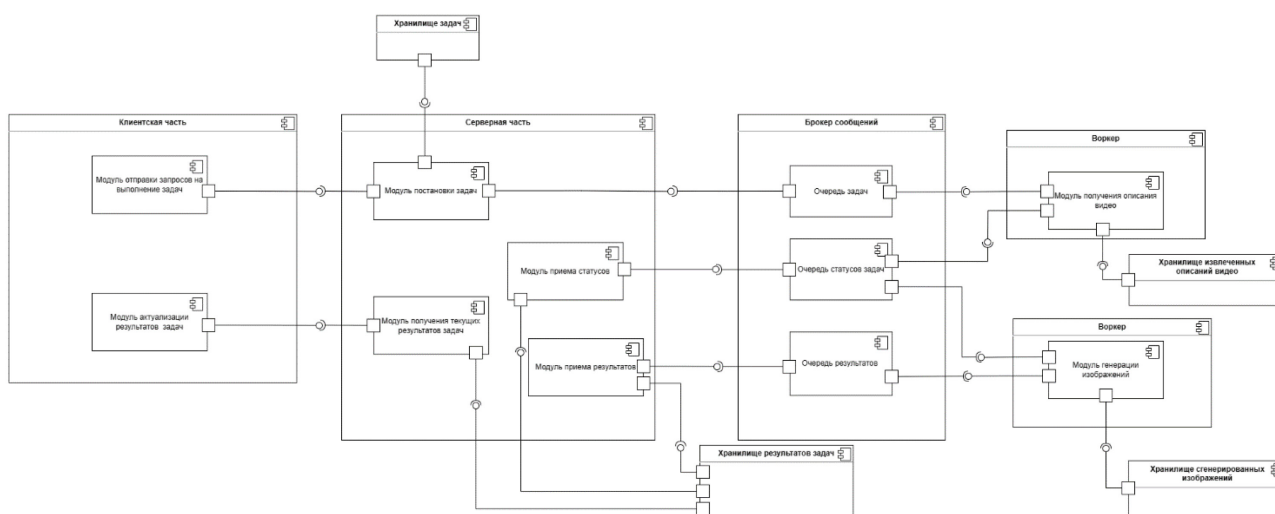


Рис. 1 - Диаграмма компонентов системы

Отсутствие прямой зависимости между модулями, обеспечивает преимущество при дальнейшей разработке и сопровождении сервисов. В составе системы 4 обособленных пространства – клиентская часть, серверная часть, брокер сообщений и воркеры.

В клиентской части ключевыми являются 2 модуля: модуль отправки запросов на выполнение задач и модуль актуализации результатов задач. Модуль отправки запросов на выполнение задач реализовывает запросы к API сервера на генерацию изображений по содержимому видео. После отправки (создания) задачи, данный модуль получает идентификатор созданной задачи и сохраняет его в локальное хранилище. Модуль актуализации результатов задач по полученному идентификатору задачи осуществлять периодический опрос (long-pooling) сервера на статус выполнения задачи. В случае завершения выполнения задачи, модуль должен вернуть пользователю результат выполнения задачи – сгенерированное изображение.

В серверной части выделены 5 модулей: модуль постановки задач, модуль получения текущих результатов задач, модуль приема статусов, модуль приема результатов.

Модуль постановки задач создает задачи на генерацию изображений, сохраняет в хранилище и отправляет их в очередь брокера.

Модуль актуализации результатов выполнения задач возвращает статус выполнения задачи из хранилища и, если доступен результат выполнения задачи, то возвращает результат.

Модули приема статусов и результатов реализуют прием задач из очередей брокера и сохраняют их в соответствующие хранилища.

В брокере сообщений должны быть реализованы очереди постановки задач, очередь статусов задач и их результатов.

Каждый модуль воркер, выполняющий долгую задачу, должен реализовывать только одну ключевую функцию. Например, извлечение описания всех кадров видео, или генерацию картинки. После завершения задачи воркер отправляет в брокер статус выполнения, а результат сохраняет в хранилище.

Хранилища указаны как отдельные компоненты, но они могут быть реализованы в рамках одной базы данных, например, это могут быть просто разные таблицы.

Предложенная архитектура, основанная на микросервисной топологии позволила создать систему генерации изображений на основе видеоконтента. Разделение «один воркер – одна функция», полностью соответствует идеологии микросервисного подхода и обеспечивает возможность масштабирования системы и гибкость. Кроме того, это позволяет создавать многоэтапные процессы обработки данных и дает возможность внесения новых типов воркеров без влияния на старые, потому что воркеры связаны с брокером, но не друг с другом. Чтобы включить в процесс обработки новый этап, достаточно создать новый тип задачи, нового воркера и связать его с брокером сообщений.

Примером расширения алгоритма является предоставление пользователю возможности загрузки видео не только в формате файла, но еще и в виде ссылки на видео, если оно размещено на видеохостинге или облачном хранилище, например, через добавление новой задачи «Загрузка видео», трех новых статусов («Ожидание загрузки видео», «Загрузка видео», «Загрузка видео завершена») и нового воркера, скачивающего видео из видеохостинга и сохраняющего его в хранилище системы. Ссылка на скаченный видеоконтент передается в брокер сообщений как результат работы воркера для дальнейшей обработки другими воркерами.

Важным преимуществом предлагаемого подхода является возможность гибкого изменения реализации шагов алгоритма генерации изображений. Для этого достаточно заменить воркер, который выполняет нужный шаг алгоритма, на другой, не затрагивая остальные части системы.

Определение у задачи поля «статус» также наделяет систему полезными свойствами. Благодаря поэтапному выполнению задач и смене статусов, пользователь может отслеживать процесс выполнения задач. А разработчики системы смогут проводить аналитику по времени

выполнения каждого этапа и, в случае необходимости, оптимизировать узкие места, улучшая производительность системы.

Таким образом, был проведен анализ возможных архитектурных реализаций сервиса цифровой обработки видеоконтента на основе технологий машинного обучения, выбрана наиболее подходящая из них – микросервисная архитектура с асинхронным взаимодействием, реализованная с помощью брокера сообщений. Предлагаемая архитектура системы благодаря разделенным зонам ответственностей сервисов обладает свойством масштабирования, возможностью независимой разработки и поддержки программных модулей. Благодаря данному архитектурному подходу функционал сервиса по работе с ресурсоемкими задачами машинного обучения может быть расширен. В предлагаемом авторами подходе для этого предлагается просто добавить новый тип задачи и нового воркера, выполняющего ее.

Список литературы

1. Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper: сайт. – URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html> (дата обращения: 23.12.2023). – Текст: электронный.
2. 9 причин использовать видео маркетинг в бизнесе или почему вашему бизнесу нужен видео маркетинг: сайт. – URL: <https://vc.ru/marketing/143831-9-prichin-ispolzovat-video-marketing-v-biznese-ili-pochemu-vashemu-biznesu-nuzhen-video-marketing> (дата обращения: 23.12.2023). – Текст: электронный.
3. Как сделать привлекательное и эффективное превью для YouTube видео: сайт. – URL: <https://vc.ru/u/1745872-adam-lexitt/799513-kak-sdelat-privlekatelnoe-i-effektivnoe-prevyu-dlya-youtube-video> (дата обращения: 23.12.2023). – Текст: электронный.
4. Как Vevo увеличивает просмотры оптимизируя превью клипов: сайт. – URL: <https://news.rambler.ru/other/42051648-kak-vevo-uvelichivaet-prosmotry-optimiziruya-prevyu-klipov> (дата обращения: 23.12.2023). – Текст: электронный.
5. *Надейкина Л.А., Черкасова Н.И.* Использование архитектурных паттернов и функциональной декомпозиции для повышения качества и надежности программного обеспечения // НиКа. 2016. №. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-arhitekturnyh-patternov-i-funktsionalnoy-dekompozitsii-dlya-povysheniya-kachestva-i-nadezhnosti-programmnogo-obespecheniya> (дата обращения: 23.12.2023). – Текст: электронный.
6. Long polling: сайт. – URL: <https://javascript.info/long-polling> (дата обращения: 23.12.2023). – Текст: электронный.

2.3.5.

Е.Н. Наточая канд. педагог. наук, В.В. Наточий канд. полит. наук, С.А. Литвинова

Оренбургский государственный университет,
институт математики и информационных технологий,
Оренбург, en_ischa@mail.ru, nwv1967@mail.ru, s.litvinova@bgti.ru

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА

В статье представлена программно-информационная система оценки индивидуальных достижений обучающихся университета с элементами искусственного интеллекта. Описаны основные функции программно-информационной системы: расчет рейтинга обучающихся на основе теории нечетких множеств, графическая интерпретация результатов и вывод рекомендаций по принятию управленческих решений. Приведены экранные формы тестирования программно-информационной системы.

Ключевые слова: программно-информационная система, рейтинг обучающихся, нечеткая модель, нечеткий вывод, поддержка принятия решений.

В образовательных организациях высшего образования оценка индивидуальных достижений обучающихся приобретает квалификационное значение и является показателем готовности к будущей профессиональной деятельности и качества образования в целом.

Процедура оценки индивидуальных достижений обучающихся слабо формализована, трудозатратна и ресурсоемка, следовательно, целесообразно ее автоматизировать с применением методов искусственного интеллекта.

Существующие в университетах программно-информационные системы ориентируются на потребности конкретной образовательной организации, на различные локальные нормативные акты, не имеют унифицированного методического обеспечения и научно обоснованного математического аппарата [1, 2].

Поэтому было принято решение о разработке программно-информационной системы оценки индивидуальных достижений обучающихся университета с функцией поддержки принятия управленческих решений на основе методов искусственного интеллекта [3].

В результате проведенного анализа современных средств разработки приложения и базы данных был выбран язык программирования PHP и система управления базами данных MySQL.

Графическое представление архитектуры программно-информационной системы показано на рисунке 1.

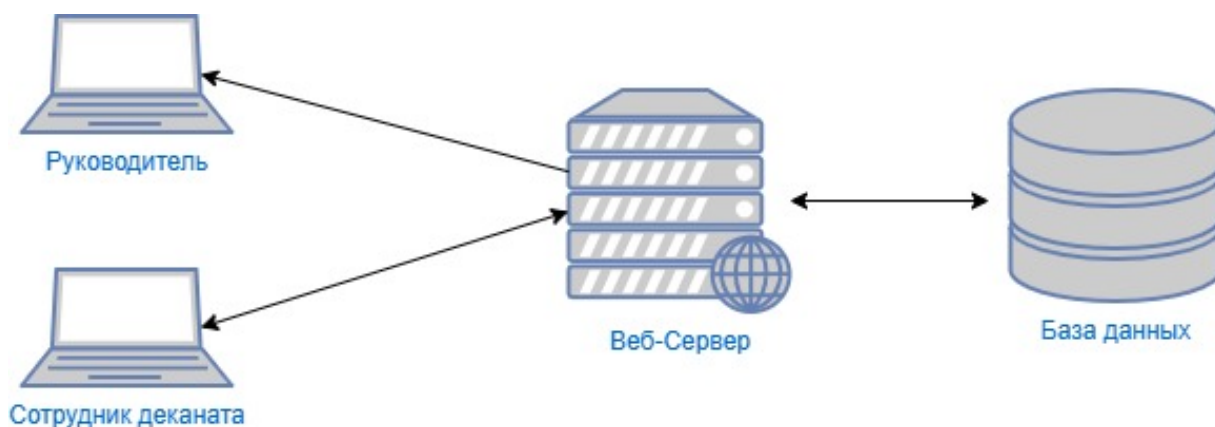


Рис. 1 – Архитектура программно-информационной системы

Реализация программной системы представляется в виде 9 модулей:

- AuthPage – модуль авторизации пользователей;
- AdminPanel – модуль доступа на главную страницу системы;
- StudentsItem – модуль ведения сведений об обучающихся;
- EventsItem – модуль ведения данных о мероприятиях;
- ModelEditor – модуль редактора лингвистических переменных и правил вывода нечеткой модели;
- JournalItem – модуль учета индивидуальных достижений обучающихся;
- ScoreItem – модуль формирования отчета по рейтингу обучающихся;
- GuideItem – модуль редактирования справочников базы данных;
- ReportItem – модуль справочной информации об авторах и руководства пользователя.

На главной странице программно-информационной системы содержится форма для авторизации пользователя (рисунок 2).

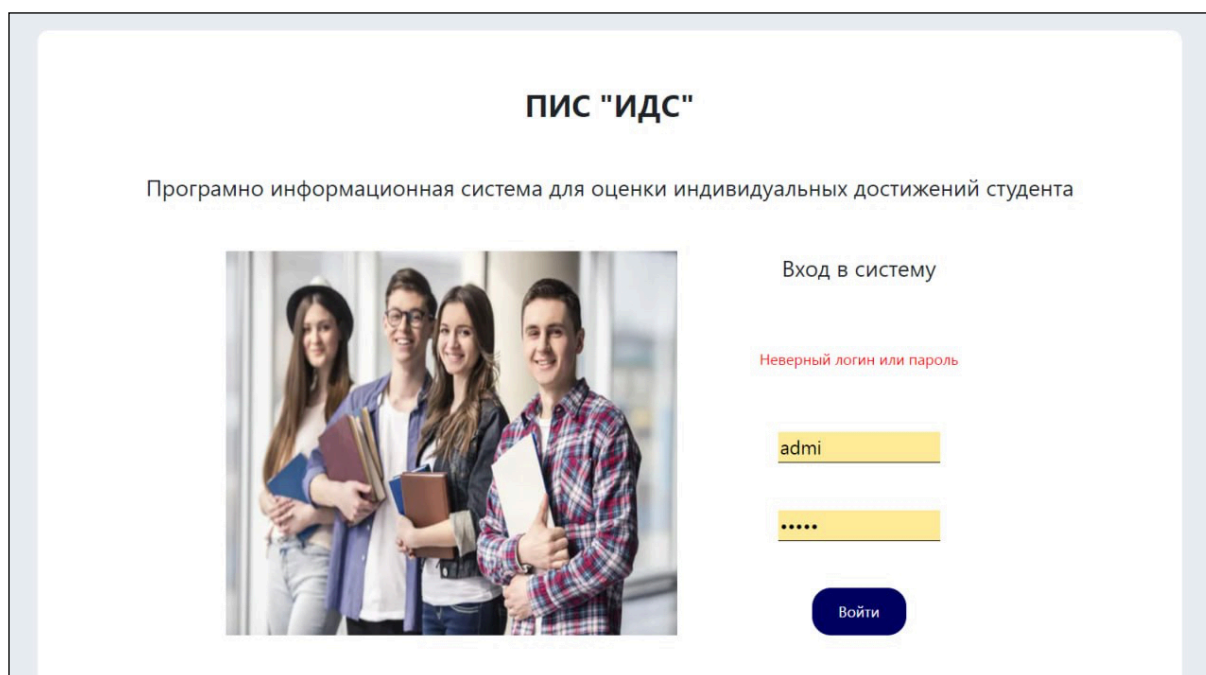


Рис. 2 – Главная страница программно-информационной системы

При корректном вводе логина и пароля для пользователя открывается окно главного меню, содержащего 7 пунктов: «Мероприятия», «Обучающиеся», «Журнал», «Рейтинг», «Редактор модели», «Справка», «Справочники».

Пункт «Мероприятия» позволяет вести учет информации о проводимых конкурсах, проектах, олимпиадах и конференциях для обучающихся (название, тип, уровень, дата и место проведения).

С помощью пункта меню «Обучающиеся» можно вводить, редактировать и осуществлять поиск сведений об обучающихся (номер зачетной книжки, факультет/институт, группа, дата зачисления, дата отчисления).

В меню «Журнал» ведется учет фактов участия обучающихся в конкретных мероприятиях (категория участия – «участник», «призер», «победитель» и т.д.) и начисление поощрительных баллов.

Создание и редактирование модели оценки индивидуальных достижений обучающихся выполняется в пункте «Редактор модели». В качестве математического аппарата выбран один из методов искусственного интеллекта – теория нечетких множеств и реализован нечеткий логический вывод по алгоритму Мамдани [4].

В нашей модели использованы три входные лингвистические переменные (УД – учебная деятельность; ОД – общественная деятельность; НИД – научно-исследовательская деятельность) и одна выходная переменная (Рейтинг обучающегося) [5].

Для лингвистических переменных в редакторе модели задаются: название, тип, диапазон значений, терм, тип функции принадлежности и параметры. Правила вывода строятся на основе мнений экспертов в редакторе правил (рисунок 3).

Редактор правил

Список правил

Учебная деятельность	Общественная деятельность	Научно-исслед. деятельность	Результат			
Низкий	AND	Низкий	AND	Низкий	=	Низкий
Низкий	AND	Низкий	AND	Средний	=	Низкий

Рис. 3 – Окно редактора правил нечеткого логического вывода

Оценка индивидуальных достижений обучающихся на основе нечеткой модели проводится в пункте меню «Рейтинг». В данном разделе можно просмотреть общий отчет по рейтингу обучающихся, а также графическую интерпретацию оценки индивидуальных достижений с выводом рекомендаций для принятия управленческих решений по поощрению обучающихся (рисунок 4).

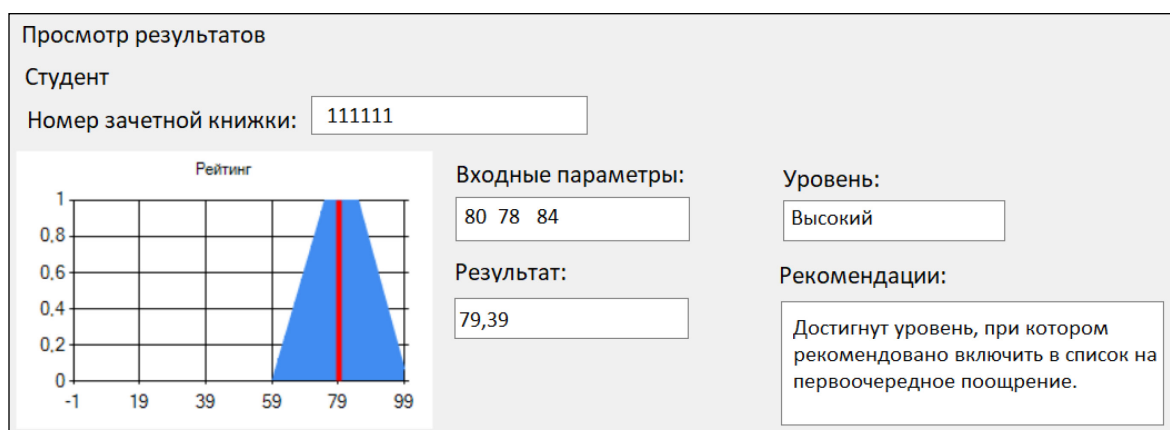


Рис. 4 – Результаты оценки индивидуальных достижений обучающегося

На рисунке 4 приведен контрольный пример тестирования нечеткой модели. Для входных параметров УД=80 баллов, ОД=78 баллов и НИД=84 балла получено выходное значение Рейтинг=79,39 балла.

Для ведения справочных таблиц базы данных предусмотрен пункт меню «Справочники», имеющий семь вкладок: «Вид индивидуального достижения», «Уровень мероприятия», «Категория участия», «Вид мероприятия», «Шкала», «Факультет/Институт», «Группы».

Информация о назначении программно-информационной системы и условиях ее выполнения находится в пункте «Справка».

Основными результатами исследования стали: алгоритм оценки индивидуальных достижений обучающихся на основе нечеткого логического вывода; программно-информационная система поддержки принятия управленческих решений в университете.

Таким образом, предложенные авторами решения позволят стимулировать учебную, научно-исследовательскую и общественную деятельность обучающихся в университете на основе программно-информационной системы.

Список литературы

1. Грозаву И.И., Шматко А.Д. Анализ передовых практик реализации информационных систем учета достижений студентов российских вузах // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. №10-1. С. 61-68.
2. Фураева И.И. Организация учета учебных достижений студентов в автоматизированной системе // Фундаментальные исследования. 2008. № 2. С. 113-116.
3. Наточая Е.Н., Наточий В.В., Литвинова С.А. Моделирование программно-информационной системы оценки индивидуальных достижений обучающихся университета // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 1. С. 159-162.
4. Пахомова Е.А., Иванчина В.В. Использование методов теории нечетких множеств для анализа финансовой устойчивости вуза (на примере университета «Дубна») // Экономический анализ: теория и практика. 2009. № 4. С. 18-22.
5. Литвинова С.А., Наточая Е.Н. Применение теории нечетких множеств для оценки индивидуальных достижений обучающихся университета // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург, 2023. С. 1338-1343.

2.3.5.

А.Б. Сорокин канд. техн. наук, Ю.А. Зайцев

МИРЭА – Российский технологический университет
Институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,
Москва, ab__sorokin@mail.ru, zaayusevjura@yandex.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ ТЕМАТИЧЕСКОГО КЛАССИФИКАТОРА ОБРАЩЕНИЙ

В работе рассмотрена задача создания программного обеспечения для прогнозирования нарушений в работе тематического классификатора обращений. Исследуются методы создания классификаторов для решения задачи прогнозирования нарушений. На основе исследования воплощается идея последовательного построения линейной комбинации алгоритмов. При этом возникает необходимость установить целевые результаты из предыдущих моделей в следующую модель, чтобы свести к минимуму ошибки.

Ключевые слова: *классификатор обращений, ансамбль алгоритмов, квадратичная функция потерь, градиентный бустинг.*

Современное сервисное обслуживание, напрямую связано с классификацией и обработкой оператором большого количества обращений сотрудников по самым разнообразным поводам. Неработоспособность сервисов может являться существенной причиной невозможности выполнения задач в сфере информационных технологий. Это может привести к существенному материальному ущербу вплоть до потери части рынка с последующим возможным закрытием компании.

Для решения проблемы автоматизации классификаций были разработаны различные методы машинного обучения, к которым прежде всего относят градиентный бустинг на решающих деревьях, метод опорных векторов, случайный лес и искусственные нейронные сети.

Применяя метод случайного леса, можно получить алгоритм машинного обучения с использованием комбинации деревьев решений, которые основаны на методах бэггинга и случайных пространств. Использование метода случайного леса с большим количеством решающих деревьев дает возможность получения хорошего качества классификации. Однако данная методика имеет существенный недостаток – значительным объемом обучаемых тренируемых моделей. Алгоритм опорных векторов базируется на создании гиперплоскости, которая оптимальным образом разделяет объекты из выборки. Основное преимущество этого метода заключается в его сопоставимости с двуслойной нейронной сетью, что обеспечивает более эффективное обучение и точную классификацию. Однако, метод опорных векторов также имеет важные недостатки, такие как невозможность работы с зашумленными данными и низкая скорость обучения. Градиентный бустинг – метод машинного обучения, который применяется для решения задач классификации и регрессии. Он строит модель для прогнозирования, используя совокупность слабых моделей, обычно деревьев решений. Обучение ансамбля происходит последовательно, в отличие от, например, метода бэггинга. Этот метод работает с любыми функциями потерь, которые можно дифференцировать, и является одним из самых мощных инструментов для классификации, сравнимым с искусственными нейронными сетями [1].

Таким образом, решающее дерево разбивает все пространство на непересекающиеся области, каждая из которой определена константой. Поэтому градиентный бустинг базируется на интуиции, которая утверждает, что наилучшая вероятная следующая модель в сочетании с предыдущими моделями может минимизировать общие ошибки при

прогнозировании. Основной идеей является то, чтобы перенести целевые результаты из предыдущих моделей в следующую модель для того, чтобы минимизировать ошибки (рис.1).

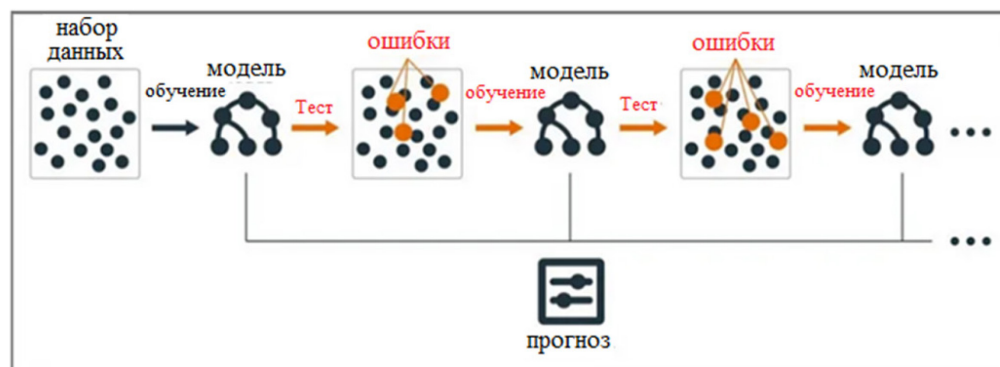


Рис. 1 - Представление градиентного бустинга

Для поиска удовлетворительного решения (на практике нет необходимости искать точного решения) строится композиция из K базовых алгоритмов [2]:

$$a(x) = a_K(x) = b_1(x) + b_2(x) + \dots + b_K(x)$$

Определим задачу классификации с квадратичной функцией потерь [1]:

$$\mathcal{L}(y, x) = \sum_{i=1}^N (y_i - a(x_i))^2 \rightarrow \min$$

При этом необходимо учитывать, что обучение единственного решающего дерева, не даст удовлетворительного решения. Однако в построенном дереве будут заложены знания об ошибках в предсказаниях. Тогда алгоритму не нужно начинать каждый раз с начальной позиции. Если алгоритм все работает правильно, то функция потерь будет уменьшаться [2]:

$$\mathcal{L}(y, a_{k+1}(x)) < \mathcal{L}(y, a_k(x))$$

Однако можно рассматривать задачу классификации и с другой стороны: не с точки зрения уменьшения расстояния между вектором предсказаний и вектором истинных значений, а с точки зрения уменьшения значения функции потерь. Для наискорейшего уменьшения функции потерь нам необходимо шагнуть в сторону её антиградиента по вектору предсказаний текущей композиции, то есть как раз таки в сторону вектора $(-g_1^k, \dots, -g_N^k)$. Это направление не обязано совпадать с шагом по направлению уменьшения разности предсказания и истинного значения. Движение в сторону антиградиента более выгодно с точки зрения минимизации функции потерь, это также позволяет справляться с ситуациями, когда явно посчитать разницу между целевым значением и предсказанием не представляется возможным.

Используя интуицию шага в сторону, уменьшается остаток, что приводит к оптимальным смещениям в случае квадратичной функции потерь, но для других функций потерь это не так: для них смещение происходит в сторону антиградиента. Получается, что в общем случае на каждой итерации базовые алгоритмы должны приближать значения антиградиента функции потерь.

Обучение композиции с помощью градиентного бустинга может привести к переобучению, если базовые алгоритмы слишком сложные. Одно из существующих решений состоит в упрощении базовой модели уменьшив глубину дерева. Отдельные деревья решений можно легко интерпретировать, просто визуализируя их структуру. Но в модели градиентного бустинга содержатся сотни деревьев, и поэтому её нелегко интерпретировать путем визуализации входящих в неё деревьев. При этом хотелось бы, как минимум, понимать, какие именно признаки в данных оказывают наибольшее влияние на предсказание композиции. Признаки, используемые в верхней части дерева, влияют на окончательное предсказание для большей доли обучающих объектов, чем признаки, попавшие на более глубокие уровни. Таким образом, ожидаемая доля обучающих объектов, для которых

происходило ветвление по данному признаку, может быть использована в качестве оценки его относительной важности для итогового предсказания.

Поэтому для визуализации модели градиентного бустинга предлагается использовать ситуационный анализ, основанный на построении концептуальных структур [3]. Стоит учитывать, что для качественного концептуального анализа и проектирования моделей градиентного бустинга необходимы экспертные знания и опыт, без которых невозможно получить реально применимые, научно и логически обоснованные результаты. Поэтому разработан метод и программная реализация проверки корректности модели, исключаящий нарушение основных аксиом проектирования градиентного бустинга и концептуальных моделей. Данная программа является инструментом для работы с графами и деревьями [3].

Также на основе алгоритма градиентного бустинга разработано программное приложение. Макет интерфейса построен при помощи разметки HTML, CSS, а все интерактивные элементы написаны при помощи TypeScript. Попадая на страницу, пользователь может загрузить файл с данными обращений. Далее пользователь переходит на страницу с информацией о классификации. На этой странице пользователь может скачать обработанные обращения, а также посмотреть процент неверных классификаций (рис.2).

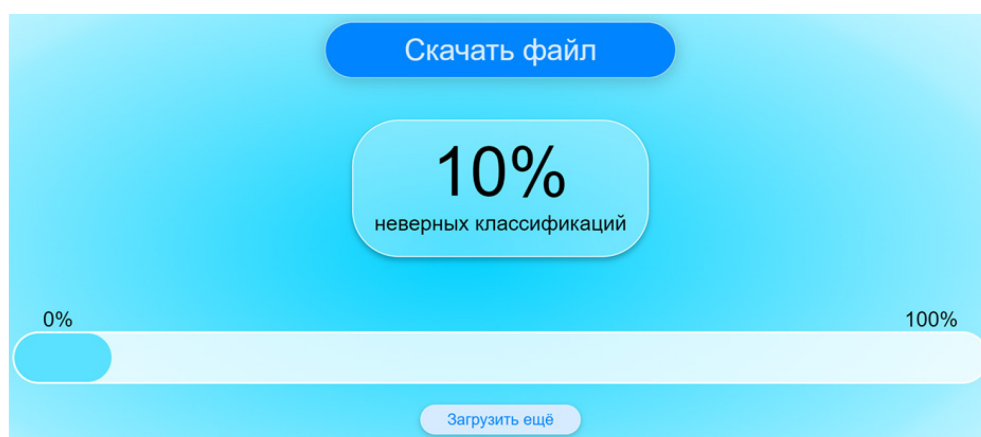


Рис. 2 - Внешний вид программного приложения

Таким образом, преимуществом рассматриваемого приложения является: предсказуемая точность повышения градиента; обеспечивается большая гибкость и оптимизация различных функций потерь; предоставляется несколько вариантов настройки гиперпараметров; предварительная обработка данных не требуется; работает с категориальными и числовыми данными; обрабатывает разреженные данные.

Все вышеперечисленное позволяет пользователю создавать и редактировать сложные модели градиентного бустинга определенной предметной области, а понятный текстовый интерфейс не требует от пользователя никаких специфических знаний.

Список литературы

1. Салахутдинова К.И., Лебедев И.С., Кривцова И.Е. Алгоритм градиентного бустинга деревьев решений в задаче идентификации программного обеспечения // Научно-практический журнал «Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО», 2018, №6. С. 10 – 17.
2. Китов В.В. Исследование точности метода градиентного бустинга со случайными поворотами // Научно-практический журнал «Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО», 2016, №4. С. 22 – 29.
3. Сорокин А.Б., Железняк Л.М., Супруненко Д.В. Проектирование вероятностных моделей на основе ситуационного анализа // Научно-технический вестник Поволжья, 2021, №1. С. 54 – 56.

2.3.5.

Н.Ю. Чумакова, А.А. Мамонтова

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения»,
Кафедра аэрокосмических компьютерных и программных систем,
Санкт-Петербург, nadezhda.chumakova@guar.ru, mamontovanna@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕХАНИЗМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОТОКОЛОВ

Механизмы планирования, используемые в различных коммуникационных протоколах, позволяют осуществлять распределение канальных ресурсов между устройствами в сети. При проектировании бортовых сетей важно правильно распределять ресурсы для предотвращения конфликтов и других ошибок. Поэтому актуальной задачей является анализ работы механизмов планирования. В данной статье представлен подход к анализу механизмов планирования при помощи сетей Петри.

Ключевые слова: планирование, сети Петри, коммуникационный протокол, СТП-ИСС.

Введение

При проектировании бортовых вычислительных сетей важно решить проблему планирования канальных ресурсов. Для упорядочения информационных потоков в сети используются различные механизмы и алгоритмы. В статье рассматривается один из таких механизмов – механизм «Планирование» транспортного протокола СТП-ИСС-14 [1], предназначенного для использования в сетях SpaceWire [2].

Некорректная работа механизма «Планирование» может повлечь за собой увеличение задержек в сети, возникновение конфликтов и другие ошибки. Поэтому крайне важной является проверка корректности данного механизма. С этой целью в статье выполнено моделирование работы механизма «Планирование» с помощью сетей Петри [3].

Механизм «Планирование» протокола СТП-ИСС-14

SpaceWire – международный стандарт, описывающий построение сетей передачи, обработки и управления информацией на борту космических аппаратов [4]. Протокол СТП-ИСС-14 [1], работающий в сетях SpaceWire, поддерживает различные механизмы обеспечения качества сервиса.

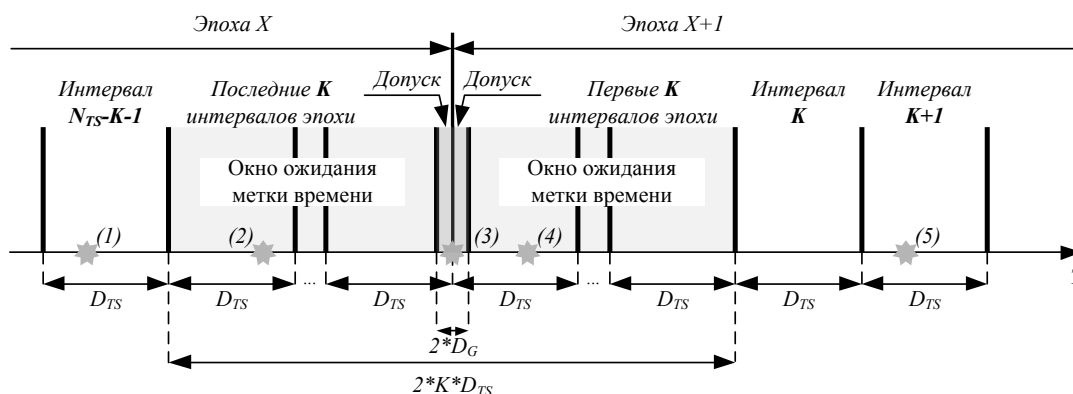


Рис. 1 – Окно ожидания метки времени (метки времени 1, 5 – неактуальные, метки времени 2, 4 – актуальные, метка времени 3 – на границе эпох)

Механизм «Планирование» обеспечивает передачу данных по сети в соответствии с заданным расписанием. Расписание является единым для всей сети и представляет собой таблицу, которая описывает одну эпоху, разделенную на временные интервалы. Количество

интервалов (N_{TS}) и их длительность (D_{TS}) являются конфигурационными параметрами протокола СТП-ИСС-14. Длительность эпохи (D_{EP}) рассчитывается как $N_{TS} * D_{TS}$.

Для синхронизации счетчика мастера времени и локальных счетчиков остальных узлов в сети используются метки времени. В случае, если узел принял метку времени на границе двух эпох, считается, что локальный счетчик узла и счетчик мастера времени синхронизированы и коррекция конфигурационных параметров не требуется. Допустимым является прием метки времени в специальный интервал в конце и начале эпохи – допуск. В случае, если метка времени получена в течении допуска, считается, что она получена на границе двух эпох (Рис. 1, метка 3). Длительность допуска (D_G) зависит от аппаратных возможностей оборудования, используемого в сети.

Окно ожидания метки времени является конфигурационным параметром протокола и задается как количество интервалов (K) на границе двух эпох. Метки времени, принятые в окне, считаются актуальными (Рис. 1, метки 2 и 4), но означают, что произошла рассинхронизация счетчиков. Если метка принята в течении первых K интервалов эпохи, расчет нового значения длительности временного интервала (D_{TS_new}) выполняется по формуле:

$$D_{TS_new} = D_{TS} + (\Delta t / N_{TS}) \quad (1)$$

где Δt – это время, прошедшее с момента начала текущей эпохи.

Если метка принята в течении последних K интервалов эпохи, расчёт D_{TS_new} выполняется по формуле:

$$D_{TS_new} = \Delta t / N_{TS} \quad (2)$$

Прием метки времени вне окна ожидания метки времени (Рис. 1, метки 1 и 5) означает значительную рассинхронизацию счетчиков мастера времени и узла, принявшего метку времени. Такие метки считаются неактуальными. После приема третьей неактуальной метки передача данных в соответствии с расписанием останавливается, а узел ожидает получение следующей метки времени. После получения метки начинается новая эпоха, длительность временных интервалов которой вычисляется по формуле:

$$D_{TS_new} = \Delta t_3 / N_{TS} \quad (3)$$

где Δt_3 – это время, прошедшее с момента приема третьей неактуальной метки времени до приема очередной метки времени, следующей за ней.

Подклассы сетей Петри

В статье для моделирования механизма «Планирование» протокола СТП-ИСС-14 применяются сети Петри. Сети Петри являются инструментом, позволяющим моделировать поведение систем для последующего их исследования [3].

Для моделирования работы механизма «Планирование» были использованы три подкласса сетей Петри:

1. Временные сети Петри с жестким временем (Рис. 2 (а)). В отличие от обычных сетей Петри, во временных сетях Петри переходы ограничиваются временем. Ограничение может представлять собой задержку срабатывания перехода (λ) и интервал времени срабатывания перехода после того, как он становится разрешенным.

2. Ингибиторные сети Петри (Рис. 2 (б)). Включает в себя дуги, осуществляющие проверку на нулевую разметку – ингибиторные дуги. На графе ингибиторные дуги отображаются в виде дуг с кругами вместо стрелок.

3. Сети Петри с приоритетами (Рис. 2 (в)). Переходам могут быть присвоены приоритеты в случае, если необходимо, чтобы один переход был запущен раньше другого при условии, что они оба разрешены.

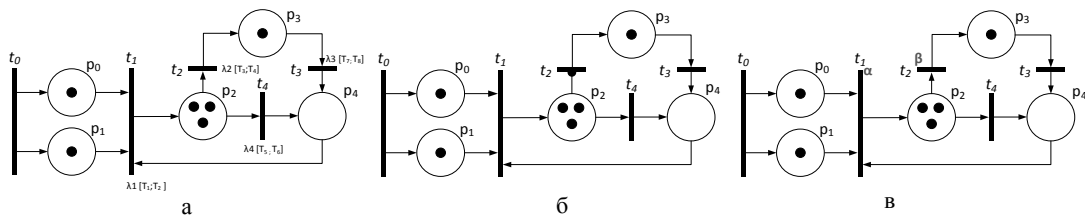


Рис. 2 – Подклассы сетей Петри (а – временная сеть Петри с жестким временем, б – ингибиторная сеть Петри, в – сеть Петри с приоритетами)

Моделирование работы механизма «Планирование»

Для моделирования работы механизма планирования протокола СТП-ИСС-14 была спроектирована временная ингибиторная сеть Петри с приоритетами (ВИСПП), представленная на Рис. 3.

ВИСПП отражает работу механизма планирования на узле. Данный узел работает в соответствии с протоколом СТП-ИСС-14 с включенным качеством сервиса «Планирование» и не является мастером времени в сети.

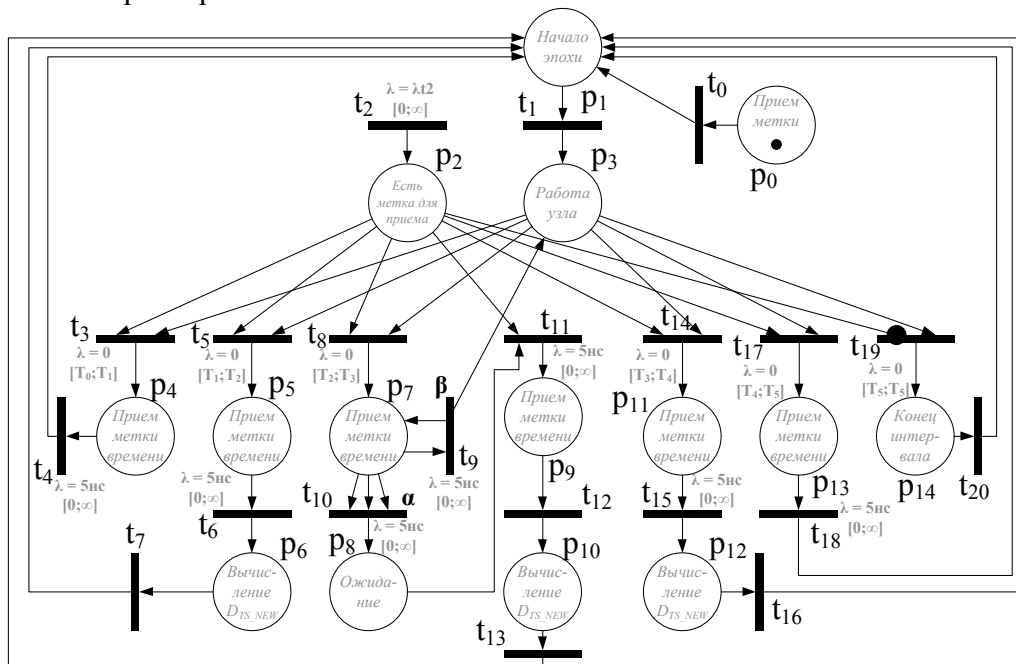


Рис. 3 – Временная ингибиторная сеть Петри с приоритетами

В представленной ВИСПП используются следующие параметры:

- λ_{t2} – задержка при срабатывании перехода t_2 . Отображает время передачи метки времени по сети от мастера времени до узла. Может изменяться в зависимости от маршрута передачи метки времени и различных задержек в сети.
- T_0 – время начала текущей эпохи. Изменяется после завершения эпохи (при срабатывании переходов t_4 , t_7 , t_{13} , t_{16} , t_{18} , t_{20}). Время начала первой эпохи (после запуска перехода t_0) всегда равно 0 мкс. При изменении значения параметра также изменяются значения параметров T_1 - T_5 .
- T_1 – время завершения допуска. Рассчитывается как $T_0 + D_G$.
- T_2 – время завершения окна (первые K интервалов эпохи). Рассчитывается как $T_0 + (D_{TS} * K)$.
- T_3 – время начала окна (последние K интервалов эпохи). Рассчитывается как $T_0 + D_{EP} - (D_{TS} * K)$.
- T_4 – время начала допуска. Рассчитывается как $T_0 + D_{EP} - D_G$.
- T_5 – время завершения текущей эпохи (время срабатывания счетчика T_{TS} для последнего временного интервала в эпохе). Рассчитывается как $T_0 + D_{EP}$.

Параметры T_0 – T_5 используются в качестве верхних и нижних границ интервалов срабатывания переходов t_3 , t_5 , t_8 , t_{14} и t_{17} , предназначенных для моделирования приема метки времени. Параметр T_5 также используется в качестве верхней и нижней границы интервала срабатывания перехода t_{19} , моделирующего истечение счетчика T_{TS} для последнего временного интервала в эпохе. Остальные переходы в ВИСПП имеют интервал срабатывания $[0; \infty]$, то есть могут сработать в любой момент времени в случае, если они разрешены.

Переходы t_4 , t_5 , t_9 , t_{10} , t_{11} , t_{15} , t_{18} обладают задержкой λ , равной 0.5 мкс. Задержка моделирует время обработки узлом принятой метки времени. Для примера было принято, что все метки времени обрабатываются за одинаковый временной промежуток. Остальные переходы, помимо перехода t_2 обладающего задержкой λ_2 , имеют задержку λ равную 0.

Также стоит отметить, что переход t_{10} имеет приоритет α , остальные переходы в сети имеют приоритет β , причем $\alpha > \beta$. Приоритеты позволяют в ситуации, когда принято три неактуальных метки времени (накоплено три фишки в позиции p_7) запустить переход t_{10} , моделирующий завершение эпохи. В противном случае срабатывает переход t_9 , означающий продолжение текущей эпохи.

Анализ работы механизма «Планирование» при помощи ВИСПП

Анализ работы механизма «Планирование» сводится к анализу достижимости конкретных маркировок путем построения полного дерева достижимости, включающего в себя все возможные маркировки спроектированной ВИСПП. Работа механизма будет считаться корректной в случае, если в начале каждой эпохи будет достигнута маркировка $\mu_{ep_end} = \{0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, N_{na}, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$, где N_{na} – число учтенных неактуальных меток времени. ($N_{na} \in [0; 2]$). Началом эпохи считается срабатывание одного из переходов: t_0 , t_4 , t_7 , t_{13} , t_{16} , t_{18} , t_{20} .

Рассмотрим пример работы ВИСПП. На Рис. 4 представлена ветка дерева достижимости ВИСПП, отображающая пример работы механизма «Планирование» для узла в сети. Пример отображает ситуацию, при которой произошла значительная рассинхронизация счетчиков.

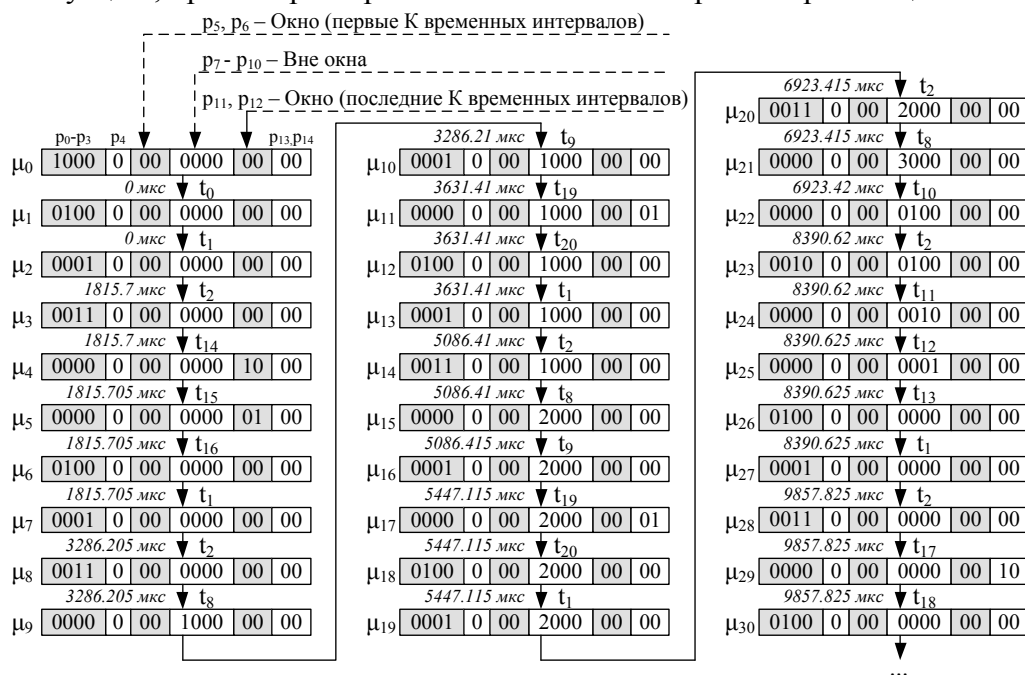


Рис. 4 – Ветка дерева достижимости ВИСПП

В примере узел работает в соответствии с расписанием со следующими параметрами: длительность временного интервала $D_{TS} = 100$ мкс, число временных интервалов в эпохе $N_{TS} = 20$, размер окна $K = 2$ тайм-слота, длительность допуска $D_G = 1$ мкс.

Работа узла в соответствии с расписанием начинается с приходом первой метки времени (маркировка μ_1 , модельное время 0 мкс). С приходом метки начинается первая эпоха. Длины эпох, длины временных интервалов, а также значения параметров T_0 – T_5 для каждой эпохи приведены в Таблица 1.

Таблица 1 – Значения параметров ВИСПП

Эпоха	D_{TS} , мкс	D_{EP} , мкс	T_0 , мкс	T_1 , мкс	T_2 , мкс	T_3 , мкс	T_4 , мкс	T_5 , мкс
1	100	2000	0	1	200	1800	1999	2000
2	90.8	1815.7	1815.7	1816.7	1997.8	3449.8	3630.4	3631.4
3	90.8	1815.7	3631.4	3632.4	3813	5265.5	5446.1	5447.1
4	90.8	1815.7	5447.1	5448.1	5628.7	7081.2	7261.8	7262.8
5	73.4	1467.2	8390.6	8391.6	8537.3	9711.1	9856.8	9857.8

В ходе работы, узел принимает вторую метку времени в 1815.7 мкс (здесь и далее время приема меток времени получено путем моделирования работы сети при помощи системы проектирования и моделирования бортовых сетей SANDS [5]). Текущая эпоха завершается и выполняется корректировка длительности временного интервала по формуле 2.

Маркировка μ_6 соответствует началу эпохи №2. В течении эпохи узел получает метку времени в 3286.2 мкс. Метка считается неактуальной, корректировка длительности временного интервала не выполняется. Вторая эпоха завершается после истечения счетчика T_{TS} для последнего временного интервала (маркировка μ_{11}), корректировка длительности временного интервала не выполняется. Также факт приема неактуальной метки фиксируется фишкой в позиции p_7 . Эпоха №3 аналогична эпохе №2 (соответствует маркировкам μ_{12} - μ_{17}).

В течении эпохи №4 (началу эпохи соответствует маркировка μ_{18}) также выполняется прием неактуальной метки времени. Принятая метка является третьей неактуальной меткой (маркировка μ_{21}), работа узла в соответствии с расписанием останавливается, эпоха завершается. После приема очередной метки времени (маркировка μ_{23}) выполняется корректировка длительности временного интервала по формуле 3.

Началу эпохи №5 соответствует маркировка μ_{26} . В течении эпохи узел получает метку времени в 9857.8 мкс, в допуске. Корректировка длительности временного интервала не требуется.

В примере было рассмотрено пять эпох. Началом каждой из эпох являются маркировки μ_1 , μ_6 , μ_{12} , μ_{18} и μ_{26} . Также, после завершения эпохи №5 начинается эпоха №6 с маркировки μ_{30} . Каждая из маркировок соответствует маркировке μ_{ep_end} . Можно сделать вывод, что для данного примера работа механизма планирования корректна.

Заключение

В статье был представлен подход к моделированию и анализу механизма «Планирование». Подход включает в себя построение модели работы механизма – временной ингибиторной сети Петри с приоритетами, а также в анализе построенной ВИСПП путем построения дерева достижимости.

Также рассмотрен пример работы механизма в ситуации значительной рассинхронизации локального счетчика узла, работающего в соответствии с протоколом СТП-ИСС-14, и счетчика мастера времени. Для проверки корректности работы механизма «Планирование» была построена ветка дерева достижимости, включающая в себя пять полных эпох работы узла в соответствии с расписанием. Пример показывает, что значительная рассинхронизация может быть обнаружена, а также устранена путем корректировки параметров расписания. При этом механизм работает корректно, и каждая эпоха завершается с ожидаемой маркировкой.

Предложенный подход может быть использован для анализа механизмов планирования других коммуникационных протоколов.

Список литературы

1. Шейнин Ю.Е., Оленев В.Л., Лавровская И.Я., Дымов Д.В., Кочура С.Г. Разработка, анализ и проектирование транспортного протокола СТП-ИСС для бортовых космических сетей SpaceWire. Научный журнал «Исследования наукограда» №1-2. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2016. С. 21-30
2. SpaceWire Standard. ECSS-E-ST-50-12C. Space engineering SpaceWire – Links, nodes, routers and networks. 2008. P. 137.
3. Оленев В.Л. Моделирование систем: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2015. 95 с.
4. Суворова Е.А., Степанов В.Е., Оленев В.Л. Анализ технологии SpaceFibre для высокоскоростных бортовых сетей. Космические аппараты и технологии. 2023. Т. 7, № 2(44). С. 100-106.
5. Olenov V.L., Korobkov I.L., Chumakova N.Y., Sinyov N.I. SANDS tool for design and simulation of onboard networks. In Proceedings of 2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). IEEE, Saint-Petersburg, 2021.

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

2.3.6.

И.М. Герасимович, И.Ю. Попов, К.А. Пшеничный

Университет ИТМО,
Факультет безопасности информационных технологий,
Санкт-Петербург, cpshenichny@yandex.ru

**КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДОМ КУСТА СОБЫТИЙ
НА ПРИМЕРЕ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Корректное понимание физической модели, лежащей в основе того или иного устройства, не всегда достижимо из-за нехватки времени, образования или в иных неблагоприятных условиях. Существенную помощь при этом может оказать представление физической модели с помощью качественного метода концептуального моделирования. В настоящей работе данный подход развивается на основе метода куста событий на примере опубликованной физической модели регулирования тангажа беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), тангаж, куст событий, концептуальная модель.

Введение

Физические модели лежат в основе проектирования любых устройств. При этом штатная эксплуатация и даже ремонт устройства могут не требовать знания этих моделей, но его совершенствование, поиск новых способов его применения, обучение навыкам конструирования без такого знания едва ли осуществимы. В то же время, самостоятельно пройти тот путь, который прошла мысль конструктора, далеко не всегда возможно в силу естественных ограничений времени, базового образования или иных обстоятельств (например, засекреченности принципа действия). Возникает необходимость быстрого, но корректного соотнесения физического знания с узлами устройства или с процессами, происходящими при его функционировании. Это также напрямую связано с вопросами безопасности эксплуатации устройств, а в век цифровых технологий – с информационной безопасностью киберфизической системы, частью которой является это устройство, и социума, эксплуатирующего эту систему. Например, неудовлетворительное понимание физических принципов и ограничений, которым подчиняются действия беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) самолётного типа, влечёт семантическую неопределённость и неадекватность при управлении ими и соседними компонентами системы, что в условиях их экстремального (в частности, боевого) применения ставит под угрозу жизни своих людей на земле. Налицо необходимость методологии, позволяющей связывать физическую модель с её конкретной реализацией.

Схожая задача («парсинг физических моделей») решалась в инженерии знаний и в её приложениях в науках о Земле [1; 2] методом куста событий. Цель данной работы – исследовать применимость этого метода для концептуализации физических моделей в техническом проектировании. В качестве примера выбрана недавно опубликованная модель адаптивного реагирования на острые ситуации при движении БПЛА самолётного типа в режиме автоматического управления [3]. Данная модель может служить хорошим кандидатом для настоящего исследования, потому что, будучи весьма детальной, глубоко продуманной, она также записана на достаточно сложном математическом языке, что практически исключает быстрое овладение ею, например, операторами БПЛА в зоне Специальной военной операции.

Следует отметить, что сами авторы модели [3] предлагают её упрощённую визуализацию (рис. 1). Вместе с тем, как видно из рис. 1, данный граф призван именно прояснить саму модель, в упрощённом виде показывая переход от одного определяемого или вычисляемого параметра к другому, но не связь этой модели с происходящим в полёте. Части самого БПЛА (чувствительные элементы – ЧЭ, бортовая вычислительная машина – БЦВМ, приводы) предстают лишь «местом действия». В действительности же, наоборот, БПЛА или, при более детальном моделировании, его части являются именно «действующими лицами», а параметры и выражения модели – «языком», на котором они «общаются с миром». Так представляет дело концептуальная модель. Ниже она будет построена методом куста событий.

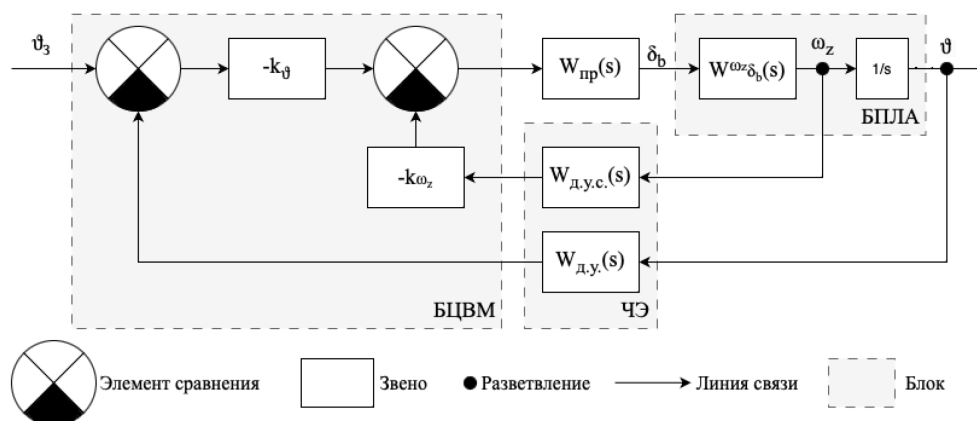


Рис. 1 - Структура регулирования угла тангажа БПЛА, по [3], с изменениями;
см. пояснения в тексте

Результаты

Метод куста событий описан, в частности, в работе [4]. Результатом его применения к рассматриваемой ситуации является концептуальная модель, показанная на рис. 2.

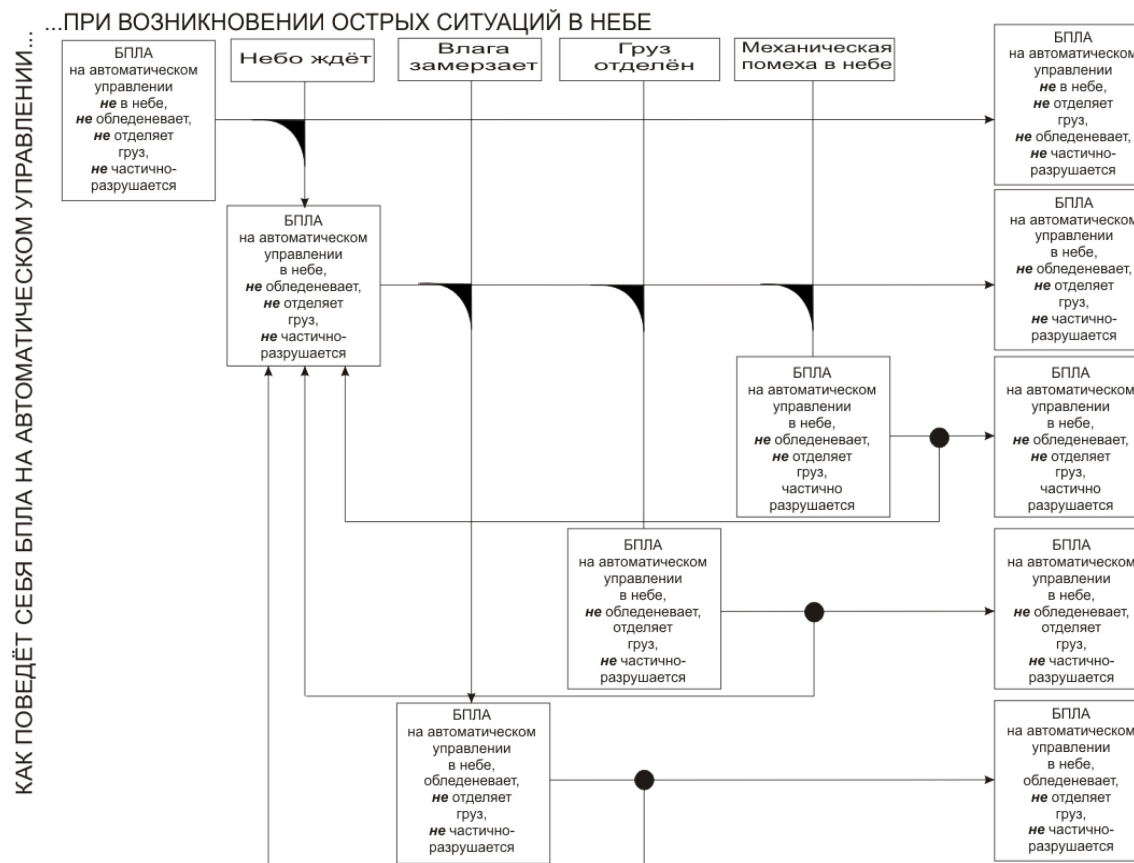


Рис. 2 - Упрощённая концептуальная модель полёта БПЛА самолётного типа с возможными ситуациями, осложняющими полёт

Данная модель показывает два тривиальных сценария (БПЛА не взлетает либо полёт проходит без острых ситуаций) и неограниченное число сценариев с любыми из трёх острых ситуаций, рассматриваемых авторами физической модели [3]: обледенением, сбросом несомого груза и частичным разрушением БПЛА – например, вследствие столкновения с механической помехой. Строгая, но интуитивно понятная графическая нотация куста событий позволяет отслеживать эти сценарии, двигаясь по стрелкам, выполняя (по желанию) «правые повороты» и выбирая тот или иной путь на «развилках», помеченных чёрными кружками. Формальное определение этих операций дано в работе [4].

С данной концептуальной моделью была связана физическая модель из работы [3] (рис. 3). Прежде всего, все величины этой модели были разбиты на группы: 1. собственно физические параметры объекта и 2. иные величины: полученные путём чисто математических преобразований (определители матриц, члены рядов, тригонометрические функции), включая проекции векторов на выбранные оси, а также физические константы любого рода (гравитационная постоянная и выбранное эталонное значение угла тангажа для данного типа БПЛА). Затем величины первой группы были разбиты на четыре подгруппы: 1.1 присущие объекту моделирования всегда (масса, мощность двигателя, площадь поперечного сечения крыла), 1.2 присущие окружающей среде (в рассматриваемой модели – только плотность воздуха), 1.3 присущие тому же объекту, но в действии в обычном режиме (в полёте) – воздушная скорость, угловая скорость, исходный угол тангажа – и 1.4 появляющиеся при острых ситуациях (в рассматриваемой модели – только изменённый угол тангажа).

Величины первой подгруппы были внесены как приметы (термин теории совокупностей, означающий признак) во все события куста, в которых предметом выступает БПЛА. Величина из второй подгруппы так же внесена как примета в релевантное событие сверху (на рис. 2). Величины третьей подгруппы внесены в события, описывающие БПЛА в действии – то есть во все, кроме самого левого на рис. 2. Наконец, величина из четвёртой подгруппы была внесена в события, описывающие острые ситуации в полёте и подлежащие адаптивному регулированию. Далее, все величины из группы 2 вводятся непосредственно в уравнениях и функциональных зависимостях модели.

Уравнения и зависимости, а также допущения, принятые в модели, в свою очередь, рассматриваются в виде нескольких блоков (в данном случае – трёх). Первый блок – это, во-первых, функциональные зависимости между величинами 1.1 и 1.2, которые дают величины из 1.3 (например, скоростной напор БПЛА $q = \rho V^2 / 2$), а во-вторых – математические преобразования величин 1.2 (в частности, проекции вектора скорости) – система уравнений продольного движения, определение угла атаки и функциональная зависимость безразмерных аэродинамических параметров c_x , c_y и m_z от величин подгруппы 1.1, а также линеаризация этой системы уравнений и иные выражения.

Второй блок представлен в данном случае исключительно допущениями о том, какие значения примут некоторые параметры подгруппы 1.2 в случае острой ситуации в небе (авторами допускается их вариация в пределах 200%). Наконец, третий блок – это эталонная модель для адаптивного регулирования угла тангажа, закон адаптации системы управления БПЛА с целью выравнивания значений, допущения о значениях эталонной временной характеристики апериодического процесса и коэффициента усиления адаптации.

Состав и количество групп величин и блоков функциональных зависимостей и допущений, очевидно, не являются фиксированными и зависят от конкретной физической модели, но неизменным остаётся принцип соотнесения групп величин с теми или иными событиями (вершинами) куста событий, а блоков – с его союзами (рёбрами).

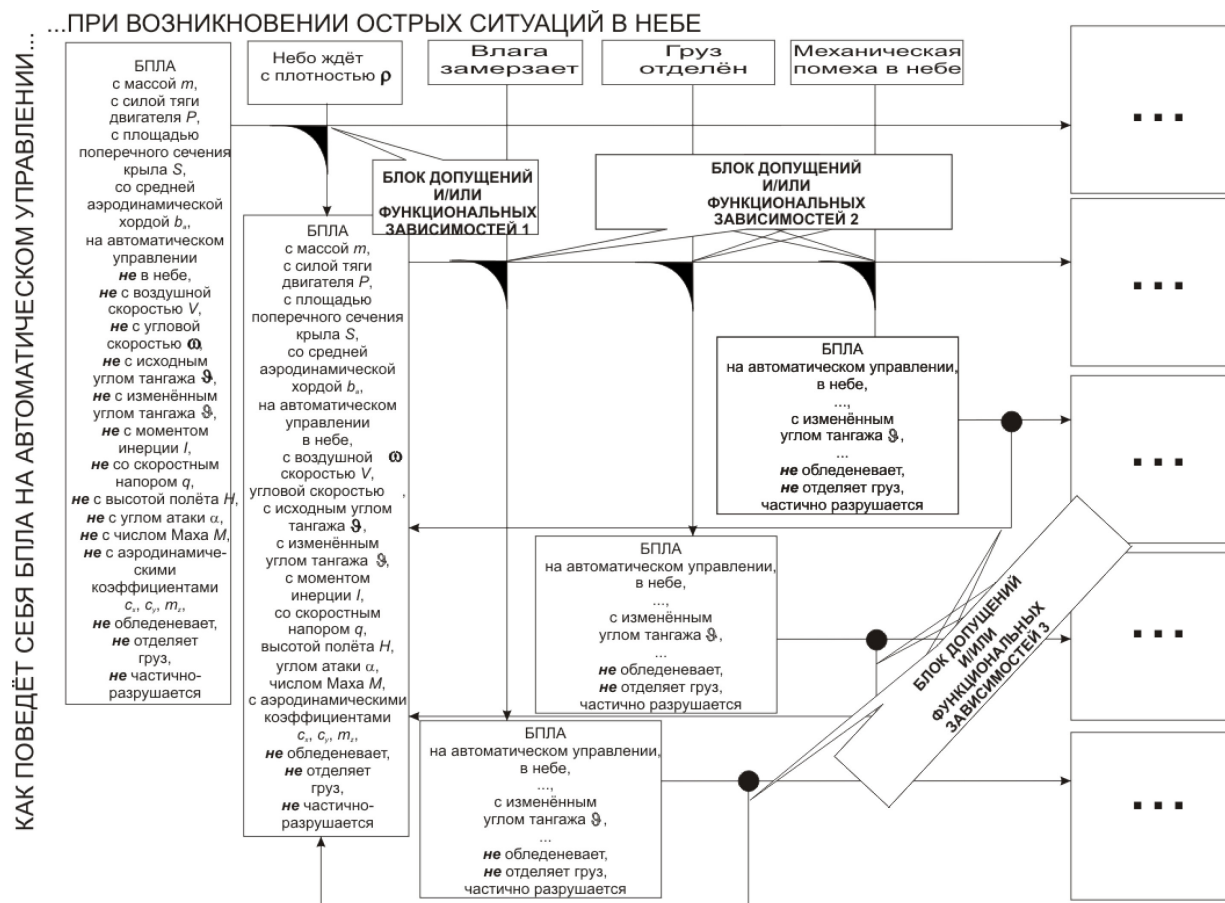


Рис. 3 - Концептуальная модель полёта БПЛА самолётного типа, совмещённая с физической моделью регулирования угла тангажа БПЛА, предложенной в [3]

Выводы

Приведённое выше правило, скорее всего, может претендовать на всеобщность и выступать в качестве основы для методологии концептуализации физических моделей на основе куста событий.

Данный подход позволяет: 1. в явном виде проследить ход мысли от базовых допущений до конечного результата, 2. видеть возможные пробелы и неполноту, а также пути дальнейшего развития модели, 3. сравнивать альтернативные модели, лежащие в основе конструкции однотипных устройств.

Вполне возможно, что выполненная в настоящем исследовании концептуализация физической модели является небесспорной и вызовет вопросы со стороны авторов модели. Как ни парадоксально, такой результат также является положительным. Даже ошибочная концептуализация – это лучше, чем её отсутствие, поскольку, во-первых, она может быть исправлена по тем же правилам, по которым построена, во-вторых, ошибки, допущенные при её построении, могут указывать на неоднозначность и неполноту самой модели, и в-третьих, сам процесс исправления является «питательной средой» для плодотворной дискуссии и инноваций.

Список литературы

1. Diviacco P., Pshenichny C., Carniel R., Khrabrykh Z., Shterkhun V., Mouromtsev D., Guzmán S., and Pascolo P., 2015. Organization of a geophysical information space by using an event-bush-based collaborative tool. *Earth Science Informatics*, 4(3), 139–160, DOI 10.1007/s12145-014-0182-2.
2. Pshenichny C., Carniel R., and Diviacco P., 2013, Engineering of Dynamic Knowledge in Exact Sciences: First Results of Application of the Event Bush Method in Physics. In: MSEPS 2013 - Modeling States, Events, Processes and Scenarios, Eds. D. Mouromtsev, C. Pshenichny, and D. Ignatov; workshop proceedings, January 12, 2013, Mumbai, India; pp 60-73
3. Архипов А.В., Тимошенко С.П. Применение адаптивных регуляторов в системах управления беспилотными летательными аппаратами. *Известия вузов. Электроника / Proceedings of Universities. Electronics* 2022 27(5). Сс 652- 663, DOI 10.24151/1561-5405-2022-27-5-652-663.
4. Пшеничный К.А., Спивак А.И. Метод куста событий в решении задач представления знаний: Учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург, Университет ИТМО, 2020. 35 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

В.С. Минкин, А.В. Репина, А.А. Иванова, Р.Х. Шагимуллин
СТРОЕНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ

Ключевые слова: жидкие тиокولات, ЯМР-спектроскопия.

Методом ЯМР-спектроскопии установлены особенности строения промышленных жидких тиоколов. Выявлено влияние количества вводимого при синтезе разветвляющего агента - 1,2,3-трихлорпропана на степень разветвленности тиоколов. Обсуждаются возможные структуры и тип разветвлений данных олигомеров.

V.S. Minkin, A.V. Repina, A.A. Ivanova, R.H. Shagimullin
THE STRUCTURE OF BRANCHED INDUSTRIAL LIQUID
THIOLCOLS

Keywords: liquid thiocols, NMR-spectroscopy.

The structural features of industrial liquid thiols have been determined by NMR spectroscopy. The effect of the amount of branching agent -1,2,3-trichloropropane introduced during synthesis on the degree of branching of thiocols was revealed. Possible structures and the type of branching of these oligomers are discussed.

Д.А. Ахметшин, Ф.А. Галимянов
СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ УСТОЙЧИВЫМИ
СОСТОЯНИЯМИ ДИСКРЕТНОЙ И НЕПРЕРЫВНОЙ ВЕРСИИ
МОДЕЛИ ХОПФИЛДА В НЕЙРОДИНАМИКЕ

Ключевые слова: Сеть Хопфилда, обратная связь, нейродинамика, нелинейные дифференциальные уравнения, синаптические веса.

В нашей работе мы рассматриваем нейродинамическую модель Хопфилда или сеть Хопфилда, в литературе эти термины равнозначны. Нами были получены функции энергии для сети Хопфилда. Исследованы максимумы и минимумы энергии и распределения ее в векторном пространстве. Вывели устойчивость модели согласно первой теореме Ляпунова. Описали эволюцию во времени непрерывной модели Хопфилда через систему нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка.

D.A. Akhmetshin, F.A. Galimyanov
RELATION BETWEEN STABLE STATES OF DISCRETE
AND CONTINUOUS VERSIONS OF THE HOPFIELD
MODEL IN NEURODYNAMICS

Keywords: Hopfield network, feedback, neurodynamics, nonlinear differential equations, synaptic weights.

In our work, we consider the neurodynamic Hopfield model or the Hopfield network; in the literature these terms are equivalent. We obtained energy functions for the Hopfield network. The maxima and minima of energy and its distribution in vector space have been studied. We derived the stability of the model according to Lyapunov's first theorem. We described the time evolution of a continuous Hopfield model through a system of first-order nonlinear differential equations.

Д.А. Ахметшин, Ф.А. Галимянов
ФИЛЬТР КАЛМАНА В ДИНАМИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ
РЕКУРРЕНТНОЙ СЕТЬЮ

Ключевые слова: Нейронные сети, градиентный спуск, фильтр Калмана, задача фильтрации, инновационный процесс.

В работе мы решаем задачу фильтрации как альтернатива классическому градиентному спуску при непрерывном обучении нейронных сетей. Для вывода фильтра Калмана мы производим ряд допущений и вводим понятие инновации, который рассматриваем неразрывно от вектора наблюдений. Это позволяет заменить коррелированную последовательность наблюдаемых данных некоррелированной последовательностью инноваций, при этом не теряя информацию. В результате получаем уравнения для фильтрации Калмана.

D.A. Akhmetshin, F.A. Galimyanov
KALMAN FILTER IN DYNAMIC CONTROL
OF RECURRENT NETWORK

Keywords: Neural networks, gradient descent, Kalman filter, filtering problem, innovation process.

In this work, we solve the filtering problem as an alternative to classical gradient descent for continuous training of neural networks. To derive the Kalman filter, we make a number of assumptions and introduce the concept of innovation, which we consider inextricably from the observation vector. This allows a correlated sequence of observed data to be replaced by an uncorrelated sequence of innovations without losing information. As a result, we obtain the equations for Kalman filtering.

Д.А. Башмаков, С.В. Болдырев, Р.Р. Рахимов, Л.И. Фардеев,
И.Ф. Гумеров, М.Д. Ханнанов, Э.Р. Алимгулов
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ
ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ EURO 6
АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ НА ОБЩИЙ ШУМ ВЫХЛОПА И
ПРОТИВОДАВЛЕНИЕ

Ключевые слова: численное моделирование; система выпуска и нейтрализации; геометрические параметры; шум выхлопа; противоаварийное.

В статье выполнено численное моделирование акустических и газодинамических процессов в системе выпуска и нейтрализации отработавших газов на примере дизельного двигателя Евро 6 автомобиля КАМАЗ. Использованы метод матриц передачи и дифференциальные уравнения Эйлера для массы, импульса и энергии в одномерной постановке, и уравнение состояния идеального газа. Исследовано влияние объемов камер глушителя-нейтрализатора, длин и углов поворота каналов системы на уровень шума и противоаварийное на нескольких режимах работы двигателя. Сделан вывод о целесообразности увеличения объемов входной и выходной

D.A. Bashmakov, S.V. Boldyrev, R.R. Rakhimov,
L.I. Fardeev, I.F. Gumerov, M.D. Hannanov, E.R. Alimgulov
RESEARCH ON BACK PRESSURE, OVERALL EXHAUST-
NOISE'S THE DEPENDENCES UPON THE GEOMETRIC
PARAMETERS OF THE EXHAUST-GASES'
NEUTRALIZATION-SYSTEM ON THE "KAMAZ"
AUTOMOBILES' "EURO 6" ENGINES

Keywords: numerical simulation; exhaust and neutralization system; geometric parameters; exhaust noise; back pressure. The article is dedicated to the numerical simulations of acoustic and gas-dynamic processes in the exhaust-gases' neutralization-systems in regard to the "KAMAZ" automobile's "EURO 6" diesel-engine. The transfer-matrix method, Euler's differential equations of mass-, momentum-, energy-conservation in one-dimensional statement, and ideal gas equation of state were applied. Backpressure, exhaust-noise level's the dependences upon chambers' volumes of muffler-neutralizer and length/curvature of system's channels were researched on several operation regimes of the engine. As established, it is worthwhile yet to increase the inlet and the outlet chamber's volume of the muffler-neutralizer up to 30%

камер глушителя-нейтрализатора на 30% для достижения снижения уровня шума на 1.2...14.5% при обеспечении небольшого снижения противодавления (на 0.6...4.4%) или, по крайней мере, сохранении его практически равным исходному значению.

М.А. Бобров, Д.И. Березин
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
БЕЗДАТЧИКОВЫХ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО
ПИТАНИЯ

Ключевые слова: двигатель двойного питания, наблюдатель скорости, бездатчиковое управление, векторное регулирование координат.

В данной статье показаны результаты математического и имитационного моделирования системы векторного управления электроприводом на базе машины двойного питания с реализацией векторных законов регулирования. Показаны математические модели и структуры наблюдателей скорости для данного типа привода.

А.Т. Галиакбаров, А.В. Болдырев, И.А. Гайсин, И.Ф. Минагулов,
В.А. Луцке, Л.И. Фардеев, И.Ф. Гумеров
МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ
В ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА И
НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС
ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ключевые слова: численное моделирование; верификация математической модели; система выпуска и нейтрализации; шум выхлопа; противодавление.

В статье выполнена верификация одномерных акустической и газодинамической математических моделей программного пакета AVL BOOST. В первой части получена расчетная зависимость трансмиссионных потерь от частоты звуковых колебаний в канале с цилиндрической камерой. Во второй части рассчитаны зависимости массового расхода отработавших газов от противодавления в системе выпуска и нейтрализации на 140 режимах работы. Выполнено сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными. Подтверждена возможность использования математических моделей программного пакета AVL BOOST для качественной оценки влияния параметров системы выпуска и нейтрализации отработавших газов двигателя внутреннего сгорания на шум выхлопа и противодавление.

А.Г. Горюнов, В.В. Курганов, Д.Д. Качанов
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕАКТОРА КАК ОБЪЕКТА
УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON
Ключевые слова: моделирование, ядерный реактор, кинетика реактора, запаздывающие нейтроны, постоянные распада, библиотеки Python.

Данная работа посвящена моделированию нестационарных процессов в ядерном реакторе с использованием "точечной" модели. Реактор находится в критическом состоянии в начальный момент времени, после чего происходит скачкообразное изменение реактивности. Для анализа кинетики реактора используется система дифференциальных уравнений, учитывающая запаздывающие нейтроны. Работа использует шесть групп запаздывающих нейтронов и приводит таблицу постоянных распада и относительных долей для этих групп.

В.К. Ионычев, Д.М. Черашев
ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ
В КРЕМНИЕВЫХ P – N-ПЕРЕХОДАХ

Ключевые слова: лавинный пробой, p – n-переход, ударная ионизация, область эффективной ионизации, напряжение пробоя, коэффициент ударной ионизации.

with the aim of exhaust-noise level's drop in range about 1.2...14.5% at assured either minor reducing (0.6...4%) back pressure, or, at least, stabilization on original value.

M.A. Bobrov, D.I. Berezin
SIMULATION OF OBSERVERS FOR THE
IMPLEMENTATION OF SENSORLESS PRINCIPLES
OF ELECTRIC DRIVE CONTROL BASED ON A DUAL-
POWER MACHINE

Keywords: dual-power motor, speed observer, sensorless control, vector coordinate control.

This article shows the results of mathematical and simulation modeling of a vector control system for an electric drive based on a dual-power machine with the implementation of vector control laws. Mathematical models and structures of speed observers for this type of drive are shown.

A.T. Galiakbarov, A.V. Boldyrev, I.A. Gaisin, I.F. Minagulov,
V.A. Lushcheko, L.I. Fardeev, I.F. Gumerov
MODELING OF ACOUSTIC VIBRATIONS IN THE GAS
FLOWS OF THE EXHAUST AND NEUTRALIZATION
SYSTEM OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE
OF TRUCKS

Keywords: numerical simulation; verification of the math model; exhaust and neutralization system; exhaust noise; back pressure.

The article is dedicated to verification of one-dimensional statement for acoustic and gas-dynamic math models inside the AVL-BOOST software. First, simulations allowed to derived the dependence of the transmission losses in channel with cylindrical chamber upon a sound frequency. Second, dependences were obtained for gases' mass flow upon backpressure in the exhaust-neutralization system at 140 operation regimes. Afterwards, the simulation results were compared with experimental data. That resulted in confirmation applying of such math models (embedded in the AVL-BOOST software) to qualitative assess of the exhaust-noise and the back pressure dependences upon parameters of the exhaust-gases' neutralization-systems on internal combustion engine.

A.G. Goryunov, V.V. Kurganov, D.D. Kachanov
DEVELOPMENT OF A REACTOR MODEL AS A
CONTROL OBJECT IN THE PYTHON PROGRAMMING
LANGUAGE

Keywords: modeling, nuclear reactor, reactor kinetics, delayed neutrons, decay constants, Python libraries.

This study focuses on modeling non-stationary processes in a nuclear reactor using a "point" model. The reactor is initially in a critical state, followed by a sudden change in reactivity. A system of differential equations, considering delayed neutrons, is employed to analyze the reactor kinetics. The study utilizes six groups of delayed neutrons and provides a table of decay constants and relative fractions for these groups.

V.K. Ionychev, D.M. Cherashev
NUMERICAL CALCULATION OF THE IONIZATION
REGION IN SILICON P – N-JUNCTIONS

Keywords: avalanche breakdown, p – n- junctions, impact ionization, effective ionization region, breakdown voltage, coefficient of shock ionization.

Проведен численный расчет области ионизации в кремниевых резких и плавных $p - n$ -переходах в диапазоне пробивных напряжений от 30 В до 3 кВ. При расчете использовались коэффициенты ударной ионизации электронов и дырок, которые в настоящее время считаются наиболее точными и пригодными в широком диапазоне электрических полей. Выбран критерий, по которому определяется значение эффективной области ионизации.

A numerical calculation of the ionization region in silicon sharp and smooth $p - n$ junctions in the breakdown voltage range from 30 V to 3 kV has been carried out. The calculation used the shock ionization coefficients of electrons and holes, which are currently considered the most accurate and suitable in a wide range of electric fields. The criterion by which the value of the effective ionization region is determined is selected.

В.О. Линчук, М.К. Хасанов
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ГАЗОГИДРАТНОМ ПЛАСТЕ
ПРИ ОТБОРЕ ГАЗА

V.O. Linchuk, M.K. Khasanov
MATHEMATICAL MODEL OF THE HEAT AND MASS
TRANSFER PROCESS IN A GAS HYDRATE FORMATION
DURING GAS EXTRACTION

Ключевые слова: математическая модель,
газогидрат, фильтрация.

Keywords: mathematical model, gas hydrates, filtration.
Based on the presented mathematical model, the features of decomposition of gas hydrates during gas extraction from a porous medium filled with gas and hydrate in the initial state are investigated. In a self-similar approximation, a solution to the problem is obtained taking into account convective heat transfer. The possibility of solutions according to which the decomposition of gas hydrate can occur both on the frontal surface and in the volumetric region is shown.

На основе представленной математической модели исследуются особенности разложения газогидратов при отборе газа из пористой среды, в исходном состоянии заполненной газом и гидратом. В автомодельном приближении получено решение задачи с учетом конвективного переноса тепла. Показана возможность существования решений, согласно которым разложение газогидрата может происходить как на фронтальной поверхности, так и в объемной области.

А.О. Попов, Ф.М. Ахметов, Л.С. Сабитов,
И.Н. Гарькин, Л.И. Киямова
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
БАШЕННОГО ТИПА

A.O. Popov, F.M. Akhmetov, L.S. Sabitov,
I.N. Garkin, L.I. Kiyamova
DEFINITION OF STRESS-STRAIN STATE OF TOWER-
TYPE CULTURAL HERITAGE OBJECTS

Ключевые слова: программный комплекс, автоматизация
расчетов, PLAXIS, цифровое моделирование, объекты
культурного наследия, обследование.

Keywords: software package, automation of calculations,
PLAXIS, digital modeling, cultural heritage objects, survey.
To preserve cultural heritage objects, it is necessary to determine its real stress-strain state using CAD. A real example shows the experience of determining the VAT of a tower-type cultural heritage object using the PLAXIS software package

Для сохранения объектов культурного наследия требуется определить при его реальное напряженно-деформированное состояния с использованием САПР. На реальном примере показан опыт определения НДС объекта культурного наследия башенного типа с использованием программного комплекса PLAXIS.

А.О. Попов, Ф.М. Ахметов, Л.С. Сабитов,
И.Н. Гарькин, Л.И. Киямова
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ С
ФУНДАМЕНТАМИ СВАЙНОГО ТИПА

A.O. Popov, F.M. Akhmetov, L.S. Sabitov,
I.N. Garkin, L.I. Kiyamova
DETERMINATION OF STRESS-STRAIN STATE OF
CULTURAL HERITAGE OBJECTS WITH PILE TYPE
FOUNDATIONS

Ключевые слова: программный комплекс, автоматизация
расчетов, PLAXIS, цифровое моделирование, объекты
культурного наследия, обследование, свайный фундамент.

Keywords: software package, automation of calculations,
PLAXIS, digital modeling, cultural heritage sites, survey, pile
foundation.

Для сохранения объектов культурного наследия требуется определить при его реальное напряженно-деформированное состояния свайных оснований с использованием САПР. На примере создания массива моделей доказываются преимущества использование программного комплекса PLAXIS для сохранения объектов культурного наследия.

To preserve cultural heritage objects, it is necessary to determine the actual stress-strain state of pile foundations using CAD. Using the example of creating an array of models, the advantages of using the PLAXIS software package for the preservation of cultural heritage objects are proven.

Л.Б. Строгонова, М.С. Баранов, Ю.А. Васин
К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМЕ
РЕАБИЛИТАЦИИ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ
СВЯЗЬЮ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ.

L.B. Strogonova, M.S. Baranov, Yu.A. Vasin
REVIEW OF METHODS OF MATHEMATICAL SIGNAL
PROCESSING APPLIED IN A NON-SOLID SUPPORT
WITH BIOLOGICAL FEEDBACK IN CONDITIONS
OF AN INHABITED LUNAR BASE.

Ключевые слова: Преобразование Фурье, преобразование
Гильберта–Хуанга, лунная база, система поддержки принятия
решений.

Keywords: Fourier transform, Hilbert–Huang transform,
lunar base, decision support system.

В работе рассматриваются методы обработки стадиомерического сигнала нетвердой опоры с биологической обратной связью для подготовки космонавта к пребыванию в условиях микрогравитации. Приведены несколько примеров обработки с в условиях микрогравитации.

The paper describes methods for processing the stabilometric signal of an unstable support with biofeedback to prepare an astronaut for staying in microgravity conditions. Several examples of processing under microgravity conditions are given.

Г.Х. Тазмеев, Х.К. Тазмеев

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ
ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ РАДИАЛЬНЫМ ВДУВОМ ГАЗА**

Ключевые слова: электрическая дуга, модель дуги, радиальный вдув, электродуговой нагрев газа.

Разработана математическая модель электрической дуги, которая горит в цилиндрическом разрядном канале при интенсивном радиальном вдуве плазмообразующего газа. Получены формулы для расчета тепловых и электрических характеристик электрической дуги.

Р.Н. Тазмеева, А.Х. Тазмеев

**К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В
ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ
РАСПРЕДЕЛЕННОМ ВДУВЕ ГАЗА**

Ключевые слова: электрическая дуга, модель дуги, ламинарный поток, плазматрон.

В статье выполнен анализ условий горения электрической дуги в цилиндрическом канале плазматрона при распределенной подаче плазмообразующего газа. Приняты и обоснованы предположения, которые позволяют упростить уравнения, описывающие свойства электрической дуги.

Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов

**УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
УПРАВЛЯЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ
ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ**

Ключевые слова: динамическая система, устойчивость, точность функционирования при постоянно действующих возмущениях, синтез управления, метод функций Ляпунова.

Методом функций Ляпунова решается задача синтеза управления динамических систем, обеспечивающего устойчивость и заданную точность функционирования замкнутой системы при постоянно действующих возмущениях. Доказывается теорема, решающая задачу в общем случае. На основании этой теоремы приводится решение задачи для линейной системы с применением линейного закона управления.

Ф.Д. Байрамов, Б.Ф. Байрамов, А.Р. Фардеев

**ОБ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ
УРАВНЕНИЯ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПРИ СЛОЖНЫХ
ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

Ключевые слова: устойчивость решения краевой задачи для уравнения в частных производных, сложные граничные условия в виде обыкновенных дифференциальных уравнений, метод функций Ляпунова, интегральные и обычные квадратичные формы.

Методом функций Ляпунова исследуется устойчивость решения краевой задачи для уравнения в частных производных при сложных граничных условиях, представляющих собой обыкновенные дифференциальные уравнения. Исходные уравнения в частных и обыкновенных производных высокого порядка путем введения дополнительных переменных представляются системой уравнений в частных и обыкновенных производных первого порядка. Переход к уравнениям первого порядка позволяет конструктивно строить функцию Ляпунова в виде суммы интегральных и обычных квадратичных форм и разработать общую методику исследования устойчивости решения краевой задачи для широкого класса уравнений в частных производных при сложных граничных условиях.

О.Е. Виноградов, А.В. Семашко

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ЛЕСА ДЛЯ
ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-
ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»**

Ключевые слова: Безопасный город, обнаружение сетевых

G.K. Tazmееv, K.K. Tazmееv

**MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRIC ARC WITH
STABILIZATION BY RADIAL GAS INJECTION**

Keywords: electric arc, arc model, radial injection, electric arc gas heating.

A mathematical model of an electric arc has been developed, which burns in a cylindrical discharge channel with intense radial injection of plasma-forming gas. Formulas for calculating the thermal and electrical characteristics of an electric arc are obtained.

R.N. Tazmееva, A.K. Tazmееv

**TO MODELING THE ELECTRIC ARC IN A
CYLINDRICAL CHANNEL WITH INTENSIVE
DISTRIBUTED GAS INJECTION**

Keywords: electric arc, arc model, laminar flow, plasmatron. The article analyzes the conditions for burning an electric arc in a cylindrical channel of a plasma torch with a distributed supply of plasma-forming gas. Assumptions have been accepted and substantiated that make it possible to simplify the equations describing the properties of the electric arc.

F.D. Bairamov, B.F. Bairamov

**STABILITY AND ACCURACY OF FUNCTIONING
OF CONTROLLED DYNAMIC SYSTEMS UNDER
CONSTANT DISTURBANCES**

Keywords: dynamic system, stability, accuracy of functioning under constant disturbances, control synthesis, the Lyapunov function method.

The Lyapunov function method solves the problem of synthesizing control of dynamic systems that ensures stability and a given accuracy of functioning of a closed system under constant perturbations. A theorem is proved that solves the problem in the general case. Based on this theorem, the solution of the problem for a linear system using a linear control law is given.

F.D. Bairamov, B.F. Bairamov, A.R. Fardeev

**ON STABILITY OF THE SOLUTION OF THE BOUNDARY
VALUE PROBLEM FOR THE PARTIAL DIFFERENTIAL
EQUATION UNDER COMPLEX BOUNDARY
CONDITIONS**

Keywords: stability of the solution of the boundary value problem for the partial differential equation, complex boundary conditions in the form of ordinary differential equations, the method of Lyapunov functions, integral and classical quadratic forms.

The stability of the solution of the boundary value problem for the partial differential equation under complex boundary conditions representing ordinary differential equations is investigated by the method of Lyapunov functions. The initial equations in partial and ordinary derivatives of high order by introducing additional variables are represented by a system of equations in partial and ordinary derivatives of the first order. The transition to first-order equations allows constructively constructing the Lyapunov function as a sum of integral and classical quadratic forms and developing a general methodology for investigating the stability of the solution of the boundary value problem for a wide class of partial differential equations under complex boundary conditions.

O.E. Vinogradov, A.V. Semashko

**APPLICATION OF THE ISOLATED FOREST METHOD
FOR DETECTING NETWORK ANOMALIES IN THE
HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX "SAFE CITY"**

Keywords: Safe city, detection of network anomalies, isolated

аномалий, изолирующий лес.

При решении задач управления сложной информационной системой, такой как аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» востребованы такие технологии мониторинга, которые оказывали бы поддержку системным и сетевым администраторам в разрешении проблем сокращения среднего времени реакции на неисправность. В статье рассмотрено применение метода изолирующего леса для обнаружения аномального поведения сетевого трафика.

А.Е. Горбунов, А.Л. Золкин, С.А. Надежкина, В.А. Надежкин
ОСОБЕННОСТИ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПАРОЛЕЙ
МАРШРУТИЗАТОРОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ключевые слова: схема сети пакетной коммутации, оконечные устройства, маршрутизатор, конфигурирование паролей, сеть передачи данных, адрес сети, интерфейс маршрутизатора, сетевое устройство, индивидуальный адрес.

В статье отражены особенности конфигурирования паролей в сетях передачи данных на железнодорожном транспорте на таких сетевых устройствах, как маршрутизаторы. Авторы выявили, что строгое и грамотное управление доступом к маршрутизаторам является залогом высокого показателя безопасности сети передачи информационных данных в рамках функционирования железнодорожной инфраструктуры. Несанкционированный доступ к этим устройствам может привести к различным видам атак, включая несанкционированное изменение конфигурации, блокировку сервисов и даже утечку данных. В рамках исследования организована структура сети пакетной коммутации транспортной организации, в которой отражен процесс конфигурации последовательных интерфейсов маршрутизатора транспортной организации, настройка протокола динамической маршрутизации RIP, этап обеспечения дополнительного уровня безопасности на консольный вход маршрутизатора. В конечном итоге делается вывод о необходимости установления должного уровня безопасности сетей передачи данных, т.к. от этого напрямую зависит защищенность и своевременность пересылки информации на расстояния различной дальности в рамках железнодорожной отрасли.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ЯЗЫКА PYTHON
В НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ.
ЧАСТЬ VI. БИБЛИОТЕКА SEABORN

Ключевые слова: язык программирования Python, визуализация результатов вычислений, библиотека Matplotlib, библиотека Seaborn, линейный график, гистограмма, столбчатая диаграмма, коробчатая диаграмма, диаграмма разброса.

В статье рассматривается дополнительная библиотека Seaborn языка программирования Python, предназначенная для построения различных типов графиков в задачах анализа данных и визуализации результатов научных вычислений. Рассмотрены функциональные возможности библиотеки Seaborn в части построения графиков, а также приведены примеры построения ряда специализированных типов графиков.

А.Л. Золкин, В.Д. Мунистер, О.В. Сараджева, Ф.Ф. Хабибуллин
СОЗДАНИЕ МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАЯВОК В МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ
ЦЕНТРЕ ОБРАБОТКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Ключевые слова: мультипараметрическая система, обслуживание заявок, многофункциональный центр обработки персональных данных.

В данном исследовании рассмотрены вопросы создания мультипараметрической системы обслуживания заявок в

forest.

When solving the tasks of managing a complex information system, such as the hardware and software complex "Safe City", monitoring technologies are in demand that would support system and network administrators in solving problems of reducing the average response time to a malfunction. The article considers the application of the isolated forest method to detect abnormal behavior of network traffic.

A.E. Gorbunov, A.L. Zolkin, S.A. Nadezhkina,
V.A. Nadezhkin
FEATURES OF CONFIGURING ROUTER PASSWORDS
IN RAIL DATA NETWORKS

Keywords: packet switching network diagram, endpoints, router, password configuration, data network, network address, router interface, network device, individual address. The article reflects the features of configuring passwords in data networks on rail transport on network devices such as routers. The authors revealed that strict and competent control of access to routers is the key to a high security indicator of the information data network as part of the functioning of the railway infrastructure. Unauthorized access to these devices can lead to various types of attacks, including unauthorized configuration changes, blocking services, and even data leakage. As part of the study, the structure of the transport organization's packet switching network is organized, which reflects the process of configuring serial interfaces of the transport organization's router, configuring the RIP dynamic routing protocol, and the stage of providing an additional level of security to the console input of the router. In the end, it is concluded that it is necessary to establish the proper level of security of data transmission networks, since the security and timeliness of transferring information over distances of different distances within the railway industry directly depends on this.

A.G. Zhornyak, T.A. Morozova
ADDITIONAL PYTHON LIBRARIES FOR SCIENTIFIC
AND ENGINEERING TASKS.
PART VI. THE SEABORN LIBRARY

Keywords: Python programming language, visualization of calculation results, Matplotlib library, Seaborn library, line graph, histogram, bar graph, box plot, scatter plot. The article discusses the additional Seaborn library of the Python programming language, designed to build various types of graphs in data analysis and visualization of scientific computing results. The functionality of the Seaborn library in terms of plotting is considered, as well as examples of constructing a number of specialized types of plots are given.

A.L. Zolkin, V.D. Munister, O.V. Saradzheva, F.F. Khabibullin
CREATING A MULTIPARAMETRIC SERVICE SYSTEM
FOR REQUEST PROCESSING IN A MULTIFUNCTIONAL
PERSONAL DATA PROCESSING CENTER

Keywords: multiparametric, service system, request processing, multifunctional, personal data processing center. This study discusses the issues of creating a multi-parameter system for servicing applications in a multifunctional personal data processing center. The work details the relevance of the

многофункциональном центре обработки персональных данных. В работе подробно рассматривается актуальность проблемы в условиях растущего объема информации и услуг, предоставляемых системой, а также необходимость эффективного управления процессом обработки заявок. В статье уделяется внимание формализации модели данной системы, выделены ключевые аспекты, такие как гибкость и адаптивность. Важным аспектом является также адаптивность системы к разнообразным потребностям пользователей. Другим ключевым аспектом становится создание графического интерфейса для визуализации структурной схемы мультипараметрической системы и предоставления детальной информации о каждом этапе. Используя библиотеку Tkinter, авторы разработали интерактивное приложение, обеспечивающее наглядное представление процесса обслуживания заявок. В целом, исследование представляет собой важный вклад в область обработки заявок и управления данными, обеспечивая технологические решения для повышения эффективности многофункциональных центров обработки персональных данных.

А.Л. Золкин, А.В. Юмашев, А.Н. Корнетов, Ф.Р. Ахмадуллин
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ
СОЗДАНИЯ БИОИНФОРМАЦИОННОГО ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАТЕЛЬНЫХ НОСИМЫХ УСТРОЙСТВ
Ключевые слова: филогенетические деревья, apple watch, flask,
python, нечеткая логика, перцептроны, оптимизация сервера,
параллельные вычисления.

В настоящем исследовании авторами рассматривается вопрос разработки программного обеспечения для обработки филогенетических деревьев, ориентированного на использование на платформе Apple Watch. Программа интегрирует Flask на Python для серверной части, вмешательство нечеткой логики и перцептроны, обеспечивая эффективный анализ генетических данных и построение точных филогенетических деревьев. Основной технической составляющей работы является оптимизация сервера, осуществленная с использованием параллельных вычислений, что приводит к выдающейся производительности приложения. Разработка охватывает важные методы оптимизации, как часть всестороннего технического подхода. Существенный акцент авторами делается на тщательной оптимизации сервера, используя параллельные вычисления, что приводит к значительному повышению производительности приложения. Этот подход не только улучшает скорость обработки данных, но и способствует эффективной работе системы в реальном времени. Особое внимание уделяется техническим инновациям, включая оптимизацию сервера с использованием параллельных вычислений, что приводит к выдающейся производительности приложения. Результаты профилирования в Xcode обеспечивают дополнительное подтверждение стабильности и эффективности программы. В ходе исследования продемонстрированы результаты профилирования в Xcode, которые подчеркивают высокую надежность и эффективность приложения. Полученное программное обеспечение представляет собой практически важный инструмент для научных исследований, медицинской диагностики, образования и экологических исследований.

П.П. Зорков
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЦЕНКИ
ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МНОГОСЛОЙНЫХ
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ТЕПЛОТВОДЯЩИМИ СЛОЯМИ
Ключевые слова: вычислительные исследования, вероятность
безотказной работы, «нагрузка – несущая способность»,
статистическое моделирование.

problem in the context of the growing volume of information and services provided by the system, as well as the need to effectively manage the process of processing applications. The article pays attention to the formalization of the model of this system, highlights key aspects such as flexibility and adaptability. An important aspect is also the adaptability of the system to the diverse needs of users. Another key aspect is the creation of a graphical interface for visualizing the structure diagram of a multi-parameter system and providing detailed information about each step. Using the Tkinter library, the authors developed an interactive application that provides a visual representation of the process of servicing applications. In general, the study represents an important contribution to the field of claim processing and data management, providing technological solutions to improve the efficiency of multifunctional personal data centers.

A.L. Zolkin, A.V. Yumashev, A.N. Kornetov,
F.R. Akhmadullin
DEVELOPMENT OF TOOLS FOR CREATION OF
BIOINFORMATION SOFTWARE FOR WEARABLE
DEVICES

Keywords: phylogenetic trees, apple watch, flask, python, fuzzy logic, perceptrons, server optimization, parallel computing. In this research, the authors address the development of software for processing phylogenetic trees, designed for use on the Apple Watch platform. The program integrates Flask in Python for the server-side, incorporating fuzzy logic and perceptrons to ensure efficient analysis of genetic data and the construction of accurate phylogenetic trees. A key technical component of the work is server optimization achieved through parallel computing, resulting in outstanding application performance. The development encompasses important optimization methods as part of a comprehensive technical approach. The authors place significant emphasis on the meticulous optimization of the server using parallel computing, leading to a substantial increase in application performance. This approach not only improves data processing speed but also contributes to the effective real-time operation of the system. Special attention is given to technical innovations, including server optimization using parallel computing, which yields outstanding application performance. Results from profiling in Xcode provide additional confirmation of the stability and efficiency of the program. Throughout the study, profiling results in Xcode are demonstrated, highlighting the high reliability and efficiency of the application. The resulting software proves to be a practically significant tool for scientific research, medical diagnostics, education, and ecological studies.

Р.Р. Зорков
COMPUTATIONAL STUDIES OF ESTIMATING THE
PROBABILITY OF TROUBLE – FREE OPERATION OF
MULILAYER PRINTED CIRCUIT BOARDS WITH HEAT –
TRAPPING LAYERS
Keywords: computational research, probability of failure-free
operation, "load-bearing capacity", statistical modeling.

В статье приводится описание процесса теплопередачи в радиоэлектронной аппаратуре. Производится оценка показателей надежности многослойных печатных плат с помощью метода статистического моделирования.

**Д.Ю. Мелешенко, Е.В. Бандяева, М.Н. Пиганов
ВЫБОР ДИЭЛЕКТРИКА ДЛЯ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ
КОНДЕНСАТОРОВ МИКРОСБОРОК НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ
ЕГО СТАБИЛЬНОСТИ**

Ключевые слова: диэлектрик, тонкоплёночный конденсатор, микросборка, стабильность, критерии выбора, методика.
В статье рассмотрены вопросы выбора эффективных диэлектриков для тонкоплёночных конденсаторов микросборок. Основным этапом выбора является оценка стабильности диэлектрика. Для этого использован информационный подход. На его основе обоснован температурный критерий. В качестве дополнительного предложен критерий стойкости к подгонке и другим электрофизическим методам обработки структуры элемента. Предлагаемые критерии являются основой методики выбора диэлектрических материалов для тонкоплёночных микросборок частного применения.

**Д.Ю. Мелешенко, Е.В. Бандяева, М.Н. Пиганов
АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ РЕЗИСТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ
ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ МИКРОСБОРОК**

Ключевые слова: тонкоплёночный резистор, исходные материалы, технология, свойства слоёв, стабильность элементов.
Проведено физико-технологическое обоснование выбора компонентов керметных материалов. Дана оценка технологичности этих компонентов. Определена стойкость материалов и структур к подгонке. Предложена технология получения резистивных плёнок. Выбраны оптимальные режимы распыления материалов. Приведены результаты исследования влияния исходных материалов на свойства резистивных слоёв.

**Е.А. Мучкаева, Е.Н. Чернопрудова, Е.Н. Наточая
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АДАПТИВНОГО
ПРАКТИКУМА ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА**

Ключевые слова: уровень компетентности, способность к самостоятельному обучению, продукционная модель представления знаний.
В работе представлена методика адаптивного обучающего практикума позволяющего подобрать задания учащемуся по уровню сложности в зависимости от усвоения материала и увеличивать при необходимости уровень сложности заданий. Данный подход позволит оценить уровень сформированности компетенций обучающихся. Процесс формирования знаний для самообучения студента приведен к задаче классификации на основе правил.

**А.И. Ромашченко, Т.П. Огар, И.М. Харитонов, А.Э. Панфилов
МЕТОД РАСЧЕТА МАТРИЦЫ ДОСТИЖИМОСТИ
ОСТАНОВОК ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО
ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА**

Ключевые слова: моделирование движения общественного транспорта, методы обработки исходных данных, матрица достижимости, система городского пассажирского общественного транспорта.
В работе описано текущее состояние системы городского пассажирского общественного транспорта. Предложен метод расчета матрицы достижимости остановок, позволяющий повысить эффективность работы модели корреспонденций пассажиров с учетом паттернов данных. Приведен пример расчета матрицы достижимости остановок, результаты которого представлены в табличном виде.

The article describes the process of heat transfer in electronic equipment. Reliability indicators of multilayer printed circuit boards are evaluated using the statistical modeling method.

**D.Y. Meleshenko, E.V. Batyaeva, M.N. Piganov
THE CHOICE OF A DIELECTRIC FOR THIN-FILM
CAPACITORS OF MICROASSEMBLIES BASED ON AN
ASSESSMENT OF ITS STABILITY**

Keywords: dielectric, thin-film capacitor, microassembly, stability, selection criteria, methodology.
The article considers the issues of choosing effective dielectrics for thin-film capacitors of microassemblies. The main stage of selection is to evaluate the stability of the dielectric. An information approach was used for this purpose. On its basis, the temperature criterion is justified. As an additional criterion, the resistance to fitting and other electrophysical methods of processing the element structure is proposed. The proposed criteria are the basis of the methodology for the selection of dielectric materials for thin-film microassemblies of private use.

**D.Y. Meleshenko, E.V. Batyaeva, M.N. Piganov
ANALYSIS AND RESEARCH OF TECHNOLOGICAL
PROPERTIES OF RESISTIVE MATERIALS FOR THIN-
FILM MICROASSEMBLIES**

Keywords: thin-film resistor, raw materials, technology, properties of layers, stability of elements.
The physical and technological substantiation of the choice of components of cermet materials has been carried out. The assessment of the manufacturability of these components is given. The resistance of materials and structures to fitting has been determined. A technology for producing resistive films is proposed. The optimal modes of spraying materials have been selected. The results of the study of the effect of raw materials on the properties of resistive layers are presented

**E.A. Muchkaeva, E.N. Chernoprudova, E.N. Natochaya
AUTOMATED ADAPTIVE WORKSHOP SYSTEM FOR
UNIVERSITY STUDENTS**

Keywords: level of competence, ability to self-study, productive model of knowledge representation.
The paper presents the methodology of an adaptive training workshop that allows you to select tasks for the student according to the level of complexity, depending on the assimilation of the material and, if necessary, increase the level of complexity of tasks. This approach will allow us to assess the level of formation of students' competencies. The process of knowledge formation for self-study of the student is brought to the task of classification based on rules.

**A.I. Romashchenko, T.P. Ogar, I.M. Kharitonov, A.E. Panfilov
METHOD FOR CALCULATING
THE ACCESSIBILITY MATRIX OF URBAN PASSENGER
PUBLIC TRANSPORT STOPS**

Keywords: modeling of public transport movement, methods of processing initial data, accessibility matrix, urban passenger public transport system.
The paper describes the current state of the urban passenger public transport system. A method for calculating the reachability matrix of stops is proposed, which makes it possible to increase the efficiency of the passenger correspondence model, taking into account data patterns. An example of calculating the reachability matrix of stops is given, the results of which are presented in tabular form.

В.А. Скуратов, К.А. Кузьмин, И.В. Нелин
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЭКСПЕРТНОЙ
СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И
АНАЛИЗА СТАТИСТИКИ ЦЕНОВЫХ МОДЕЛЕЙ
БИРЖЕВЫХ КОТИРОВОК

Ключевые слова: автоматизированный сбор и анализ данных, тренд, сверточная нейронная сеть, экспертная система, искусственный интеллект.

В статье рассмотрен подход к проектированию экспертной системы для автоматизированного сбора и анализа статистических данных биржевых котировок на основе сверточной нейронной сети, представлены результаты исследования. Приводится описание алгоритма нейронной сети, а также результаты проведенного эксперимента. На основе полученных в ходе научного исследования данных авторами предложены способы внедрения и практического использования.

А.Ю. Ужаринский, А.В. Коськин, С.В. Новиков
ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СЕРВИСАМИ ИНТЕРНЕТ-
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА ВУЗА

Ключевые слова: информационная система, ERP-системы, web-сервисы, автоматизация процессов управления, базы данных. В статье рассматриваются подходы к построению информационной системы ВУЗа. Описываются особенности построения информационной системы в Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева. Показан механизм организации взаимодействия между информационными сервисами ВУЗа для реализации бизнес-процесса учёта эффективности деятельности сотрудников.

А.Ю. Унгер
ЗОНАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СИНТАКСИЧЕСКОГО
РАСПОЗНАВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ

Ключевые слова: контекстно-свободная грамматика, зональный синтаксический анализ, дерево разбора, подсветка синтаксиса, фолдинг.

В работе рассматривается подход к распознаванию формальных языков с помощью контекстно-независимого зонального разбора. Показано, как можно адаптировать существующую грамматику языка программирования к виду, пригодному для распознавания. Предлагаемый алгоритм, применим к широкому классу контекстно-свободных грамматик. Показано, что скорость работы алгоритма практически не зависит от длины входной строки, таким образом, разбор может быть осуществлен со скоростью, пропорциональной скорости печати. Результаты, полученные аналитически, полностью совпадают с результатами имитационного моделирования.

С.А. Царева, С.С. Паршина, Н.С. Дыбулина, Е.О. Шамин
СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
В КОНТЕКСТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

Ключевые слова: статистический приемочный контроль качества; специальный план двойной выборки; нечеткие множества.

В статье приведена характеристика статистического приемочного контроля качества в контексте применения нечетких множеств. Показаны тенденции, связанные с внедрением стандартных процедур статистического приемочного контроля качества в условиях крупного регионального предприятия. ПАО «Ярославский судостроительный завод». Был предложен новый подход реализации статистического приемочного контроля качества, позволивший обосновать разработку специального плана двойной выборки типа DSP (0, 1) с использованием треугольных нечетких чисел.

V.A. Skuratov, K.A. Kuzmin, I.V. Nelin
DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK EXPERT
SYSTEM ALGORITHM FOR AUTOMATED COLLECTION
AND ANALYSIS OF STATISTICS OF PRICE MODELS OF
STOCK QUOTES

Keywords: automated data collection and analysis, trend, convolutional neural network, expert system, artificial intelligence.

The article discusses an approach to designing an expert system for automated collection and analysis of statistical data of stock exchange quotations based on a daylight neural network, and presents the results of the study. A description of the neural network algorithm is given, as well as the results of the experiment. Based on the data obtained during scientific research, the authors proposed methods of implementation and practical use.

A.Yu. Uzharinsky, A.V. Koskin, S.V. Novikov
ORGANIZATION OF INFORMATION INTERACTION
BETWEEN THE SERVICES OF THE ONLINE
REPRESENTATION OF THE UNIVERSITY

Keywords: information system, ERP-systems, web-services, automation of management processes, databases.

The article considers the approaches to building an information system of higher education institution. The article describes the features of building an information system in the I.S. Turgenev Oryol State University. The mechanism of the organization of interaction between information services of the university for realization of business process of accounting of efficiency of employees' activity is shown.

A.Y. Unger
SCOPE-BASED ALGORITHM FOR SYNTACTIC
RECOGNITION OF STRUCTURED TEXTS

Keywords: context-free grammar, scope-based parsing, parse tree, syntax highlighting, code folding.

The paper proposes an approach to formal language recognition using context-independent scope-based analysis. It is shown how an existing programming language grammar can be adapted to a form suitable for recognition. The proposed algorithm is applicable to a wide class of context-free grammars. It is shown that the speed of the algorithm is practically independent of the length of the input string. Thus, parsing can be carried out at a speed proportional to the printing speed. The results obtained analytically completely coincide with the results of simulation.

S.A. Tsareva, S.S. Parshina, N.S. Dybulina, E.O. Shamin
STATISTICAL ACCEPTANCE QUALITY CONTROL
IN THE CONTEXT OF USING FUZZY SETS

Keywords: statistical acceptance quality control; special double sampling plan; fuzzy sets.

The article describes the characteristics of statistical acceptance quality control in the context of the use of fuzzy sets. The trends related to the introduction of standard procedures for statistical acceptance quality control in a large regional enterprise are shown. PJSC Yaroslavl Shipbuilding Plant. A new approach to the implementation of statistical acceptance quality control was proposed, which made it possible to justify the development of a special double sampling plan of the DSP (0, 1) type using triangular fuzzy numbers.

Е.Г. Царькова

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ ДАТАСЕТОВ
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ЭКСТРЕМИСТСКОГО КОНТЕНТА В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Ключевые слова: социальные сети, информационное
противоборство, правоохранительная деятельность,
искусственная нейронная сеть, машинное обучение,
экстремистские материалы.

Рост рисков реализации широкого спектра угроз национальной безопасности, обусловленных, в том числе, обострением проблем экстремизма, требует выработки действенных инструментов для создания качественной системы профилактики преступлений, связанных с выявлением источников распространения экстремистского контента в социальных сетях. В работе приводится подход к построению наборов данных для решения задачи выявления источников распространения экстремистских материалов в сети Интернет.

Н.М. Чиганова

ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ
ПРИ ВЕЙБУЛЛОВСКОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОТКАЗОВ

Ключевые слова: выборка, надежность,
отказ изделия, функция распределения.

В настоящее время существует большое многообразие методов испытаний промышленной продукции на соответствие высоким требованиям качества выпускаемых изделий. Большое значение здесь приобретает задача сокращения длительности испытаний. В данной статье рассматривается такой важный аспект её решения как развитие методов форсированных испытаний, основанных на ужесточении режима испытаний. При нестабильном процессе производства применение точных методов возможно лишь при условии существования функциональной зависимости между моментами отказов одного и того же изделия в нормальном ϵ_0 и форсированном ϵ^* режимах. Для сложных изделий трудно подобрать форсированный режим, удовлетворяющий этому требованию, поэтому большой интерес приобретают методы приближенного оценивания показателей надежности изделий, основанные на том, что между моментами отказов изделия в различных режимах существует стохастическая зависимость, неизменная от партии к партии.

Л.В. Галина, А.А. Корнипаева, Д.А. Проскурин
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ СИСТЕМ
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Ключевые слова: автоматические транспортно-складские
системы, эффективность производственных систем,
имитационное моделирование.

Настоящая статья посвящена исследованию вопроса оценки эффективности применения автоматизированных транспортно-складских систем на предприятиях. Рассмотрены причины отсутствия на большинстве предприятий АТСС. Приведен анализ возможности проведения имитационного моделирования, позволяющего получить данные о влиянии АТСС на эффективность производственных систем машиностроительных предприятий.

М.А. Гордеев-Бургвиц, М.А. Богданов
АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ И
КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И ТРЕЩИН В
БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ключевые слова: ИИ, нейронная сеть, ANN, техническое зрение.
В статье рассмотрено применение нейронных сетей и

E.G. Tsarkova

ON THE ISSUE OF FORMATION OF TRAINING
DATASETS TO IDENTIFY THE SOURCES
OF DISTRIBUTION OF EXTREMIST CONTENT
ON THE INTERNET

Keywords: social networks, information warfare, law
enforcement, artificial neural network, machine learning,
extremist materials

The growing risks of realizing a wide range of threats to national security, caused, among other things, by the aggravation of the problems of extremism, require the development of effective tools to create a high-quality prevention system for crimes related to the identification of sources of distribution of extremist content on social networks. The paper provides an approach to building data sets to solve the problem of identifying sources of extremist content distribution on the Internet.

N.M. Chiganova

AN APPROXIMATE ASSESSMENT
OF THE PRODUCT RELIABILITY WITH A WEIBULL
DISTRIBUTION OF FAILURES

Keywords: selection, reliability, product failure, distribution
function.

Currently, there is a wide variety of methods for testing industrial products for compliance with high quality requirements of manufactured products. The task of reducing the duration of tests is of great importance here. This article discusses such an important aspect of its solution as the development of forced testing methods based on a stricter test regime. In an unstable production process, the use of precise methods is possible only if there is a functional relationship between the failure points of the same product in a normal ϵ_0 and forced ϵ^* modes. For complex products, it is difficult to choose a forced mode that meets this requirement, therefore, methods of approximate estimation of product reliability indicators are of great interest, based on the fact that there is a stochastic dependence between the moments of product failures in different modes, unchanged from batch to batch.

L.V. Galina, A.A. Kornipaeva, D.A. Proskurin
ASSESSMENT OF THE IMPACT OF AUTOMATED
TRANSPORT AND STORAGE SYSTEMS ON THE
EFFICIENCY OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION

Keywords: automatic transport and storage systems, efficiency
of production systems, simulation modeling.

This article is devoted to the study of the issue of evaluating the effectiveness of automated transport and storage systems in enterprises. The reasons for the absence of ATSS at most enterprises are considered. The analysis of the possibility of conducting simulation modeling is presented, which allows to obtain data on the impact of ACS on the efficiency of production systems of machine-building enterprises.

M.A. Gordeev-Burgwitz, M.A. Bogdanov,
AUTOMATIC RECOGNITION AND CLASSIFICATION OF
DEFORMATIONS AND CRACKS IN CONCRETE
STRUCTURES USING CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORKS

Keywords: II, neural network, ANN, technical vision.
Neural networks are a current direction in the development of

технологий машинного зрения для автоматизации контроля состояния различных бетонных конструкций.

К.В. Гусев, С.А. Красников, В.М. Образцов
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ В НЕПРЕРЫВНОМ ЦИКЛЕ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ключевые слова: автоматизированных систем, контроля качества, экспертная и нейросетевая технология, идентификации спектральных данных, нефтепродукты.

В статье представлен метод построения автоматизированных систем контроля качества продукции в непрерывном цикле промышленных предприятий на основе объединения экспертной и нейросетевой технологий идентификации спектральных данных.

И.С. Полевщиков, В.А. Ляпушин
АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ НА КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Ключевые слова: компьютерный тренажерный комплекс, оператор перегрузочных машин, автоматизированная обучающая система, веб-система, программное обеспечение.

Статья посвящена развитию исследований по разработке алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной обучающей системы (АОС) для подготовки операторов технологических процессов (на примере перегрузочных машин) на компьютерном тренажере. Представлены UML-диаграммы алгоритмов и примеры веб-интерфейсов АОС с результатами работы программных модулей по формированию оценки при обучении операторов перегрузочных машин. Программные модули основаны на алгоритме групповой экспертной оценки и методах нечеткой логики. АОС может использоваться для обучения операторов технологических установок с целью эффективного формирования профессиональных сенсомоторных навыков.

И.С. Полевщиков, Д.А. Тугаева
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ТЕСТОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Ключевые слова: тестовая документация, автоматизированная система управления, жизненный цикл, веб-интерфейс, программное обеспечение, тестирование программного обеспечения.

Статья посвящена развитию исследований по созданию алгоритмического и программного обеспечения автоматизированной системы управления (АСУ) жизненным циклом тестовой документации. Отличительными особенностями разрабатываемой АСУ являются: возможность гибкой настройки наборов атрибутов для каждого вида документа; возможность настройки и управления жизненным циклом документов; оценка качества составленной тестовой документации на основе настраиваемого множества критериев качества. Рассматриваемая АСУ может использоваться при составлении тестовой документации в ходе выполнения программных проектов на кафедре вуза, а также в учебном процессе по дисциплинам в области программной инженерии.

computer technology, which finds its application in many areas. By combining this technology with machine vision technology, the opportunity opens up to automate the monitoring of the condition of various concrete structures, and in the future it becomes possible to create similar projects for use in any area of production and construction.

K.V. Gusev, S.A. Krasnikov, V.M. Obrazcov
AUTOMATED PRODUCT QUALITY CONTROL
IN A CONTINUOUS CYCLE OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES

Keywords: automated systems, quality control, expert and neural network technology, spectral data identification, petroleum products.

The article presents a method for building automated product quality control systems in a continuous cycle of industrial enterprises based on combining expert and neural network technologies for identifying spectral data.

I.S. Polevshchikov, V.A. Lyapushin
ALGORITHMIC AND SOFTWARE OF AN AUTOMATED
SYSTEM FOR TRAINING PROCESS OPERATORS ON A
COMPUTER SIMULATOR

Keywords: computer training complex, operator of reloading machines, automated training system, web system, software.

The article is devoted to the development of research on the development of algorithmic and software for an automated training system (ATS) for training process operators (using the example of reloading machines) on a computer simulator. UML diagrams of algorithms and examples of ATS web interfaces are presented with the results of the work of software modules for forming assessments when training operators of reloading machines. Software modules are based on a group expert assessment algorithm and fuzzy logic methods. The subsystem can be used to train operators of technological installations in order to effectively develop professional sensorimotor skills.

I.S. Polevshchikov, D.A. Tugaeva
AUTOMATED LIFE CYCLE MANAGEMENT SYSTEM
FOR TEST DOCUMENTATION OF SOFTWARE
PRODUCTS

Keywords: test documentation, automated control system, life cycle, web interface, software, software testing.

The article is devoted to the development of research on the creation of algorithmic and software for an automated control system (ACS) for the life cycle of test documentation. Distinctive features of the developed ACS are: the ability to flexibly configure sets of attributes for each type of document; the ability to configure and manage the life cycle of documents; assessment of the quality of compiled test documentation based on a customizable set of quality criteria. The ACS under consideration can be used in the preparation of test documentation during the implementation of software projects at a university department, as well as in the educational process in disciplines in the field of software engineering.

З.Г. Сайфутдинов, Р.С. Ахметшин, А.А. Хафизов,
Р.И. Валиев, Д.А. Башмаков, Л.Е. Волков
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА 6-10 кВ

Ключевые слова: распределительное устройство, выключатель нагрузки, релейная защита, автоматика повторного включения, воздушные линии, диагностика коротких замыканий.

В статье рассмотрен вопрос повышения эффективности эксплуатации распределительной сети 6-10 кВ. Актуальность исследования заключается в разработке нового эффективного способа удешевления распределительного устройства 10 кВ (РУ-10 кВ) за счет использования автоматизации и микропроцессорной релейной защиты. В ходе исследования было разработано экономичное распределительное устройство, основными элементами которого являются: выключатель нагрузки с пружинным приводом, блок бесперебойного питания, выключатель нагрузки, с запретом на включение при работе релейной защиты. Применение предложенного автоматизированного РУ - 10 кВ эффективно в сетях 6-10 кВ I-ой, 2-ой категории электроснабжения, в основном в сельской местности, за счет использования дешевых выключателей нагрузки вместо дорогостоящих шкафов комплектное распределительное устройство наружной установки (КРУН) масляными или вакуумными выключателями, совместно с современными средствами релейной защиты и автоматики (РЗА) и электронной микропроцессорной технике.

Т.А. Ершов, П.Д. Большаков, В.С. Осипов
ПОТЕНЦИАЛ И КРИТЕРИИ ОТБОРА РЕШЕНИЙ,
ОСНОВАННЫХ НА ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ ДЛЯ
СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ГЕНЕРАЦИИ
ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
КОНТЕНТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА

Ключевые слова: генеративные системы, искусственный интеллект, персонализированное образование.

В работе предлагается комплекс подходов к формированию цифрового сервиса, в который будет включен модуль генерации персонализированного образовательного контента. Рассматриваются методики и процедуры для генерации текста, аудио и видео материалов с учётом требований, формализованных в виде задач образовательного процесса. Отдельным вопросом рассматривается критерии отбора контента, который будет включён в формируемую образовательную программу.

С.Р. Ермаков, Н.А. Зубов
РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОДДЕЛКИ
ГОЛОСОВОЙ БИОМЕТРИИ

Ключевые слова: биометрическая аутентификация, биометрия, биоэквайринг, дипфейк, нейронные сети.

Статья посвящена проблеме защиты биометрических данных, в частности, голоса человека, от компрометации и последующей подделки с помощью нейронных сетей и обученных голосовых моделей с целью совершения несанкционированных финансовых операций. В статье исследуется растущая угроза мошенничества в аспекте подделки голосовой биометрии и последующем её применении в биоэквайринге или при удалённом подтверждении банковских операций. Представлены рекомендации по улучшению систем безопасности и недопущению мошеннических действий при использовании голосовой биометрии в банковской сфере.

Д.В. Жматов, К.И. Шутов
АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСА
ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Ключевые слова: интернет вещей, тензометрические датчики,

Z.G. Saifutdinov, R.S. Akhmetshin, A.A. Khafizov,
R.I. Valiev, D.A. Bashmakov, L.E. Volkov
DEVELOPMENT OF AUTOMATED
SWITCH DEVICE 6-10 kV

Keywords: switchgear, load switch, relay protection, automatic restart, overhead lines, short circuit diagnostics.

The article discusses the issue of increasing the operating efficiency of a 6-10 kV distribution network. The relevance of the research lies in the development of a new effective way to reduce the cost of a 10 kV switchgear (RU-10 kV) through the use of automation and microprocessor relay protection. During the research, an economical switchgear was developed, the main elements of which are: a load switch with a spring drive, an uninterruptible power supply unit, a load switch, with a prohibition on turning on when the relay protection is operating. The use of the proposed automated switchgear - 10 kV is effective in 6-10 kV networks of the 1st, 2nd category of power supply, mainly in rural areas, due to the use of cheap load switches instead of expensive cabinets, complete outdoor switchgear (COS) with oil or vacuum circuit breakers, together with modern means of relay protection and automation (RPA) and electronic microprocessor technology.

T.A. Ershov, P.D. Bolshakov, V.S. Osipov
POTENTIAL AND CRITERIA FOR SELECTION
OF SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR CREATING A DIGITAL SERVICE FOR
GENERATING PERSONALIZED EDUCATIONAL
CONTENT FOR STUDYING A FOREIGN LANGUAGE

Keywords: generative systems, artificial intelligence, personalized education.

The work proposes a set of approaches to the formation of a digital service, which will include a module for generating personalized educational content. Methods and procedures for generating text, audio and video materials are considered, taking into account the requirements formalized in the form of tasks of the educational process. A separate issue considers the criteria for selecting content that will be included in the educational program being developed.

S.R. Ermakov, N.A. Zubov
DEVELOPMENT OF A FORGERY PREVENTION SYSTEM
FOR A VOICE BIOMETRICS.

Keywords: biometric authentication, biometrics, bio acquiring, deepfake, neural networks.

The article is dedicated to the problem of protecting biometric data, specifically human voice, from compromise and subsequent forgery using neural networks and trained voice models for unauthorized financial transactions. The article explores the growing threat of fraud in terms of voice biometrics forgery and its subsequent application in bio acquiring or remote verification of banking operations. Provided recommendations for enhancing security systems and preventing fraudulent activities in using voice biometrics in the banking sector.

D.V. Zhmato, K.I. Shutov
ANALYTICAL METHOD FOR THE STOCK WEIGHTS
DETERMINING USING STRAIN GAUSS SENSORS
Keywords: Internet of things, strain Gauss sensors, Gauss distribution, probability density distribution.

распределение Гаусса, распределение плотности вероятности. Описана разработанная математическая модель для внедрения тензометрических датчиков в технологию умных складов. Решается задача по поиску потерянных товаров на складе, на основе данных о весе, с учётом возможных погрешностей товаров. Выводится формула усечённого распределения Гаусса для определения плотности вероятности веса товаров на стеллаже. Распределение используется для определения вероятности нахождения лишнего товара на стеллаже.

М.О. Ломовцев, А.А. Лобанов, А.А. Русляков
АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ
ВИДЕО-КОНТЕНТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ключевые слова: микросервисная архитектура, межсервисное взаимодействие, брокер сообщений, асинхронность, высокая генерация изображений.

В работе показана актуальность задачи генерации изображения на основе содержимого видео, обоснована разработка архитектуры системы, выполняющей данную задачу. В работе проведен анализ возможных вариантов при проектировании архитектуры. Предложенная авторами архитектура может быть использована для решения широкого круга задач.

Е.Н. Наточая, В.В. Наточий, С.А. Литвинова
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ
УНИВЕРСИТЕТА

Ключевые слова: программно-информационная система, рейтинг обучающихся, нечеткая модель, нечеткий вывод, поддержка принятия решений.

В статье представлена программно-информационная система оценки индивидуальных достижений обучающихся университета с элементами искусственного интеллекта. Описаны основные функции программно-информационной системы: расчет рейтинга обучающихся на основе теории нечетких множеств, графическая интерпретация результатов и вывод рекомендаций по принятию управленческих решений. Приведены экранные формы тестирования программно-информационной системы.

А.Б. Сорокин, Ю.А. Зайцев
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ В РАБОТЕ
ТЕМАТИЧЕСКОГО КЛАССИФИКАТОРА ОБРАЩЕНИЙ

Ключевые слова: классификатор обращений, ансамбль алгоритмов, квадратичная функция потерь, градиентный бустинг.

В работе рассмотрена задача создания программного обеспечения для прогнозирования нарушений в работе тематического классификатора обращений. Исследуются методы создания классификаторов для решения задачи прогнозирования нарушений. На основе исследования воплощается идея последовательного построения линейной комбинации алгоритмов. При этом возникает необходимость установить целевые результаты из предыдущих моделей в следующую модель, чтобы свести к минимуму ошибки.

Н.Ю. Чумакова, А.А. Мамонтова
ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ АНАЛИЗА
МЕХАНИЗМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ
ПРОТОКОЛОВ

Ключевые слова: планирование, сети Петри, коммуникационный протокол, СТП-ИСС.

Механизмы планирования, используемые в различных коммуникационных протоколах, позволяют осуществлять распределение канальных ресурсов между устройствами в

The authors describe the developed mathematical model for the introduction of strain Gauss sensors into the smart warehouses' technology. The problem of searching for lost goods in a warehouse is based on weight data, considering possible errors of goods. We apply the truncated Gauss distribution for the probability density to determine the weight of the goods on the rack. The authors use the distribution to determine the excess goods probability which were on the rack.

M.O. Lomovtsev, A.A. Lobanov, A.A. Ruslyakov
ARCHITECTURE OF A DIGITAL VIDEO CONTENT
PROCESSING SYSTEM BASED ON MACHINE
LEARNING TECHNOLOGY

Keywords: microservice architecture, inter-service interaction, message broker, asynchrony, high image generation.

The article describes the task of generating static preview images from video content based on machine learning. The article analyzes the possible options for designing the architecture of an information system. The architecture proposed by the authors can be used to solve a wide range of tasks.

E.N. Natchaya, V.V. Natchiy, S.A. Litvinova
PROGRAMMATIC IMPLEMENTATION OF ASSESSMENT
OF INDIVIDUAL ACHIEVEMENTS OF UNIVERSITY
STUDENTS

Keywords: software and information system, student rating, fuzzy model, fuzzy inference, decision support. The article presents a software and information system for assessing individual achievements of university students with elements of artificial intelligence. The main functions of the software and information system are described: calculating the rating of students based on the theory of fuzzy sets, graphical interpretation of the results and the conclusion of recommendations for making management decisions. Screen forms of software and information system testing are given.

A.B. Sorokin, Yu.A. Zaitsev
PREDICTING VIOLATIONS IN THE OPERATION OF THE
THEMATIC CLASSIFIER OF REQUESTS

Keywords: classifier of appeals, ensemble of algorithms, quadratic loss function, gradient boosting

The paper considers the task of creating software for predicting violations in the work of the thematic classifier of appeals. The methods of creating classifiers for solving the problem of predicting violations are investigated. Based on the research, the idea of sequential construction of a linear combination of algorithms is embodied. At the same time, it becomes necessary to set target results from previous models to the next model in order to minimize errors.

N.Y. Chumakova, A.A. Mamontova
APPLICATION OF PETRI NETS TO ANALYZE
SCHEDULING MECHANISMS OF COMMUNICATION
PROTOCOL

Keywords: scheduling, Petri nets, communication protocol, STP-ISS.

Scheduling mechanisms used in various communication protocols allow channel resources to be distributed among devices on the network. When designing on-board networks, it

сети. При проектировании бортовых сетей важно правильно распределять ресурсы для предотвращения конфликтов и других ошибок. Поэтому актуальной задачей является анализ работы механизмов планирования. В данной статье представлен подход к анализу механизмов планирования при помощи сетей Петри.

И.М. Герасимович, И.Ю. Попов, К.А. Пшеничный
КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
МЕТОДОМ КУСТА СОБЫТИЙ НА ПРИМЕРЕ ДВИЖЕНИЯ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), тангаж, куст событий, концептуальная модель.

Корректное понимание физической модели, лежащей в основе того или иного устройства, не всегда достижимо из-за нехватки времени, образования или в иных неблагоприятных условиях. Существенную помощь при этом может оказать представление физической модели с помощью качественного метода концептуального моделирования. В настоящей работе данный подход развивается на основе метода куста событий на примере опубликованной физической модели регулирования тангажа беспилотных летательных аппаратов.

is important to properly allocate resources to prevent conflicts and other errors. Therefore, an urgent task is to analyze the operation of scheduling mechanisms. This article presents an approach to analyzing scheduling mechanisms using Petri nets.

I.M. Gerasimovich, I.Yu. Popov, C.A. Pshenichny
CONCEPTUALIZATION OF PHYSICAL MODELS
BY THE EVENT BUSH METHOD EXEMPLIFIED
BY DRONE FLIGHT MODEL

Keywords: drone, tangage, event bush, conceptual model
Correct understanding of physical models underlying working devices under limited time, basic knowledge or the like, may be substantially aided by qualitative “parsing” of a physical model by qualitative conceptual one. Here this approach is developed based on the event bush method of conceptual modeling by the example of published drone tangage regulation physical model.

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**

№3 2024

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 07.04.2024 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 07.04.2024
12,7 усл.печ.л. 14,9 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 5881.

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»