

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ВЕСТНИК  
ПОВОЛЖЬЯ**

**№3 2023**

**Направления:**

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

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

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

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

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

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

**Казань  
2023**

**УДК 60**

**ББК 30-1**

**Н-66**

**Н-66** Научно-технический вестник Поволжья. №3 2023г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2023. – 204 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.ntvprt.ru](http://www.ntvprt.ru), и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

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

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

*Главный редактор Р.Х. Шагимуллин*

Редакционная коллегия

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

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

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

**УДК 60**

**ББК 30-1**

**ISSN 2079-5920**

© Рашин Сайнс, 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>А.М. Базарова, К.В. Рочев</i> КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ НА ИХ УСПЕВАЕМОСТЬ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ	9
<i>А.В. Бердников, М.М. Тюрина, Р.С. Зарипова</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФОРМПАРАМЕТРА ВЕКТОРКАРДИОГРАММЫ ОТ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ	12
<i>А.В. Волков, М.В. Кудашкина, Т.А. Захватова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ ЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА	16
<i>Х.М. Гукетлов, А.Х. Баджмук, А.М. Баккуев, И.А. Оришев</i> К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТОПРОПУСКАНИЯ ТОЧЕЧНОГО ЗЕНИТНОГО ФОНАРЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ ОТ ПРЯМОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СОЛНЦА	19
<i>Е.В. Гусев</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТУРЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	24
<i>С.В. Ерохин, В.А. Левин</i> НЕОДНОРОДНОЕ УРАВНЕНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ ВЯЗКОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ	28
<i>В.А. Иванов</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛООТДАЧИ В СИСТЕМЕ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	32
<i>Р.З. Хайруллин</i> ОБ ОДНОЙ ТЕРМОДИНАМИКО – МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ	36
<i>Е.Г. Царькова</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В ВЕДОМСТВЕННОМ СЕГМЕНТЕ ПЛАТФОРМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	40

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

<i>В.В. Афанасьев, В.Г. Давыдов</i> ФОРМИРОВАНИЕ И ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ДМИТРИЕВА-КИСЛОВА	44
<i>Ю.А. Балыбердин, Е.К. Тахтилов</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ВИЗУАЛЬНО-КОГНИТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МЫШЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ	48
<i>А.В. Ганичева, Ю.Т. Фаринюк, А.В. Ганичев</i> АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОРТФЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ	53
<i>И.Б. Гинзбург, Ю.Н. Кондрашов, О.Л. Смирнов</i> ИЗУЧЕНИЕ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В СРЕДЕ JUPYTERLAB	57

<i>С.И. Киселев, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына, Л.З. Гумерова, Г.Н. Аглямзянова</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	60
<i>Р.Е. Копейкин, В.В. Глазков, Т.А. Пашева</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ	63
<i>О.Н. Кузина</i> МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	68
<i>Е.С. Лесик, Д.А. Макаров, С.Н. Падалко, А.М. Станкевич</i> БАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ	74
<i>Т.П. Новикова, А.А. Бодин, А.И. Заревич</i> РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЗАГРУЗКИ ПЛАТНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ	77
<i>Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, У Гоцуй, А.И. Новиков</i> ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДБОРА АКЦИЙ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ИНВЕСТИРОВАНИИ	81
<i>Н.П. Плотникова, В.А. Кевбрин</i> РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМЕРА НА ОСНОВЕ VIT	85
<i>М.М. Репин, С.В. Литвинов, Д.Г. Зорин, Е.А. Чистяков</i> БЕСКОНТАКТНАЯ БАРАБАННАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA328	89
<i>Б.А. Староверов, С.Д. Тарасов</i> ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ КАК АССОЦИАТИВНАЯ ПАМЯТЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	95
<i>А.Ю. Степаненко</i> ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ВОПРОСАХ МАТЕРИАЛЬНО- ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ	99
<i>Е.М. Тарасов, В.А. Надежкин, А.Л. Золкин, С.А. Сарычева</i> РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАБОТЕ С СОВРЕМЕННЫМИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ ВУЗА	103
<i>Е.М. Тарасов, В.А. Надежкин, А.Л. Золкин, С.А. Сарычева, А.О. Кочетова</i> ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ТЕНДЕНЦИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	111
<i>В.А. Тепцов</i> ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СБЛИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТЬ I. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ КОРРЕКЦИИ	118
<i>В.А. Тепцов</i> ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СБЛИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТЬ II. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДОЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ	122
<i>Н.А. Тошчкин</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	128
<i>Н.А. Тошчкин, В.Н. Богатилов</i> МЕТОД РАСЧЕТА ИНДЕКСА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	133
<i>А.Д. Фатыхов, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына, Л.З. Гумерова, Г.Н. Аглямзянова</i> НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ ИГРОВОЙ СТРАТЕГИИ	138

*Е.Г. Царькова*

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБУЧЕНИЕМ ОСЦИЛЛЯТОРНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРА	141
--	-----

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

*Д.Г. Алленов, К.Б. Дейнова, Н.А. Яковлева, Ю.А. Аганин*

ВЛИЯНИЕ ВЫЛЕТА ИНСТРУМЕНТА ИЗ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ	145
--	-----

*В.А. Егоров, А.Э. Алиев*

ВЕКТОРНО-МАТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ	148
---	-----

*С.М. Кривенцов, В.К. Шумилин*

ПРИМЕНЕНИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВЛАЖНЫМ СПОСОБОМ	153
--	-----

*В.В. Кузьмин, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина*

ОБЗОР РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ OMRON E5CN	156
---	-----

*Е.Н. Леонов, А.П. Пожитков*

АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ИНДУСТРИИ 4.0	160
--	-----

*Н.Г. Семенова*

НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ	164
--	-----

*Л.А. Симонова*

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОПЕРАЦИИ	168
--	-----

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

*Э.К. Алиев, М.В. Южаков, Р.Р. Нуриев, Р.Р. Зарипов, Г.А. Гареева*

ОПТИМИЗАЦИЯ И ГЛУБОКАЯ НАСТРОЙКА GPU АДАПТЕРА	172
---	-----

*Е.М. Дворникова, О.А. Исабекова*

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕТЕРИНАРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	176
--	-----

*С.Ю. Лунева, П.С. Павлов*

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ	180
--	-----

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

*И.В. Влацкая, К.Р. Джукашев*

ЭФФЕКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ	184
--	-----

*И.В. Влацкая, К.Р. Джукашев*

АНАЛИЗ ВЕКТОРОВ КИБЕРАТАК НА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СИСТЕМЫ	189
---	-----

<b>АННОТАЦИИ</b>	193
------------------	-----

**THE RELEASE MAINTENANCE****1.2.2. — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES**

<i>A.M. Bazarova, K.V. Rochev</i> CORRELATION ANALYSIS OF THE STUDENT'S LIFE FACTORS INFLUENCE ON THEIR ACADEMIC PERFORMANCE TO BUILD A MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSING THE QUALITY OF EDUCATION	9
<i>A.V. Berdnikov, M.M. Tyurina, R.S. Zaripova</i> MATHEMATICAL MODELLING OF VECTORCARDIOGRAM FORM-PARAMETER DEPENDENCE ON AMPLITUDE-TIME CHARACTERISTICS OF ELECTROCARDIOGRAM	12
<i>A.V. Volkov, M.V. Kudashkina, T.A. Zakhvatova</i> SIMULATION OF HIGH PRESSURE SODIUM LAMP PARAMETERS CHANGING DUE TO THE PHENOMENON OF ACOUSTIC RESONANCE	16
<i>H.M. Guketlov, A.Kh. Badzhmuk, A.M. Bakkuev, I.A. Orishev</i> ON THE QUESTION OF DETERMINING THE LIGHT TRANSMISSION COEFFICIENT OF A RECTANGULAR POINT ANTI-COVERAGE LAMP FROM THE DIRECT COMPONENT OF THE SUN	19
<i>E.V. Gusev</i> DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF AIRCRAFT EQUIPMENT BASED ON THE STATISTICAL MODELING METHOD	24
<i>S.V. Erokhin, V.A. Levin</i> INHOMOGENEOUS CREEP EQUATION FOR VISCOELASTIC MATERIALS	28
<i>V.A. Ivanov</i> MODELING OF HEAT TRANSFER MODES IN THE LIQUID COOLING SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES	32
<i>R.Z. Khayrullin</i> ABOUT ONE THERMODYNAMIC – METROLOGICAL ANALOGY	36
<i>E.G. Tsarkova</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF PROCESSING CITIZENS' APPEALS IN THE DEPARTMENTAL SEGMENT OF THE FEEDBACK PLATFORM	40

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

<i>V.V. Afanasiev, V.G. Davydov</i> GENERATION AND SELECTIVE SUPPRESSION OF PSEUDO-RANDOM DISCRETE-NONLINEAR DMITRIEV-KISLOV SYSTEM SIGNALS	44
<i>Y.A. Balyberdin, E.K. Takhtilov</i> ORGANIZATION OF VISUAL AND COGNITIVE SPACE FOR SUPPORT OF SPECIALISTS THINKING	48
<i>A.V. Ganicheva, Yu.T. Farinyuk, A.V. Ganichev</i> ANALYSIS OF THE MATHEMATICAL MODEL OF INVESTMENT PORTFOLIO DIVERSIFICATION	53
<i>I.B. Ginzburg, Yu.N. Kondrashov, O.L. Smirnov</i> LEARNING PYTHON LIBRARIES FOR MATHEMATICAL CALCULATIONS IN THE JUPYTERLAB ENVIRONMENT	57

<i>S.I. Kiselev, I. Yu. Myshkina, L. Yu. Grudcyna, L.Z. Gumerova, G.N. Aglyamzyanova</i> FORECASTING THE VALUE OF REAL ESTATE BASED ON MACHINE LEARNING METHODS	60
<i>R.E. Kopeykin, V.V. Glazkov, T.A. Pasheva</i> COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF IMAGE RECOGNITION METHODS FOR THE TASK OF RECOGNIZING ROAD SIGNS	63
<i>O.N. Kuzina</i> MODEL OF LABOR PRODUCTIVITY MANAGEMENT IN CONSTRUCTION BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS	68
<i>E.S. Lesik, D.A. Makarov, S.N. Padalko, A.M. Stankevich</i> BASIC PROCESSES OF A DIGITAL ORGANIZATION OPERATION	74
<i>T.P. Novikova, A.A. Bodin, A.I. Zarevich</i> REGRESSION ANALYSIS OF THE ASSESSMENT OF THE WORKLOAD OF THE DENTAL CLINIC PAID DEPARTMENT	77
<i>T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, Wu Gotsui, A.I. Novikov</i> SIMULATION MODEL OF STOCK SELECTION IN QUANTITATIVE INVESTMENT	81
<i>N.P. Plotnikova, V.A. Kevbrin</i> DEVELOPMENT OF A MULTIMODAL TRANSFORMER MODEL BASED ON VIT	85
<i>M.M. Repin, S.V. Litvinov, D.G. Zorin, E.A. Chistyakov</i> NON-CONTACT DRUM SET BASED ON ATMEGA328 MICROCONTROLLER	89
<i>B.A. Staroverov, S.D. Tarasov</i> HOLOGRAPHIC NEURAL NETWORK AS ASSOCIATIVE MEMORY FOR TIME SERIES FORECASTING	95
<i>A.Y. Stepanenko</i> ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MATERIALS SUPPLY	99
<i>E.M. Tarasov, V.A. Nadejkin, A.L. Zolkin, S.A. Saricheva</i> DEVELOPMENT OF A SET OF MEASURES FOR WORKING WITH MODERN TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN A UNIVERSITY SETTING	103
<i>E.M. Tarasov, V.A. Nadejkin, A.L. Zolkin, S.A. Saricheva, A.O. Kochetova</i> FORMATION OF PERSONNEL POTENTIAL IN RAILWAY TRANSPORT: TRENDS IN TRAINING SPECIALISTS IN THE FIELD OF TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES	111
<i>V.A. Teptsov</i> OPTIMAL PROGRAMS CONSTRUCTION FOR SPACECRAFTS RENDEZVOUS UNDER MEASUREMENT ERRORS PART I. LATERAL CORRECTION OPTIMIZATION	118
<i>V.A. Teptsov</i> OPTIMAL PROGRAMS CONSTRUCTION FOR SPACECRAFTS RENDEZVOUS UNDER MEASUREMENT ERRORS PART II. LONGITUDINAL CORRECTION OPTIMIZATION	122
<i>N.A. Toichkin</i> DESIGNING THE PROCESS SAFETY MANAGEMENT SYSTEM ARCHITECTURE FOR INDUSTRIAL PRODUCTIONS	128
<i>N.A. Toichkin, V.N. Bogatkov</i> SAFETY INDEX CALCULATING METHOD FOR TECHNOLOGICAL PROCESS STATE ASSESSING	133
<i>A.D. Fatykhov, I.Yu. Myshkina, L.Yu. Grudcyna, L.Z. Gumerova, G.N. Aglyamzyanova</i> NEURAL NETWORK ALGORITHM FOR FINDING THE OPTIMAL GAMING STRATEGY	138

*E.G. Tsarkova*

OPTIMAL TRAINING MANAGEMENT OF AN OSCILLATORY NEURAL NETWORK FOR A RECONNAISSANCE ROBOTIC SYSTEM USED IN THE ELIMINATION OF FIRE	141
--	-----

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

*D.G. Allenov, K.B. Deinova, N.A. Yakovleva, Iu.A. Aganin*

INFLUENCE OF THE TOOL OUTLET FROM THE CUT HOLDER ON THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER	145
--	-----

*V.A. Egorov, A.E. Aliev*

VECTOR-MATRIX MODEL OF A SYNCHRONOUS MACHINE	148
--	-----

*S.M. Kriventsov, V.K. Shumilin*

APPLICATION OF DUST COLLECTORS FOR CLEANING AIR-GAS EMISSIONS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES BY THE WET METHOD	153
---	-----

*V.V. Kuzmin, A.V. Chupaev, R.R. Galyamov, A.Yu. Sharifullina*

OVERVIEW OF THE OMRON E5CN TEMPERATURE CONTROLLER	156
---	-----

*E.N. Leonov, A.P. Pozhitkov*

ARCHITECTURE OF INTELLIGENT ELECTRICAL NETWORKS IN INDUSTRY 4.0	160
---	-----

*N.G. Semenova*

FUZZY CONTROL OF THE SOLAR ENERGY GENERATION SYSTEM	164
---	-----

*L.A. Simonova*

AN AUTOMATED TOOL SELECTION METHOD BASED ON SOURCE DATA MATRICES AND CONSTRAINTS USING A MILLING OPERATION	168
--	-----

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

*E.K. Aliev, M.V. Yuzhakov, R.R. Nuriev, R.R. Zaripov, G.A. Gareeva*

REDUCING GPU POWER CONSUMPTION BY VOLTAGE REGULATION	172
--	-----

*E.M. Dvornikova, O.A. Isabekova*

ANALYSIS OF PUBLICATION ACTIVITY IN THE DEVELOPMENT OF VETERINARY INFORMATION SYSTEMS	176
---	-----

*S.Y. Luneva, P.S. Pavlov*

APPLICATION OF NEURAL NETWORK APPROACH TO THE SCHEDULING PROBLEM	180
--	-----

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

*I.V. Vlatskaya, K.R. Dzhukashev*

EFFECTIVE PROGRAMMING TRAINING FOR INFORMATION SECURITY SPECIALISTS IN THE CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION	184
---	-----

*I.V. Vlatskaya, K.R. Dzhukashev*

ANALYSIS OF VECTORS OF CYBER ATTACKS ON USER SYSTEMS	189
--	-----

<b>ABSTRACTS</b>	193
------------------	-----

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

1.2.2

**<sup>1</sup>А.М. Базарова, <sup>2</sup>К.В. Рочев канд. эконом. наук**

Ухтинский государственный технический университет,  
<sup>1</sup>Технологический факультет,  
кафедра Электроэнергетики и метрологии,  
<sup>2</sup>Факультет экономики, управления и информационных технологий,  
кафедра Вычислительной техники, информационных систем и технологий,  
Ухта, abazarova@ugtu.net, k@rochev.ru

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ  
НА ИХ УСПЕВАЕМОСТЬ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ**

*В статье проводится анализ факторов, которые оказывают определенное влияние на оценки студентов. Для обработки статистических данных сделана выборка за 20 лет. Рассмотрены кросс корреляции успеваемости по группам дисциплин. В качестве основных параметров для более детального рассмотрения выбраны: средний балл и результаты защит дипломов. Проведен регрессионный анализ их зависимостей от различных факторов таких как гражданство, семейное положение, возраст. В общей сложности, анализ был проведен по 24 тыс. студентов. Проанализировав данные по оценкам, можно построить мат модель влияния рассмотренных факторов на учебный процесс и сделать вывод о том, насколько соответствующая среда влияет на студентов, что позволит университетам разработать план дальнейших улучшений разных аспектов студенческой жизни.*

Ключевые слова: образование, успеваемость, студент, факторы влияния, результативность.

В современном обществе многие процессы, до этого не изменявшиеся в течение многих лет, стали динамично и активно изменяться [1]. Не обошла стороной эта тенденция и сферу обучения. Причем изменения этих процессов влияют как на педагогический состав учебного заведения, так и на обучающихся. Поэтому изучение этих процессов и их последствий является актуальной темой [2].

На качество образования в вузе влияет множество факторов [2]. Наиболее часто к факторам качества высшего образования относят:

- уровень подготовки абитуриентов;
- уровень развития материально-технической базы;
- качество организации учебного процесса (применение новых эффективных педагогических и информационных технологий);
- качество учебных программ;
- качество учебно-методического обеспечения;
- качество ППС;
- уровень научных исследований;
- развитие международного сотрудничества;
- организация СРС;
- наличие мотивации студентов и преподавателей к улучшению их деятельности;
- организация маркетинговой работы (изучение рынка труда, анализ трудоустройства, организация отбора абитуриентов и т.д.);
- социальная защищенность студентов и ППС [3].

Цель данного исследования – выявление влияния различных факторов жизни студентов на их успеваемость для дальнейшего применения в построении математической модели оценки качества образования.

Для анализа была взят набор данных из учетной системы Ухтинского государственного технического университета [4, 5], накопленных за двадцатилетний период с 2002 по 2022 год. Он основывается на данных 24074 студентов. При расчете среднего балла не учитывались полученные оценки, получение студентом зачета или незачета, посещаемость или отсутствие студента на лекциях.

Нейронные сети, обученные на этих данных, достаточно хорошо предсказывают результат итоговой защиты студентов и позволяют определить их кластеризацию [6]. Но, поскольку этот тип моделей относится к типу черного ящика, невозможно интерпретировать почему они приняли то или иное решение. Однако это можно установить при помощи регрессионного и корреляционного анализа [2].

Для улучшения получившихся результатов данные были предварительно обработаны, была разработана система для анализа собранных данных.

Для начала приведём таблицу 1 в которой представлена матрица корреляций оценок по различным предметам и результатам защиты дипломов.

Таблица 1 – Матрица корреляций оценок по различным дисциплинам и результатов защит дипломов (%)

	<b>Средний балл</b>	<b>Иностраный</b>	<b>Математика</b>	<b>Практика</b>	<b>Физика</b>	<b>Философия</b>	<b>Спец. дисциплины</b>	<b>Количество оценок</b>
Диплом	51	29	33	47	27	27	49	-7
Средний балл	100	61	73	65	66	60	96	5
Иностраный	61	100	48	34	38	39	56	-1
ИТ	63	39	44	35	36	38	56	7
Математика	73	48	100	38	55	44	64	9
Практика	65	34	38	100	33	33	58	-8
Русский	69	46	50	45	58	49	63	6
Физика	66	38	55	33	100	46	57	5
Философия	60	39	44	33	46	100	53	6
Экономика	71	45	49	40	41	42	65	1
Спец. дисциплины	96	56	64	58	57	53	100	4
Количество оценок	5	-1	9	-8	5	6	4	100
Количество студентов	24073	13737	17907	18997	15047	16826	23635	24073

Полученные результаты приводят к выводу о том, что общий средний балл почти не имеет корреляции с количеством полученных оценок за время учебы в вузе. Этот вывод следует из двух противоречивых факторов. Во-первых, студенты с низкими оценками чаще отчисляются и при этом имеют меньшее количество оценок. Во-вторых, студенты имеющие низкие оценки, в случае удачной защиты диплома, зачастую имеют много пересдач, вследствие чего имеют большее количество оценок. Данный вывод косвенно подтверждается отрицательной корреляцией оценок за диплом и общим количеством оценок.

Между всеми оценками наблюдается положительная корреляция, что выглядит логичным, но, с другой стороны, достаточно неожиданно отсутствие «ортогональных» дисциплин с нулевой или отрицательной корреляцией относительно друг друга (хотя, если рассматривать в разрезе отдельных специальностей, такие случаи встречаются).

Оценки студентов по дисциплинам, изучаемым на начальных курсах, имеют большую корреляцию друг с другом, что может быть объяснено их близким расположением по времени. И, поскольку, например, экономические дисциплины преподаются обычно на более старших курсах, корреляция с ними у оценок по многим базовым дисциплинам ниже из-за того, что за существенный период могло поменяться отношение студента к учебе, также возможно начали действовать другие факторы.

В результате анализа учебной деятельности 24 тысяч студентов были показаны зависимости между успеваемостью студентов по различным дисциплинам, результатам защиты дипломов и различными факторами жизни.

Определено, что корреляция общеобразовательных дисциплин с результатами защит составляет, в среднем, 31%, тогда как для практик и специальных дисциплин это значение равно 47% и 49% соответственно. Также отмечено, что результаты по дисциплинам, проводящимся по времени в близкие периоды (например, физика, философия, русский, математика, идущие параллельно на начальных курсах) имеют большую корреляцию между собой – 46–55%. Это говорит о том, что достаточно большое количество студентов постепенно с переходом на старшие курсы меняют приоритеты и вектор развития.

#### **Список литературы**

1. *Косемян С.Э.* Моделирование процесса академических достижений студентов // *Качество. Инновации. Образование.* 2022. № 2 (178). С. 15-18.
2. *Байденко В.И.* Болонский процесс: концептуально-методологические проблемы качества высшего образования (Книга-приложение 3) / Под науч. ред. д-ра пед. наук, проф. Байденко В.И. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2009. – 302 с.
3. *Куделин С.Г., Терентьева А.П.* Разработка информационной системы «Учет студентов, проживающих в общежитиях ФГБОУ ВО «УГТУ» // *Информационные технологии в управлении и экономике.* 2020. №2. Режим доступа: /Issue/Article/56.
4. *Пучков Н.П.* Формирование системы обеспечения качества подготовки специалиста в условиях технического вуза: дис... докт. пед. наук: – М.: РГБ, 2005. – С. 361–362.
5. *Рочев К.В.* Подсистема автоматизированного формирования "Портфолио в цифрах" на базе Индексно-рейтинговой системы оценки деятельности студентов // *Вестник Российского университета дружбы народов.* Серия: Информатизация образования. 2013. № 3. С. 94-100.
6. *Данилов Г.В., Рочев К.В.* О фрактальных свойствах самоорганизации коллективов в процессе их трудовой деятельности // *Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал).* 2012. № 11. С. 18.

1.2.2.

<sup>1</sup>А.В. Бердников, <sup>1</sup>М.М. Тюрина, <sup>2</sup>Р.С. Зарипова<sup>1</sup>Казанский научный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ,  
mmTyurina@kai.ru,<sup>2</sup>Казанский государственный энергетический университет,  
Казань, zarim@rambler.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЗАВИСИМОСТИ ФОРМПАРАМЕТРА ВЕКТОРКАРДИОГРАММЫ  
ОТ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ**

*В работе предложена математическая модель формпараметра векторкардиограммы (ВЭКГ), зависящая от амплитудно-временных характеристик электрокардиограммы (ЭКГ), направленная на повышение метрологических характеристик каналов векторкардиографов, применяемых для исследования пространственной динамики электрического поля сердца.*

Ключевые слова: *модель, векторкардиограмма, формпараметр.*

Одним из перспективных неинвазивных методов исследования сердечно-сосудистой системы человека, позволяющим получать объективную информацию о состоянии сердца, является метод ЭКГ. Анализ ЭКГ позволяет оценить электрические процессы, происходящие в сердечно-сосудистой системе. При этом дополнительное применение векторкардиографических исследований [1] позволяет обнаружить патологии, не проявляющиеся на обычной ЭКГ. Возможность регистрации изменений суммарного вектора электродвижущих сил сердца за сердечный цикл в проекции его на плоскость позволяет объемно представить ЭКГ в виде ВЭКГ, когда исследуется пространственная динамика электрического поля сердца. Благодаря таким исследованиям диагностируют ряд патологий, в частности стеноз левого атриовентрикулярного отверстия [2], гипертрофию левого и правого желудочков [3], блокаду правой и левой ножек пучка Гиса, очаговые изменения миокарда, различные виды инфарктов [4, 5] и многие врожденные пороки сердца, в том числе связанные с легочной гипертензией [6]. Также этот метод активно применяется для оценки диссинхронии активации желудочков во время имплантации и ее оптимизации после имплантации [7].

При проведении регистрации векторкардиограмм необходимо учитывать ряд требований. Одним из важных требований является корректное расположение электродов на теле человека. Франк [8] предложил для клинического применения (рис. 1) применение системы из семи электродов. На этом уровне пятого межреберья располагается пять электродов: по срединной линии спереди (*E*) и сзади (*M*), по среднеподмышечным линиям справа (*I*) и слева (*A*), а также посередине между передней срединной и левой средней подмышечной линией (*C*).

Таким образом, из пяти электродов этого уровня три (*A*, *C*, *E*) располагаются прекардиально. Остальные два электрода накладываются на заднюю поверхность шеи (*H*) и левую ногу (*F*). Электрод *C* с системой компенсирующих сопротивлений вводится для поправки на положение диполя и центра сердца. При таком расположении электродов можно получить три разности потенциалов  $VX$ ,  $VY$ ,  $VZ$ , пропорциональные каждому из компонентов диполя  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ . Для системы Франка составляющие вектора сердца выражаются формулами:

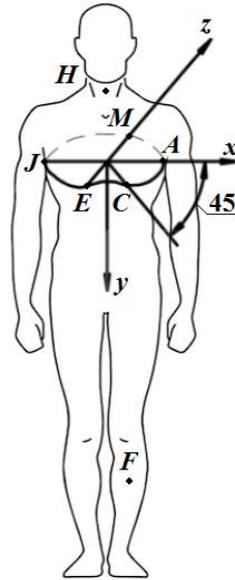


Рис. 1 – Расположение электродов на теле по 7-электродной системе Франка

$$\begin{aligned} VX &= 0,781VI - 0,171VC - 0,610VA; \\ VY &= 0,264VI + 0,374VE + 0,231VC - 0,133VA - 0,736VM; \\ VZ &= 1,0VH - 0,655VF - 0,345VM. \end{aligned}$$

Для получения векторов отведений  $VX$  и  $VY$ , параллельных осям  $x$  и  $y$  или компонентам  $px$  и  $py$ , используются по три электрода –  $A, C, I$  и  $H, F, M$  соответственно, а для получения вектора  $VZ$ , параллельного оси  $z$  или компоненту  $pz$ , – все пять электродов поперечного уровня.

Важное значение также имеют критерии, которые могут характеризовать вид петли ВЭКГ и ее отклонение от нормы. Рассмотрим эту задачу на примере  $QRS$ -комплекса [9]. При диагностике контролируют два параметра: площадь петли и длину контура петли. Закон изменения дипольного момента  $D$  интегрального электрического вектора (ИЭВ) будет:

$$D = c \begin{pmatrix} R \frac{\cos^2 \frac{\theta + \varphi}{2}}{\cos \varphi} - T \frac{\sin^2 \frac{\theta + \varphi}{2}}{\cos \varphi} \end{pmatrix}, \tag{1}$$

где  $R$  и  $T$  – амплитуды зубцов ЭКГ,  $\theta$  – угол поворота ИЭВ в процессе кардиоцикла,  $\varphi$  – угол наклона электрической оси сердца;  $c$  – переводной размерный коэффициент.

Площадь петли  $QRS$  вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} S_{QRS} &= \int_0^{\theta_K} \int_{\theta_H}^{D\theta_K} DdDd\theta = \frac{1}{2} \int_{\theta_H}^{\theta_K} D^2 d\theta = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \times \\ &\times \left( \left( \frac{R^2 + T^2}{2} + \frac{(R - T)^2}{4} \right) \arctg \sqrt{\frac{R}{T}} + \frac{3}{4} (R - T) \sqrt{RT} \right). \end{aligned} \tag{2}$$

Пределы интегрирования по углу  $\theta$  для комплекса  $QRS$ :

$$\theta_H = -2 \arctg \sqrt{\frac{R}{T}} - \varphi, \quad \theta_K = 2 \arctg \sqrt{\frac{R}{T}} - \varphi.$$

Найдем длину годографа вектора  $D$  в комплексе  $QRS$ , то есть длину контура ВЭКГ, определяемую по зависимости:

$$l_{QRS} = \int_{\theta_H}^{\theta_K} \sqrt{D_2 + \left(\frac{dD}{d\theta}\right)^2} d\theta = \frac{2\Gamma}{\cos\varphi} \int_{t_H}^{t_K} \frac{\sqrt{\left(\frac{R}{T}\right)^2 + t^2}}{\sqrt{(1+t^2)^3}} dt$$

где  $t_H = -\sqrt{\frac{R}{T}}$  и  $t_K = \sqrt{\frac{R}{T}}$  – пределы интегрирования функции  $t = \operatorname{tg}\left\{\frac{\theta + \varphi}{2}\right\}$  в начале и в конце комплекса  $QRS$ . Найдем формпараметр  $FORM$  векторэлектрокардиограммы комплекса  $QRS$  по формуле:

$$FORM = \frac{S_{QRS}}{l^2} = \frac{1}{8} \frac{\left( \left(\frac{R}{T}\right)^2 + 1 + \frac{\left(\frac{R}{T} - 1\right)^2}{2} \right) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{R}{T}} + \frac{3}{2} \left(\frac{R}{T} - 1\right) \sqrt{\frac{R}{T}}}{\left( \int_{t_H}^{t_K} \frac{\sqrt{\left(\frac{R}{T}\right)^2 + t^2}}{\sqrt{(1+t^2)^3}} dt \right)^2} \quad (3)$$

На рис. 2 показан график зависимости формпараметра  $FORM(x)$  от отношения амплитуд зубцов  $x=R/T$ . Формпараметр (3) характеризует форму проекции петли  $QRS$ , положение петли и ее форму в пространстве.

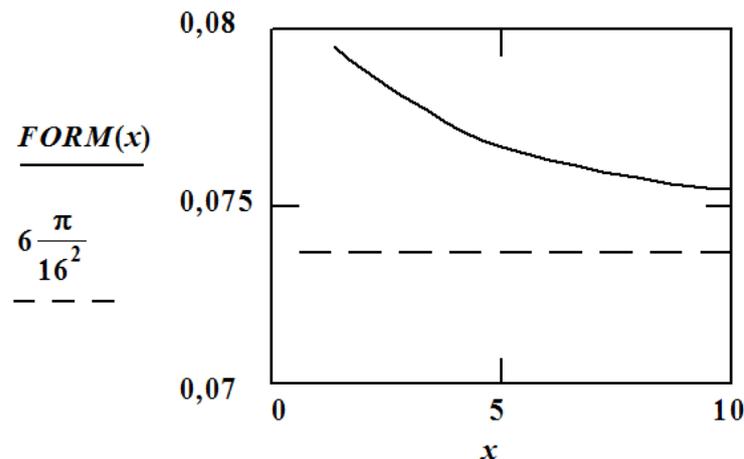


Рис. 2 – Зависимость формпараметра  $FORM(x)$  проекций ВЭКГ от отношений амплитуд зубцов электрокардиограммы  $x$

Из графика видно, что формпараметр уменьшается при росте соотношения  $x=R/T$ . При  $x \rightarrow \infty$  формпараметр приближается к предельному значению  $3\pi/128$ . Для практического использования графической зависимости формпараметра  $FORM(x)$  (рис.2) проводятся исследования по выяснению связи этой величины с различными патологиями сердца.

Перспективы развития векторкардиографии, как одного из диагностических методов, очень широки. Это направление абсолютно ново и уникально. В течение нескольких минут можно зарегистрировать приближение кривой ВЭКГ к норме, сопровождающейся благоприятным воздействием лекарственного препарата на организм пациента.

Предложенные математические модели и алгоритмы обработки информации в виде результатов разработки моделей формпараметра ВЭКГ и модели кардиогенератора для анализа векторкардиограммы могут быть использованы для повышения метрологических характеристик, чувствительности и помехоустойчивости при совершенствовании существующих измерительных каналов векторкардиографов.

### Список литературы

1. Белая И.Е., Коломиец В.И., Манищенкова Ю.А. Прогностическая значимость векторкардиографического исследования у больных с острым инфарктом миокарда // Медицина неотложных состояний. 2019. №5 (100). С. 84-89.
2. Юрасова Е.С., Сахнова Т.А., Чазова И.Е., Царева Н.А., Авдеев С.Н., Атьков О.Ю. Корригированная ортогональная векторкардиография в диагностике легочной гипертензии // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2005. №6-1. С. 38-44.
3. El-Bokl, Amr & Hiremath, Gurumurthy & Cortez, Daniel. (2021). Is derived vectorcardiography a potential screening tool for pulmonary hypertension?. Journal of Electrocardiology. 70. 10.1016/j.jelectrocard.2021.12. 004.
4. Fernández, Juan & Spagnuolo, Damián & Politi, María & Tello Santacruz, Iván & Schiavone, Miguel & Monié, César & Avaca, Horacio & Chara, Osvaldo. (2022). Vectorcardiography-derived index allows a robust quantification of ventricular electrical synchrony. Scientific Reports. 12. 9961. 10.1038/s41598-022-14000-8.
5. El-Bokl, Amr & Cortez, Daniel. (2021). Vectorcardiography as a prognostic tool in hypertrophic cardiomyopathy. Journal of Electrocardiology. 68. 80-84. 10.1016/j.jelectrocard.2021.08.004.
6. Фейсханова Л.И., Ибрагимова Л.Г., Тютюгина Ю.В. Особенности кардиальной патологии у пациентов со вторичным остеоартрозом на фоне ревматоидного артрита // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2020. Т.19. №2. С. 61-66.
7. Титомир Л.И., Рутткай-Недецкий И. Анализ ортогональной электрокардиограммы. М.: Наука, 1990. 198 с.
8. Макаров Л.М. Холтеровское мониторирование (руководство для врачей по использованию метода у детей и лиц молодого возраста). М.: Медпрактика, 2000. 216 с.
9. Бердников А.В., Тюрина М.М., Зарипова Р.С. Математическое моделирование алгоритмов обработки информации кардиогенератора / Научно-технический вестник Поволжья. 2023. №1. С. 12-15.
10. Шкиндеров М.С., Нуриев М.Г., Гизатуллин З.М. Сквозное прогнозирование помехоустойчивости систем контроля и управления при внешних электромагнитных воздействиях / Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2016. № 2 (30). С. 26-37.
11. Хайруллин А.М., Зарипова Р.С. Цифровое будущее медицины / Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Казань, 2021. С. 295-297.
12. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Интеллектуальные системы в медицине / Интеллектуальные информационные системы: теория и практика: сборник научных статей по материалам II Всероссийской конференции. Курск, 2021. С. 94-101.

1.2.2.

**А.В. Волков канд. техн. наук, М.В. Кудашкина, Т.А. Захватова**

Национальный исследовательский  
Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева,  
Институт электроники и светотехники,  
кафедра информационной безопасности и сервиса,  
elsoldador@rambler.ru, rysenok888@mail.ru, tatyana.zahvatova123@gmail.com

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ЗА СЧЁТ ЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА**

*Сегодня обнаружение явления акустического резонанса остается достаточно серьёзным вопросом, который требует детальной проработки. Отсутствует понимание физической причины возникновения данного явления, которое создало бы надежную математическую модель. Для оценки возникновения акустического резонанса часто используется сигнатурный анализ по параметрам разряда.*

*Чтобы экспериментально получить акустический резонанс, частота питания должна быть равна частоте акустического резонанса самой лампы. Однако на самом деле, чтобы преодолеть быстрое затухание волны, мощность, подаваемая на этой частоте, должна превышать пороговое значение. Данное значение не является априори известным; чтобы определить его, нужно чтобы это значение оставалась ниже критического порога. Также следует определить влияние частоты появления акустического резонанса на основные параметры лампы.*

*В статье представлены результаты математического моделирования процесса возникновения акустического резонанса в натриевой лампе высокого давления и оценки влияния этого явления на основные электрические параметры лампы.*

*Ключевые слова: математическая модель, акустический резонанс, натриевая лампа высокого давления, проводимость лампы.*

### **1. Введение**

В литературе мы можем найти несколько методик для электрического обнаружения акустического резонанса [1,2]. В основном эти методы основаны на обнаружении изменений напряжения, тока и сопротивления лампы или даже измерения геометрической формы деформации дуги разряда. Каждый метод соответствует конкретной цепи питания и измерения. В настоящее время обнаружение путем изменения электрических параметров лампы остается наиболее доступным и простым методом для установки электронных балластов. Тем не менее, существует очень мало статей, которые подтвердили бы высокую чувствительность этого метода обнаружения. В принципе эта чувствительность будет очень слабой при низкой частоте акустического резонанса или когда происходит только начальная стадия образования данного явления.

Следующий метод геометрического обнаружения состоит в измерении степени деформации дуги, вызванной акустическими резонансами. Данный метод основан на установке оптических датчиков вблизи лампы. Все искажения профиля дуги фиксируются при помощи специальных фотодатчиков [3,4].

Нас интересуют методы, связанные с электрическими параметрами, которые легче всего установить в экспериментальную установку.

### **2. Постановка задачи моделирования**

С целью моделирования может быть применен метод измерения амплитуды флуктуации напряжения дуги. В данном случае регистрируются акустические резонансы, используя флуктуацию напряжения дуги, возникающую в результате изменения нескольких

внутренних параметров плазмы разряда. Эта работа была предложена в литературе и взята за основу [5]. Для обнаружения акустического резонанса в лампе на неё подавалось напряжение в синусоидальном режиме с помощью полного мостового преобразователя, с параллельным резонансом LC контуром.

Частота напряжения питания варьируется для определения устойчивых зон без нарушения акустического резонанса между 20 кГц и 30 кГц. Мощность лампы при этом постоянно поддерживается в этом диапазоне частоты питающего напряжения. Когда возникают акустические резонансы, напряжение имеет очень низкую амплитуду. На рисунке 1 показана форма напряжения и тока лампы, на которой видна амплитудная модуляция на низкой частоте, вызванная акустическими резонансами (рисунок 1б), в отсутствие резонанса (рисунок 1а).

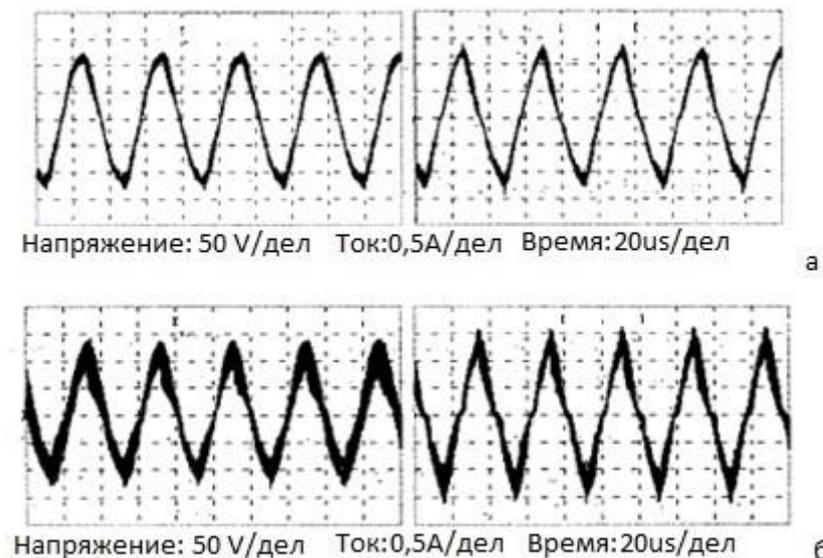


Рис. 1 – Осциллограммы режима возникновения акустического резонанса

Эти формы сигналов получены путем наблюдения на осциллографе напряжения и тока с использованием функции записи временного ряда. Измерения проводились также для разных типов ламп и для разных возрастов ламп. Мы видим, что при акустическом резонансе ток и напряжение подвергаются флуктуациям, которые влияют на неровности в их временной характеристике. Изменение напряжения является более значительным, чем изменение тока.

Для оценки акустических резонансов полученное значение напряжения и тока раскладывается в ряд Фурье для последующего численного анализа. Затем определяются значения стандартного отклонения  $\delta$  напряжения, что является параметром для обнаружения присутствия акустических резонансов. Согласно экспериментальным данным, когда стандартное отклонение превышает фиксированное значение 0,3, существование акустического резонанса считается доказанным.

### Выводы

Рассмотренный метод прост, т.к. для оценки параметров лампы используются стандартные электрические параметры лампы. Тем не менее, для оценки акустического резонанса требуется большое временное окно для сбора данных для их последующей обработки, что означает довольно длительное вычислительное время. Количество точек выборки  $N$  также должно быть тщательно выбрано так, чтобы общий период сбора был кратным периоду сигнала напряжения. Это означает, что  $N$  является переменной с частотой. На практике может потребоваться определение изменения частоты. Напряжение лампы изменяется в зависимости от потребляемой мощности. Поэтому величина значения стандартного отклонения, фактически зависящего от рабочей точки лампы, будет изменяться в зависимости от изменения вышеуказанных характеристик. Мы можем выбрать напряжение относительно каждой операции, чтобы обеспечить допустимое нормированное значение ( $\delta = 0,3$ ) возникновения акустического резонанса в любой рабочей точке, но это снижает

чувствительность его обнаружения. Тем не менее, проведение математического моделирования частот акустического резонанса частично решает проблему и помогает нам проводить соответствующие эксперименты, чтобы определить характеристики акустического резонанса, в частности спектральную составляющую, а также определения величины стандартного отклонения.

#### **Список литературы**

1. *Zhou J., Ma L. and Qian Z.* “A novel method for testing acoustic resonance of HID lamp”, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1999, APEC '99, Fourteenth Annual Volume 1, 14-18 March 1999 Page(s):480 – 485.
2. *Yan Jiang; Miaosen Shen; Hua Li; Zhaoming Qian;* “An adaptive acoustic resonance free electronic ballast for HID lamps”, Industry Applications Conference, 2003. 38th IAS Annual Meeting. Conference Record of the volume 2, 12-16 Oct. 2003 Page(s):1020 – 1024.
3. *Antón JC, Blanco C, Ferrero F, Viera J, Bordel N. et Martín A.,* « Acoustic Resonance Band Detection Workbench for HID Lamps », Industry Applications, IEEE Transactions on Volume 43, Issue 5, Sept.-oct. 2007, Page(s):1191 – 1198.
4. *Kaiser W., Paulino Marques R., Correa A.F.* «An Alternative Optical Method for Acoustic Resonance Detection in HID Lamps”, Industry Applications Society Annual Meeting, Oct, 2009. IAS 2009, Page(s):1-6.
5. *Moo C.S., Huang C.K., Hsiaoyu.N.* “High-frequency electronic ballast with auto-tracking control for metal halide lamps”, Industry Applications Conference, 2003. 38th IAS Annual Meeting. Conference Record of the Volume 2, 12-16 Oct. 2003 Page(s):1025 – 1029.

1.2.2.

**Х.М. Гукетлов, А.Х. Баджмук, А.М. Баккуев, И.А. Оришев**ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,  
123guket@mail.ru**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СВЕТОПРОПУСКАНИЯ  
ТОЧЕЧНОГО ЗЕНИТНОГО ФОНАРЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ  
ОТ ПРЯМОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СОЛНЦА**

На основе проведенных экспериментальных исследований с использованием метода физического моделирования под искусственным небосводом НИИСФ г. Москва и метода математического планирования эксперимента была получена аналитическая зависимость коэффициента светопропускания от прямой составляющей солнечного света, характеризующая взаимосвязь высоты стояния солнца, геометрических и светотехнических параметров точечных зенитных фонарей.

Ключевые слова: коэффициент светопропускания, искусственный небосвод, зенитный точечный фонарь, математическое планирование эксперимента.

В отличие от облачного неба, при ясном небе световой поток, падающий на входную полость светового проема складывается из двух составляющих: потока идущего от неба (рассеянной составляющей)  $F^{я.н.}$  и потока идущего от солнца (прямой составляющей)  $F^{\odot}$  (рисунок 1). Суммарный световой поток, поступающий в помещение, определяется по формуле

$$F_{сум.} = F^{я.н.} \tau^{я.н.} + F^{\odot} \tau^{\odot} , \quad (1)$$

где  $\tau^{я.н.}$  – коэффициента светопропускания от рассеянной составляющей светового потока, определяется по [1,2];  $\tau^{\odot}$  – коэффициента светопропускания от прямой составляющей светового потока.

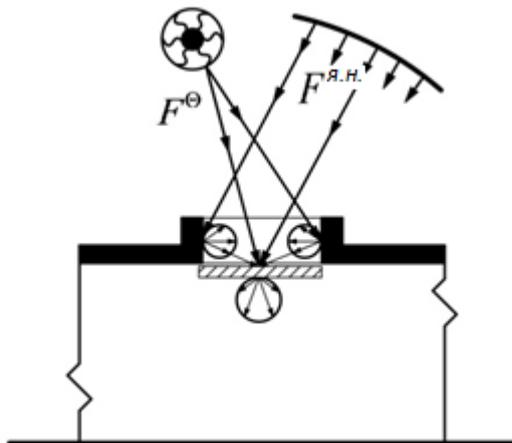


Рис. 1 – Схема прохождения световых потоков через зенитный фонарь при ясном небе

Учитывая сложность перераспределения светового потока от прямой составляющей, при прохождении через проем зенитного точечного фонаря, определение коэффициента светопропускания было осуществлено на основе экспериментальных исследований, на рабочей площадке установки малого «Искусственного небосвода» НИИСФ.

Экспериментальная установка (рис. 2) состояла из движущегося по небосводу – 5 прожектора с параболическим зеркалом – 3, тубуса-цилиндра – 7, коробка – 2 размером 1 x 1 x 1 м, внутренняя поверхность которого была равномерно покрыта белой краской с

коэффициентом отражения  $\rho = 0,85$  и рассеивающая свет по закону Ламберта. В крышке короба были прорезаны два отверстия. В большое отверстие устанавливалась модель светового проема или диафрагма – 4, в другое – фотоэлемент – 1 с экраном – 8. Фотоэлемент подключался к гальванометру – 6.

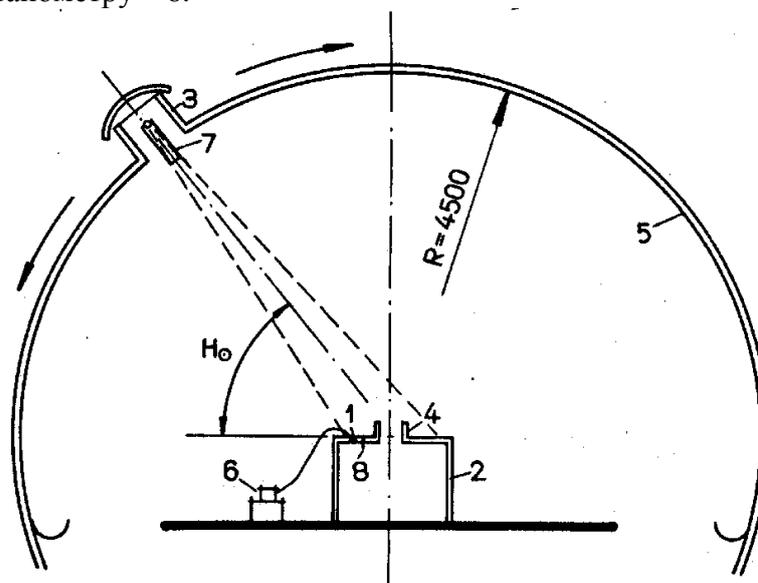


Рис. 2 – Схема экспериментальной установки для измерения коэффициента светопропускания зенитных фонарей

Установка работала по принципу фотометрического шара. Коэффициент светопропускания светового проема зенитного фонаря определялся из соотношения показаний гальванометра  $n_1$ , регистрирующего установившуюся освещенность  $E_1$  после прохождения светового потока через проем зенитного фонаря, к показанию гальванометра  $n_2$ , регистрирующего установившуюся освещенность  $E_2$  после прохождения светового потока через диафрагму.

$$\tau^{\circ} = n_1 / n_2 \quad (2)$$

Для вывода функциональной зависимости коэффициента светопропускания, характеризующей взаимосвязь высоты стояния солнца  $H^{\circ}$ , индекса светового проема фонаря  $i$  и коэффициента отражения стенок фонаря  $\rho$  был применен метод математического планирования эксперимента [3]. Измерения проводились по Д-оптимальному плану для трех независимых переменных,

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}$$

где  $h$  – высота светового проема зенитного точечного фонаря;  $a, b$  – размеры фонаря в плане.

Диапазон изменения первого управляемого фактора  $x_1 = i$  находился в пределах  $0,5 \leq i \leq 6$  и охватывал геометрические пропорции всех унифицированных фонарей.

Диапазон изменения второго управляемого фактора  $x_2 = \rho$  определялся практической целесообразностью отделки стенок проема фонаря  $0,4 \leq \rho \leq 0,8$ .

Диапазон изменения третьего управляемого фактора  $x_3 = H^{\circ}$  охватывал возможные высоты стояния Солнца  $10 \leq H^{\circ} \leq 80$

Как показали предварительные расчеты, диапазон изменения первого управляемого фактора  $x_1 = i$  не позволяет адекватно одним уравнением описать изучаемый процесс. Поэтому интервалы первого управляемого фактора изменялись дважды а)  $0,5 \leq i \leq 2$ , б)  $2 \leq i \leq 6$ .

В соответствии с принятым Д-оптимальным планом исследования трехфакторного процесса была составлена прямоугольная матрица проведения эксперимента для I и II планов на 14 опытах, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица для I и II планов проведения эксперимента

Номера опытов	План эксперимента			Управляемые факторы			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$\rho$	$H^\ominus$	$0.5 \leq i \leq 2$	$2 \leq i \leq 6$
1	+1	+1	+1	0,8	80	2	6
2	-1	-1	+1	0,4	10	2	6
3	+1	+1	-1	0,8	80	0,5	2
4	-1	+1	+1	0,4	80	2	6
5	-1	-1	-1	0,4	10	0,5	2
6	+1	-1	+1	0,8	10	2	6
7	+1	-1	-1	0,8	10	0,5	2
8	-1	+1	-1	0,4	80	0,5	2
9	0	0	-1	0,6	45	0,5	2
10	0	0	+1	0,6	45	2	6
11	-1	0	0	0,4	45	1,25	4
12	+1	0	0	0,8	45	1,25	4
13	0	+1	0	0,6	80	1,25	4
14	0	-1	0	0,6	10	1,25	4

В матрицах планов проведения экспериментов проведено нормирование управляемых факторов по линейным преобразованиям. Переход от действительных значений к нормированным переменным произведен согласно формулы.

$$x_i = \frac{z_i - \frac{b_i + a_i}{2}}{\frac{b_i - a_i}{2}}$$

где  $a_i, b_i$ - определяют диапазон изменения исследуемых переменных  $z_i(i, \rho, H^\ominus)$ , принадлежащих области задания изменения входных факторов.

Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2

Таблица 2 – Матрица и результаты проведения экспериментов

Номера опытов	План эксперимента			Усредненное значение функции $Y_i$ для $0.5 \leq i \leq 2$	Усредненное значение функции $Y_i$ для $2 \leq i \leq 6$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$		
1	+1	+1	+1	0,96	0,98
2	-1	-1	+1	0,56	0,69
3	+1	+1	-1	0,84	0,95
4	-1	+1	+1	0,82	0,96
5	-1	-1	-1	0,04	0,52
6	+1	-1	+1	0,78	0,9
7	+1	-1	-1	0,3	0,78
8	-1	+1	-1	0,63	0,84
9	0	0	-1	0,32	0,79
10	0	0	+1	0,79	0,87
11	-1	0	0	0,58	0,79
12	+1	0	0	0,81	0,93
13	0	+1	0	0,86	0,95
14	0	-1	0	0,4	0,77

Правильность применения статистических оценок для обработки полученных результатов производилась при помощи  $\tau$  распределения. Проверка на воспроизводимость изучаемого процесса выполнялась по критерию Кохрена. Построение математических моделей осуществлялось методом наименьших квадратов. Значимость полученных коэффициентов уравнений регрессий проверялась по критерию Стьюдента, адекватность полученных математических моделей и результатов – по критерию Фишера при доверительной вероятности 95 %.

После реализации планов проведения экспериментов были получены аналитические выражения для определения коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря прямоугольной формы от прямой составляющей Солнца  $\tau^\ominus$ , которые представлено уравнением регрессии вида

Для для I плана проведения эксперимента  $0.5 \leq i \leq 2$

$$\tau^\ominus = -0,14 + 0,759i - 1,172\rho + 0,112H^\ominus - 0,142i^2 + 1,5\rho^2 - 0,0034iH^\ominus - 0,003\rho H^\ominus, \quad (3)$$

Для для II плана проведения эксперимента  $2 \leq i \leq 6$

$$\tau^\ominus = -0,0329 + 0,1255i + 0,8182\rho + 0,00755H^\ominus - 0,00755i^2 - 0,04375\rho i - 0,0003iH^\ominus - 0,00607\rho H^\ominus, \quad (4)$$

На рис. 3,4,5 показано изменение коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря прямоугольной формы для прямого солнечного света  $\tau^\ominus$ , при коэффициенте отражения боковых граней  $\rho = 0,4, 0,6$  и  $0,8$

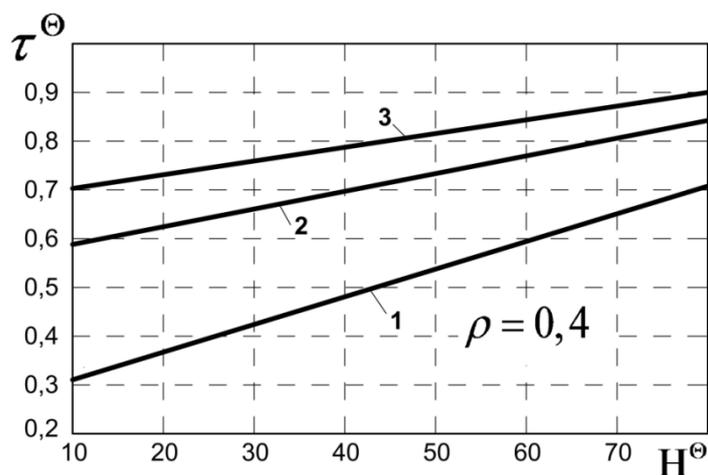


Рис. 3 – Зависимость коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря от высоты стояния Солнца: 1 –  $i = 1$ ; 2 –  $i = 3$ ; 3 –  $i = 6$  при  $\rho = 0,4$

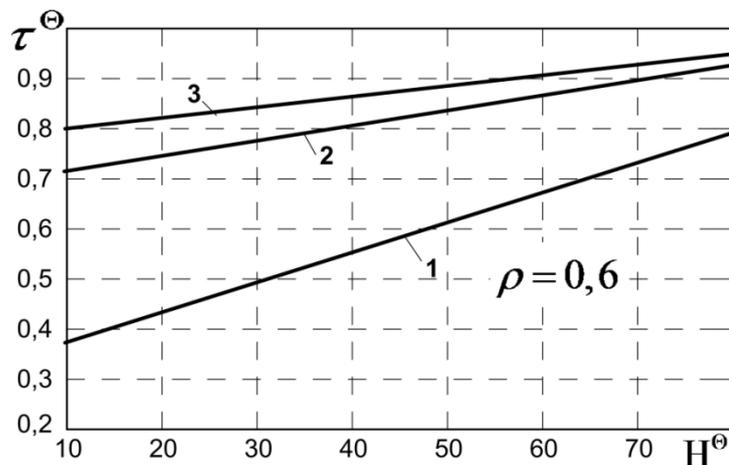


Рис. 4 – Зависимость коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря от

высоты стояния Солнца: 1 –  $i = 1$ ; 2 –  $i = 3$ ; 3 –  $i = 6$  при  $\rho = 0,6$

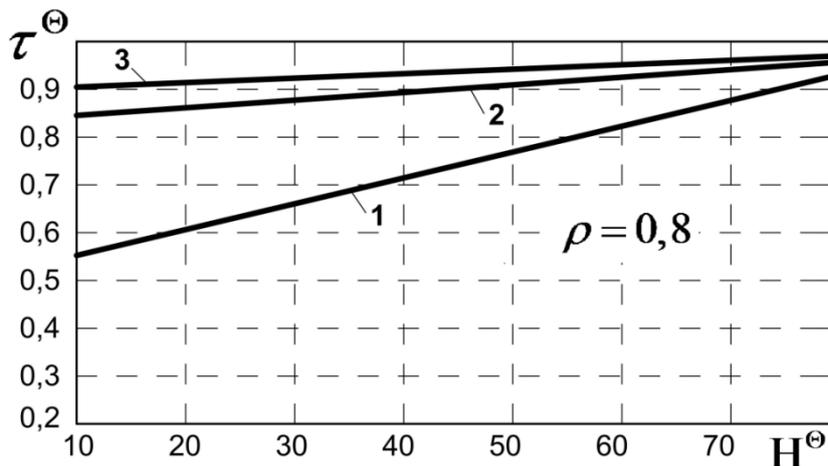


Рис. 5 – Зависимость коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря от высоты стояния Солнца: 1 –  $i = 1$ ; 2 –  $i = 3$ ; 3 –  $i = 6$  при  $\rho = 0,8$

Полученные аналитические зависимости позволят при расчете естественной освещенности в помещениях с зенитными точечными фонарями прямоугольной формы более полно учитывать ресурсы природной световой энергии места строительства, что имеет важное значение при переходе от усредненного учета светового климата к дифференцированному.

#### Список литературы

1. Гукетлов Х.М. Метод дифференцированного учета светового климата при расчете и проектировании верхнего естественного освещения промышленных зданий: Автореферат кандидатской диссертации/ НИИСФ, 1985, 19 с.
2. Гукетлов Х.М., Шогенов О.М., Машукова М.Х., Макушев И.З. К вопросу определения коэффициента светопропускания точечного зенитного фонаря при ясном небе. Научно-технический вестник Поволжья. 2022. №1. С. 79-84.
3. Бережнев Ю.Н., Деревянко Л.П. Рекомендации по планированию экспериментальных исследований горных машин. Донецк: изд. ДОННИГРИ, 1975, 55с.

1.2.2.

**Е.В. Гусев канд. техн. наук**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»,  
Кафедра 610 «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем»,  
Москва, csg-gus@mail.ru

### **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТУРЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*В работе рассмотрен вопрос по разработке математической модели оценки основных количественных показателей надежности восстанавливаемых систем летательного аппарата на основе метода статистического моделирования. Предложен алгоритм и блок-схема по нахождению (прогнозированию) показателей надежности систем летательного аппарата.*

*Ключевые слова: постепенные отказы, внезапные отказы, распределение времени восстановления время восстановления, коэффициент готовности, работоспособное состояние, сложная техническая систем, техническое обслуживание.*

Рассмотрим функционирование аппаратуры, состоящей из  $N$  восстанавливаемых элементов. Моменты отказов элементов аппаратуры образуют случайный поток восстановлений (замен).

Обычно при оценке надёжности аппаратуры предполагается, что число восстановлений в течение рассматриваемого промежутка времени следует закону Пуассона. При этом вероятность  $P_k(\tau, t)$  того, что в интервале времени от момента  $t$  до момента  $t + \tau$  произойдёт ровно  $k$  восстановлений, равна

$$P_k(\tau, t) = \frac{1}{k!} (\varphi\tau)^k \exp(-\varphi\tau) \quad (1)$$

где  $\varphi\tau = A_{cp}$  — среднее число восстановлений за время  $\tau$ .

Однако предположение о справедливости применения закона Пуассона к потоку восстановлений выполняется только в двух случаях: 1) распределение времени безотказной работы элементов аппаратуры подчиняется экспоненциальному закону; 2) законы распределения времени безотказной работы элементов произвольные, но число элементов в аппаратуре достаточно велико. В инженерной практике встречаются случаи, когда в аппаратуре имеется лишь сравнительно небольшое число сменных элементов, которые нужно учитывать при оценке надёжности. Кроме того, законы распределения времени безотказной работы элементов могут заметно отличаться от экспоненциальных в следующих типичных случаях: 1) у элементов, выходящих из строя из-за постепенного изнашивания или старения (элементы с постепенными отказами), плотность вероятности безотказной работы которых обычно имеет максимум при некотором  $t$ ; 2) у сложных элементов, состоящих из группы резервированных элементов ( $n$  основных и  $m$  резервных), при условии, что их отказ (и последующая замена) наступает тогда, когда вышли из строя  $m+1$  элементов. Плотность распределения безотказной работы такого сложного элемента не будет экспоненциальной даже в том случае, когда распределения отдельных составляющих можно считать экспоненциальными. Следовательно, в подобных случаях нельзя использовать распределение Пуассона для определения числа восстановлений на заданном промежутке времени работы аппаратуры и оценки ее надёжности.

Исходными данными для моделирования являются количество элементов различных типов, входящих в состав оцениваемой аппаратуры, и законы распределения времени безотказной работы каждого элемента.

Все элементы аппаратуры разбиваются на 2 группы: — простые, состоящие из одного элемента; — сложные, представляющие собой резервированную группу, состоящую из  $n$  основных и  $m$  резервных элементов.

Отказавшие элементы немедленно заменяются новыми с аналогичными законами распределения времени безотказной работы. В результате работы алгоритма по моделированию получим оценку таких характеристик аппаратуры как: коэффициент характера отказов  $A(t)$ ; интенсивность восстановления  $\Lambda(t)$ ; среднее число восстановлений  $n(\tau, t)$ ; вероятность отсутствия отказов  $P_0(\tau, t)$ ; момент времени  $T_{уст}$ , после наступления которого устанавливается стационарный режим работы систем и представленные выше параметры стабилизируются. Процесс моделирования восстанавливаемой аппаратуры можно описать следующим образом. Рассматривается функционирование аппаратуры в течение длительного промежутка времени  $T$ . Отрезок времени  $T$  разбивается на небольшие интервалы времени  $\tau$ , и с помощью случайных чисел реализуется поток восстановлений (замен) отказавших элементов. При этом на каждом интервале  $\tau$  подсчитывается количество восстановлений и число отказов постепенного характера и определяются интенсивность потока восстановлений, коэффициент характера отказов и вероятность безотказной работы в течение заданного промежутка времени. Многократная реализация процесса на ЭВМ позволяет получить статистически устойчивые результаты моделирования и определить момент установления стационарного режима работы  $T_{уст}$ . Блок-схема моделирующего алгоритма представлена на рис. 1. На схеме приняты следующие обозначения:  $t_k$  — конец  $k$ -го интервала времени длительностью  $\tau$ ;  $k$  — число интервалов;  $n(t_k)$  — число отказов (восстановлений) на  $k$ -м интервале времени  $\tau$ ;  $n_{п}(t_k)$  — число постепенных отказов на  $k$ -м интервале;  $\Sigma r_k$  — счётчик количества реализаций, в которых на  $k$ -м интервале  $\tau$  были отказы;  $N_p$  — количество реализаций алгоритма;  $k_{mp}$  — требуемое число интервалов  $\tau$ ;  $\varepsilon_{mp}$  — допустимая величина разности между числом восстановлений в двух соседних интервалах.

После проведения определённого количества реализаций алгоритма  $N_{pmp}$ , в результате которых получены достаточно устойчивые статистические данные о числе отказов (восстановлений) элементов на каждом интервале времени  $\tau$ , определяется момент установления стационарного режима работы аппаратуры.

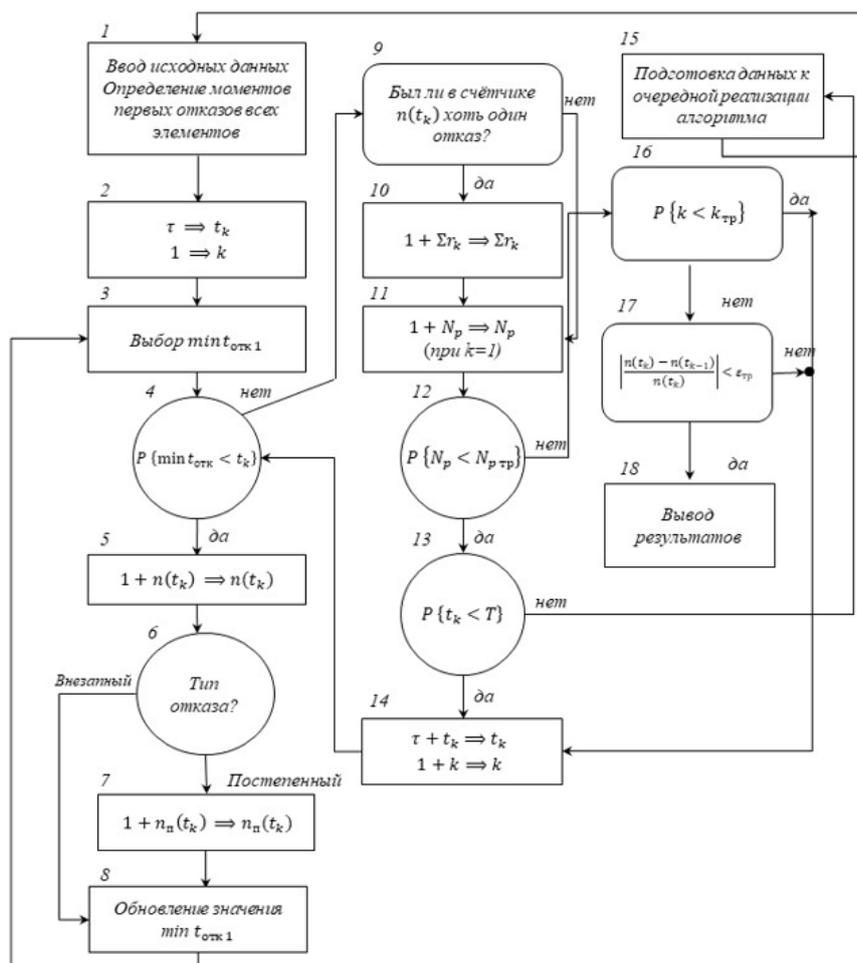


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма для оценки надёжности восстанавливаемой аппаратуры  
В качестве результатов моделирования выдаются следующие величины:

- коэффициент характера отказов на  $k$ -м интервале длительностью  $\tau$ :  $A^*(t_k) = \frac{n_n(t_k)}{n(t_k)}$ ,  
 $k = 1, 2, \dots$  (2)

- интенсивность потока отказов на  $k$ -м интервале  $\Lambda^*(t_k) = \frac{n(t_k)}{N_p \tau}$ , (3)

- вероятность отсутствия отказов на  $k$ -м интервале:  $P_0^*(\tau, t_k) = 1 - \frac{\Sigma r k}{N_p}$ , (4)

- среднее количество замен на  $k$ -м промежутке:  $n^*(\tau, t_k) = \frac{n(t_k)}{N_p}$  (5)

- момент установления стационарного режима работы  $T_{уст}^* = t_k$ , при котором выполняется условие  $\varepsilon < \varepsilon_{тр}$ .

Для реализации алгоритма на ЭВМ необходимо иметь следующие исходные данные: общее число элементов аппаратуры  $N$  (простых и сложных); законы распределения времени безотказной работы каждого элемента; специальные признаки, характеризующие вид закона распределения времени безотказной работы элемента (признак "а"), наличие и количество резерва у каждого элемента (признак "б") и условия работы (нагруженность) резервных элементов (признак "д"); длительность интервала  $\tau$ ; общее время рассмотрения процесса в одной реализации  $T$ ; число интервалов  $k_{тр}$ , после которых осуществляется оценка точности результатов; количество реализации алгоритма  $N_p$  тр, после которых оценивается точность результатов; требуемое значение относительной погрешности  $\varepsilon_{тр}$ .

**Заключение.** В статье рассмотрен метод оценки надёжности систем летательных аппаратов с восстановлением. В результате работы алгоритма, реализованного с помощью метода статистического моделирования определены основные параметры, определяющие надёжность восстанавливаемой аппаратуры, которые позволяют количественно оценить

характеристики надёжности аппаратуры в любой момент времени (с учётом переходного режима) и определить момент их стабилизации (начало установившегося режима).

С помощью полученных параметров нетрудно определить общее количество запасных элементов, необходимых для обеспечения нормального функционирования аппаратуры в течение времени  $t$ . Предложенный алгоритм может быть использован для прогнозирования потребного количества запасных элементов и принадлежностей.

#### **Список литературы**

1. *Емелин Н.М.* Отработка систем технического обслуживания летательных аппаратов. Москва: Машиностроение, 1995, 128 с.
2. *Гусев Е.В., Золотов А.А., Родченко.* Прогнозирование ресурса многоцветных летательных аппаратов // Общероссийский научно-технический журнал Полет, 2022 г., №5, стр. 22-32.
3. *Половко А.М., Гуров С.В.* Основы теории надёжности. Санкт-Петербург: БВХ-Петербург, 2006, 702 с.
4. *Сугак Е.В., Василенко Н.В.* Надёжность технических систем. Красноярск: МГП Раско, 2001, 42 с.
5. *Никушкин Н.В., Кацура А.В.* Решение задачи моделирования систем технического обслуживания летательных аппаратов // Вестник СибГАУ, №. 4(11), 2006. с. 46-49
6. *Гусев Е. В., Родченко В. В.* Разработка модели выявления неисправностей в процессе проведения технического обслуживания систем летательных аппаратов // Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. Т. 22, № 4. С. 638–648. Doi: 10.31772/2712-8970-2021-22-4-638-648
7. *Гусев Е.В.* «Разработка математической модели надёжности систем летательного аппарата с учетом постепенных и внезапных отказов» // Научно-технический вестник Поволжья, Vol. 11, август 2022. с. 13-15.

1.2.2.

**С.В. Ерохин, В.А. Левин**

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет,  
кафедра высшей математики,  
Москва, ErokhinSV@mgsu.ru

### **НЕОДНОРОДНОЕ УРАВНЕНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ ВЯЗКОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ**

*Рассматривается неоднородное уравнение ползучести, возникающее из обобщённой модели Фойгта, содержащее дробную производную Римана-Лиувилля порядка  $0 < \beta < 1$ . Для численного решения используется преобразование Лапласа.*

Ключевые слова: *математическое моделирование, неоднородное дифференциальное уравнение, дробная производная Римана-Лиувилля, преобразование Лапласа.*

#### **Введение**

Ползучесть материалов представляет собой изменение с течением времени деформации твёрдого тела под воздействием постоянной нагрузки. С математической точки зрения это означает, что зависимость между напряжениями и деформациями материала содержит время в явном виде или посредством операторов.

Важнейшей задачей, возникающей при проектировании новых и обследовании существующих зданий и сооружений, является прогнозирование их срока службы, а также определение реальной картины деформирования конструкций во времени. Решение этой задачи невозможно без построения адекватного метода математического моделирования ползучести.

Модели со стандартными вязкими и упругими элементами (модель Маквелла, Фойгта, Зенера и др.) не всегда адекватно соответствуют экспериментальным данным, хотя многие состоят из большого числа элементов и содержат много параметров.

Модель с использованием производной дробного порядка является наиболее подходящей для описания ползучести материалов, обладающих вязкоупругими свойствами. К таковым, например, относятся некоторые виды полимеров, бетонов и др. Возникающие при этом дифференциальные уравнения дробного порядка требуют специальных методов решения.

Основополагающими для современной теории дробного исчисления в вязкоупругости считаются работы [1]. Идеи, заложенные в них, были в дальнейшем развиты во многих последующих работах, например, [2] для моделирования систем с демпфированием.

Обзор моделей ползучести с вязкоупругими элементами представлен в работе [3]. В свою очередь, математический аппарат, необходимый для исследования уравнений с производными дробного порядка также непрерывно развивается, с последними результатами можно ознакомиться в фундаментальной работе [4].

#### **Неоднородное дробное дифференциальное уравнение ползучести**

Для наилучшего описания ползучести воспользуемся обобщенной моделью Фойгта, в которой вязкий элемент заменен вязкоупругим (Рис.1).

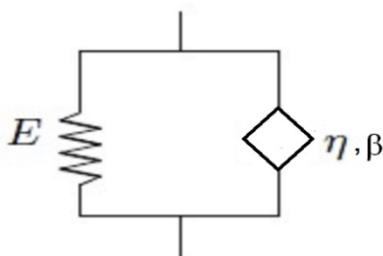


Рис. 1 – Обобщенная модель Фойгта

В данной работе рассмотрим моделирование и численное решение задачи обобщенной модели Фойгта (рис. 1) в которой вязкий элемент заменен вязкоупругим, а нагрузка является периодической. Такие условия естественным образом возникают, например, в случае суточных или сезонных изменений нагрузок. Уравнение ползучести при периодической (синусоидальной) нагрузке с постоянным напряжением примет вид:

$$\sigma_0 \sin(\omega t) = E \varepsilon(t) + \eta D^\beta \varepsilon(t) \tag{1}$$

Параметр  $\beta$  определяется для конкретного материала по экспериментальным данным, в нашем случае он принимает значение  $0 < \beta < 1$ . Различные методики параметрической идентификации изложены в работе [5]. Для определения дробной производной порядка  $\beta$  воспользуемся определением Римана-Лиувилля [6]:

$$D^\beta \varepsilon(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\beta)} \frac{d}{dt} \int_0^t \varepsilon(\tau) (t-\tau)^{-\beta} d\tau \tag{2}$$

**Численный метод**

Уравнение (1) не имеет аналитического решения, подходы к численному решению подобных уравнений можно найти в работе [7]. По аналогии проинтегрируем уравнение (1) в пределах от 0 до t:

$$\frac{\sigma_0}{\omega} (1 - \cos(\omega t)) = \int_0^t E \varepsilon(\tau) d\tau + \frac{\eta}{\Gamma(1-\beta)} \int_0^t \varepsilon(\tau) (t-\tau)^{-\beta} d\tau \tag{3}$$

Для получившегося уравнения интегрального уравнения (3) выполним преобразование Лапласа. Переходя от оригинала к изображению по следующим формулам:

$$\begin{aligned} 1 &\doteq \frac{1}{p} \\ \cos(\omega t) &\doteq \frac{p}{p^2 + \omega^2} \\ \int_0^t E \varepsilon(\tau) d\tau &\doteq \frac{F(p)}{p} \\ \int_0^t \varepsilon(\tau) g(t-\tau) d\tau &\doteq F(p)G(p) \\ t^\beta &\doteq \frac{\Gamma(1+\beta)}{p^{1+\beta}} \end{aligned} \tag{4}$$

Получим следующие уравнение:

$$\frac{\sigma_0}{\omega} \left( \frac{1}{p} - \frac{p}{p^2 + \omega^2} \right) = E \frac{F(p)}{p} + \frac{\eta}{\Gamma(1-\beta)} F(p) \frac{\Gamma(1-\beta)}{p^{1-\beta}} \tag{5}$$

Упростим уравнение (5) и выразим F(p), умножив обе части на  $\frac{p}{\eta}$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_0}{\eta} \left( \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} \right) &= \frac{E}{\eta} F(p) + \eta F(p) p^\beta \\ F(p) \left[ p^\beta + \frac{E}{\eta} \right] &= \frac{\sigma_0 \omega}{\eta} \cdot \frac{1}{p^2 + \omega^2} \\ F(p) &= \frac{\sigma_0 \omega}{(p^2 + \omega^2)(\eta p^\beta + E)} \end{aligned} \tag{6}$$

Рассмотрим простую модельную задачу с простыми коэффициентами, где  $\eta = E = \sigma_0 = 1$ . Для дальнейшего вычисления разложим изображение в ряды бесконечно убывающих геометрических прогрессий, в окрестности нуля:

$$\begin{aligned} F(p) &= \omega \cdot \frac{1}{p^{2+\beta}} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{p}\right)^2} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{E}{\eta p}\right)^\beta} = \\ &= \omega \cdot \frac{1}{p^{2+\beta}} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\omega^{2n}}{p^{2n}} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{E}{\eta}\right)^{\beta n} \frac{1}{p^{\beta n}} \end{aligned} \tag{7}$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\omega^{2n+1}}{p^{2n+2}} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{p^{\beta n + \beta}}$$

Перейдем от произведения сумм к двойной сумме:

$$\begin{aligned} F(p) &= \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\omega^{2n+1}}{p^{2n+2}} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \left(\frac{E}{\eta}\right)^{\beta n} \frac{1}{p^{\beta n + \beta}} = \\ &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+k} \left(\frac{E}{\eta}\right)^{\beta k} \frac{\omega^{2n+1}}{p^{2n+\beta k+2+\beta}} \end{aligned} \quad (8)$$

Переходя обратно от изображения к оригиналу функции по формуле:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{p^{n+1}} \cong \sum_{n=0}^{\infty} \frac{t^n}{\Gamma(n+1)} \quad (9)$$

Получим решение уравнения (1) в виде двойного ряда:

$$\varepsilon(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+k} \cdot \omega^{2n+1} \cdot \left(\frac{E}{\eta}\right)^{\beta n} \cdot \frac{t^{2n+\beta k+1+\beta}}{\Gamma(2n+\beta k+2+\beta)} \quad (10)$$

Для получения приближенного решения возьмем конечное число членов из ряда, пусть  $N = 20$  и  $K = 50$ .

График численного решения изображен на рис. 2.

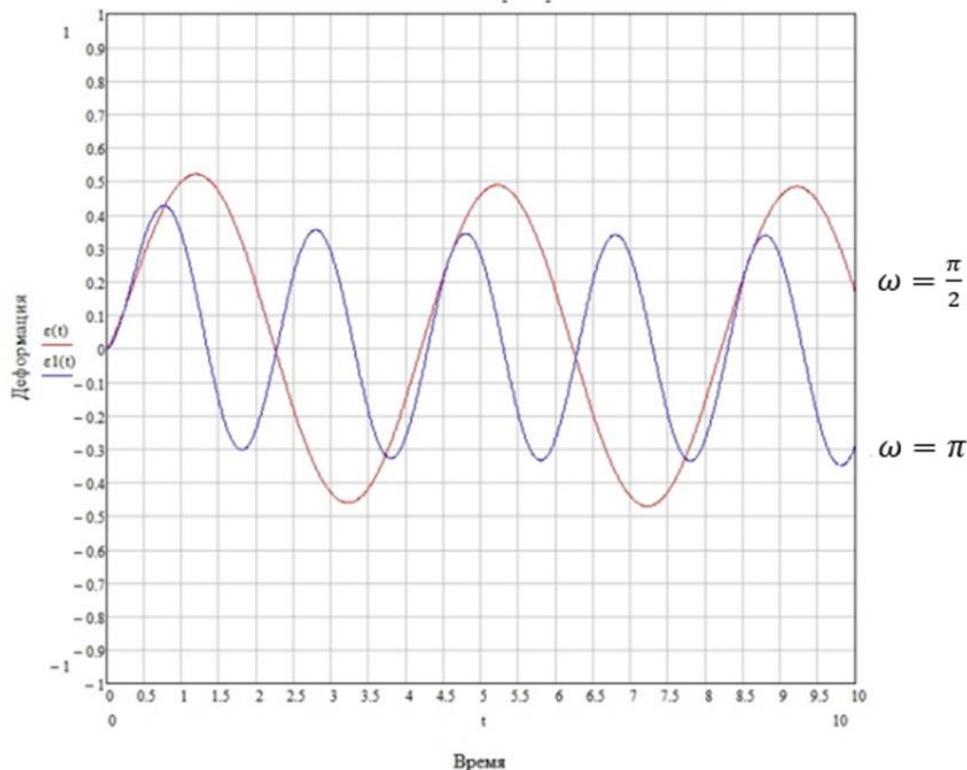


Рис. 2 – График решения при  $\beta = 0,8$ ;  $\omega = \frac{\pi}{2}$ ,  $\omega = \pi$

**Список литературы**

1. Bagley R.L., Torvik P.J. A theoretical basis for the application of fractional calculus to viscoelasticity. *J. Rheolog.*, v. 27, No. 3, 1983, 201–203 pp.
2. Ingman D., Suzdalnitsky J. Control of damping oscillations by fractional differential operator with time-dependent order. / *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 193 (2004) 5585–5595.
3. Xianglong Su, Wenxiang Xu, Wen Chen, Haixia Yang. Fractional creep and relaxation models of viscoelastic materials via a nonnewtonian time-varying viscosity: physical interpretation // *Mechanics of Materials*. — 2019. — Vol. 140.
4. Bangti Jin. *Fractional Differential Equations An Approach via Fractional Derivatives*, Springer, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-76043-4>
5. Ogorodnikov E.N., Radchenko V.P., Ungarova L.G. Mathematical models of nonlinear viscoelasticity with operators of fractional integro-differentiation. *PNRPU Mechanics Bulletin*, 2018, no. 2, pp. 147-161. DOI: 10.15593/perm.mech/2018.2.13
6. Kilbas A.A., Srivastava H.M., Trujillo J.J. *Theory and applications of fractional differential equations*. Amsterdam: Elsevier, 2006. 523 pp.
7. Aleroev T., Erokhin S. On Some Solutions of the Nonhomogeneous Bagley-Torvik Equation. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing* Vol. 10, No. 01, 1941002 (2019)

1.2.2.

**В.А. Иванов**

Бугульминский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
кафедра технологические машины и оборудование,  
Бугульма, vladivanov56@yandex.ru

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОТДАЧИ В СИСТЕМЕ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*В системе жидкостного охлаждения двигателей внутреннего сгорания возможно существование всего спектра режимов теплоотдачи от свободно-конвективного теплообмена до теплообмена в диабатическом вскипающем потоке. Точное определение режима теплоотдачи необходимо по ряду причин, из которых главная – правильный выбор конструктивных решений для управления температурным уровнем охлаждаемых деталей и поверхностей трения. Критерии для определения режимов теплоотдачи разработаны недостаточно. Предложенная физико-математическая модель позволяет определить условия, при которых теплоотдача в полостях охлаждения осуществляется либо в режиме однофазной вынужденной конвекции, либо в режиме поверхностного кипения. В качестве варьируемых величин выбраны массовая скорость теплоносителя (воды) и другие термодинамические параметры, входящие в выражение для массовой скорости.*

Ключевые слова: *плотность теплового потока, температура недогрева охлаждающей жидкости, массовая скорость потока, адиабатическое и диабатическое кипение.*

Условия теплообмена в системе жидкостного охлаждения двигателей внутреннего сгорания задаются следующей совокупностью параметров:

Температурной охлаждаемой поверхности:  $t_{ст} = 90 - 200^{\circ}\text{C}$

Температурой теплоносителя (далее воды):  $t_T = t_B = 50 - 125^{\circ}\text{C}$

Скоростью движения воды:  $u = 0,1 - 1 \text{ м/с}$

Плотностью теплового потока:  $q = 50 - 500 \text{ кВт/м}^2$

Давлением в системе охлаждения:  $P = 1,0 - 2,0 \text{ бар}$  (и выше в двигателях с высокотемпературным охлаждением).

При данных термодинамических параметрах возможен весь спектр режимов теплоотдачи: от свободно-конвективного теплообмена до теплообмена в диабатическом вскипающем потоке. Это даёт различие в коэффициентах теплопередачи на 1,5 - 2 порядка. Этим и объясняются, по-видимому, большое различие в экспериментальных данных, которые приводятся в литературе.

Критерии для идентификации режимов теплоотдачи разработаны недостаточно. Обычно считается что, если  $t_{ст} > t'$  то существует поверхностное кипение, а при  $t_{ст} \leq t'$  - один из видов конвективного теплообмена, где  $t'$  - температура насыщения воды при данном давлении.

Однако, экспериментальные данные по обработке температурных полей огневых днищ головок цилиндров дизелей и последующее решение обратной задачи установившейся теплопроводности показали, что несмотря на выполнение условия  $t_{ст} > t'$  уровень теплоотдачи в охлаждающую жидкость не превышает  $1,0 - 2,0 \text{ кВт/м}^2\text{К}$ , что значительно ниже чем при пузырьковом кипении. Причина этого физического эффекта объясняется смещением равновесия в сторону конденсации при увеличении скорости движения теплоносителя и величины недогрева.

Кипение в недогретом потоке – результат взаимодействия двух механизмов парообразования: diabатного, обусловленного полем теплового потока и адиабатного, обусловленного полем давления.

Величину энтальпии недогрева воды, которая соответствует началу кипения, можно определить по эмпирической формуле [1]:

$$h' - h_K = 135 \frac{q^{1,1} d_{\text{э}}^{0,2}}{W^{0,9}} \left(\frac{\rho''}{\rho'}\right)^{0,3}, \text{ где} \tag{1}$$

$W = u \cdot \rho'$  – массовая скорость потока,  $d_{\text{э}} = \frac{4S}{dq}$  – эквивалентный диаметр,  $S$  – площадь поперечного сечения канала,  $dq$  – обогреваемый диаметр,  $\rho', \rho''$  – плотности насыщенной воды и сухого пара,  $h', h_K$  – энтальпия насыщенной воды и величина энтальпии, соответствующая началу поверхностного кипения.

Формула (1) справедлива в широком диапазоне термодинамических параметров ( $P' = 0,1 - 10$  МПа) и геометрии (труба, кольцевая щель).

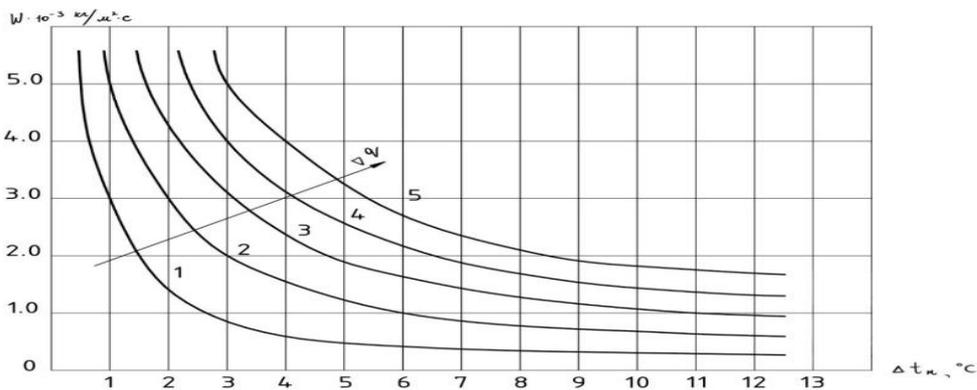
Заменив  $h_K$  в (1) на энтальпию недогретой воды, получим значение массовой скорости соответствующее срыву кипения:

$$Wq = \frac{235q^{1,2} \cdot d_{\text{э}}^{0,3}}{(h' - h_K)^{1,1}} \left(\frac{\rho''}{\rho'}\right)^{0,33} \tag{2}$$

То есть diabатическое кипение в недогретом потоке существует при условии:  $h' - h_K \geq 0$

При заданном тепловом потоке  $q$  и эквивалентном диаметре  $d_{\text{э}}$  массовая скорость  $W$  – функция недогрева

В качестве примера приводится график  $W = W(\Delta t_n)$  для воды при  $P' = 0,1$  МПа ( $P'$  – давление насыщения) и  $d_{\text{э}} = 0,1$  м (Рис.1)



$$1 \rightarrow q_1 = 100 \text{ кВт/м}^2; \quad i \rightarrow q_i = 100 \cdot i \text{ кВт/м}^2; \quad i = \overline{1,5}$$

Рис. 1 – График предельных недогревов, diabатное кипение

Механизм адиабатного вскипания связан с падением давления в потоке до давления насыщения. Если массовая скорость достигает значения [2]:

$$W = W_S = 0,44 \sqrt{\frac{\Delta P_n}{V'}}, \tag{3}$$

где,  $\Delta P_n$  – давление недогрева, МПа, то возникает пристеночное вскипание.

Если в уравнении Клайперона – Клаузиуса дифференциалы заменить конечными разностями:

$$T' \frac{\Delta P_n}{\Delta t_n} = 42,71 \frac{l}{V''}, \text{ то с учётом (3)}$$

$$\text{получим: } W_S = 2,895 \sqrt{\frac{\Delta t_n \cdot l}{T' \cdot V' \cdot V''}}, \tag{4}$$

где  $l$  – скрытая теплота парообразования  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ;  $V'$  и  $V''$  – удельные объёмы насыщенной воды и сухого пара.

Условия  $W = W_S$ , вообще говоря, недостаточно для возникновения кипения в адиабатном потоке. В пристеночной области, благодаря разогреву силами трения метастабильное равновесие смещено в сторону парообразования. Диссипативный разогрев потока  $\Delta t_d$  в

пристеночной области для потока, движущегося со скоростью  $u = 0(1)$ ,  $\Delta t_d$  имеет порядок  $\Delta t_d = 0 (10^{-1})$  [3]. Но такого же порядка перегрев достаточен для образования пузыря на шероховатой поверхности [4].

На рисунке 2 вместе с графиком  $W_q = W_q(\Delta t_n)$  перенесенным с рис.1 имеем параболу  $W = W_S$ , соответствующую адиабатному насыщению потока при данном давлении. Очевидно, что с увеличением давления кривая  $W = W_S$  поднимается вверх.

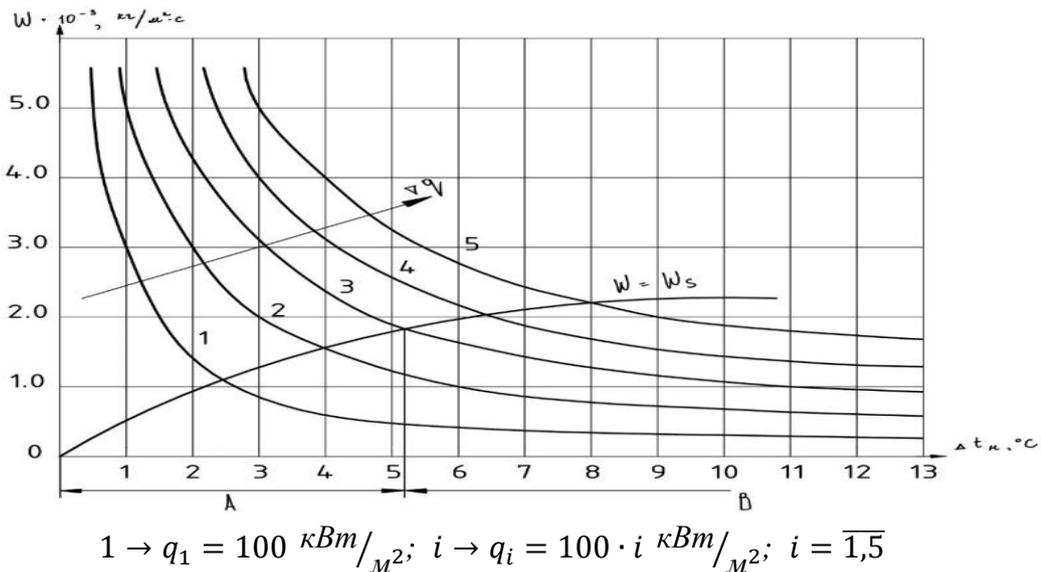


Рис. 2 – Совмещение графиков предельных недогревов адиабатного и диабатного кипения Пусть  $A$  – множество недогревов:  $A = \{\Delta t_n; W_q \geq W_S\}$

$Sup A$  увеличивается с ростом  $q$ . На правой границе  $A$  происходит срыв кипения.

Множество  $B = \{\Delta t_n; W_S > W_q\}$  соответствует значениям  $\Delta t_n$ , при которых кипение на охлаждаемой поверхности не происходит, несмотря на условие  $T_{cm} > T'$ .

При заданном  $W_q$ :  $Inf B > Sup A$  т.е.  $B$  – область больших недогревов,  $A$  – область малых недогревов (Множества  $A$  и  $B$  на рис.2 соответствуют тепловому потоку  $q = 300 \text{ кВт}/\text{м}^2$ ).

Проведём моделирование режимов теплоотдачи только по одному из параметров, входящих в выражение для массовой скорости – давлению.

Пример 1.

Для двигателя 2Ч 9,5/10 на режиме  $N = 16 \text{ кВт}$  ( $N$  – мощность двигателя)  $n = 1500 \text{ об/мин}$ , получены следующие значения термодинамических параметров:

температура воды в контуре систем охлаждения:  $T_b = 363\text{K}$ ;

давление в системе охлаждения:  $P = 0,12 \text{ мПа} = 1,2 \text{ бар}$ ;

Скорость движения воды:  $u = 0,22 \text{ м/с}$ ;

плотность теплового потока:  $q = 50 \text{ кВт}/\text{м}^2$ ; температура охлаждаемой поверхности гильзы:  $T_{cm} = 389\text{K}$ .

Проведём расчёты.

$T' = 100\sqrt[4]{P} + 273 = 378\text{K}$  ( $P$  измеряется в барах);

Недогрев:  $\Delta t_n = T' - T_b = 15\text{K}$ ;

массовая скорость перед фронтом закипания:  $W_S = 1920 \text{ кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ ;

массовая скорость срыва диабатного кипения:  $W_q = 170 \text{ кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ ;

то есть,  $\Delta t_n \in B$  тогда:  $W = 220 \text{ кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ ,  $W > W_q$ .

Кипение сорвано, и теплоотдача проходит в условиях вынужденной конвекции:  $W_S > W > W_q > 0$ .

Будем снижать давление с шагом 0,1 бар

При давлении:  $P = 1 \text{ бар} = 0,1 \text{ Мпа}$ , получим:  $\Delta t_n = 10\text{K}$ ,  $W_q = 269 \text{ кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$  т.е. пристеночное парообразование сохраняется.

**Пример 2.**

Для дизеля 6 ЧН 12/14 на режиме  $N = 59 \text{ кВт}$ ,  $n = 1500 \text{ об/мин}$  получены следующие значения параметров, характеризующих теплообмен головки цилиндров:  $T_{cm} = 443 \text{ К}$ ,  $P = 0,1 \text{ МПа} = 1 \text{ бар}$ ,  $T_e = 368 \text{ К}$ ,  $q = 200 \text{ кВт/м}^2$ ,  $d_{\text{э}} = 0,1 \text{ м}$ ,  $u = 0,05 \text{ м/с}$ . Проведя аналогичные расчёты получим:  $W_s = 1920 \text{ кВт/с} \cdot \text{м}^2$ ,  $W_q = 6680 \text{ кВт/с} \cdot \text{м}^2$ ,  $W = 50 \text{ кВт/с} \cdot \text{м}^2$ , т.е.  $W_q > W_s > W > 0$ ,  $\Delta t_n \in A$ .

Теплообмен происходит в области малых недогревов. Срывов кипения нет. Будем увеличивать давление с шагом 0,1 бар. При достижении давления  $P = 2 \text{ бар}$  недогрев  $\Delta t_n$  составит 25 К и при прочих неизменных условиях происходит срыв кипения.

**Выводы.**

Предложенная физико-математическая модель позволяет определять необходимые и достаточные условия теплообмена в системе жидкостного охлаждения ДВС, при которых теплоотдача в полостях охлаждения осуществляется либо в режиме вынужденной однофазной конвекции, либо в режиме поверхностного кипения.

**Список литературы**

1. Справочник по теплопередаче/ С.С. Кутателадзе, В.М. Борищанский-М.: Книга по требованию, - 2012.- 415с.
2. Зысин Ю.А., Баранов Г.А., Барилович В.А., Парфенова Т.Н. Вскипающие адиабатные потоки. М.: Атомиздат, - 1976.-156с.
3. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. М.: Высшая школа, - 1986. -448с.
4. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. М.: ИД МЭИ, - 2016.-384с.

1.2.2.

**Р.З. Хайруллин**

Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет,  
Мытищинский филиал,  
кафедра фундаментального образования,  
zrkzrk@list.ru,  
Главный научный метрологический центр Минобороны России,  
Мытищи

**ОБ ОДНОЙ ТЕРМОДИНАМИКО – МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ**

*Установлена термодинамико – метрологическая аналогия между функцией распределения температуры в однородном бесконечном стержне и функцией плотности условной вероятности распределения определяющего параметра средства измерений. Проведен анализ термодинамической и метрологической модели.*

Ключевые слова: *средство измерений, метрология, термодинамика, диффузионная модель.*

Физические аналогии по своей сути являются проявлением единства законов классической физики, базирующихся на ее постулатах, основных уравнениях и принципах. Метод аналогий – это один из многих универсальных приемов, который позволяет глубже понять природу, суть и особенности изучаемых процессов и систематизировать физические величины [1].

В основе рассматриваемой в статье аналогии лежат схожие диффузионные процессы: а) процессы, происходящие вследствие физико – химических явлений в узлах, механизмах и элементах средств измерений (СИ) (окисление, электролитическая коррозия и т.д.) и являющиеся причиной дрейфа определяющего параметра (ОП), в качестве которого часто выбирается погрешность СИ; б) диффузионные процессы распространения тепла в однородном бесконечном стержне.

В [2] представлена диффузионная модель дрейфа ОП СИ. Процесс изменения ОП  $x(t)$  аппроксимируется непрерывным марковским процессом диффузионного типа и описывается стохастическим дифференциальным уравнением Ито [3]:

$$dx(t) = K_1(x, t)dt + K_2(x, t)d\eta(t), \quad (1)$$

где  $K_1(x, t)$  – коэффициент сноса и  $K_2(x, t)$  – коэффициент диффузии, которые задаются детерминированными функциями, зависящими в общем случае от величины ОП  $x$  и времени  $t$ ;  $\eta(t)$  – случайная составляющая гауссовского типа [3].

Условная переходная плотность  $\omega(x, t)$ , соответствующая процессу  $x(t)$  (1), описывается уравнением Фоккера-Планка-Колмогорова [3]:

$$\frac{\partial \omega(x, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} [K_1(x, t) \cdot \omega(x, t)] + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} [K_2(x, t) \cdot \omega(x, t)]. \quad (2)$$

В уравнении (2) влияние физико – химических явлений на ОП реализуется через коэффициенты  $K_1(x, t)$  и  $K_2(x, t)$ . При задании этих коэффициентов в общем виде уравнение (2) может быть решено только численно. Аналитическое решение существует лишь в некоторых частных случаях задания указанных переменных коэффициентов [3].

Пусть  $K_1(x, t) = A(t)x + C(t)$ ,  $K_2(x, t) = B(t)$  где  $A(t)$ ,  $B(t)$ ,  $C(t)$  – функции времени. В соответствии с [4] введем новые переменные:

$$\tau = \varphi(t), \quad y = \psi(x, t). \tag{3}$$

Тогда условная плотность распределения вероятности принимает вид:

$$\omega(x, t) = \omega_1(\psi(x, t), \varphi(t)) \cdot |\psi'_x| = \omega_1(y, \tau) \cdot |\psi'_x|,$$

где  $\omega_1(y, \tau)$  – новая функция условной плотности распределения. Подбирая функции  $\varphi(t)$  и  $\psi(x, t)$ , можно определить коэффициенты  $K_1(y, \tau)$  и  $K_2(y, \tau)$  так, чтобы уравнение (2) приняло вид простейшего параболического уравнения с постоянным коэффициентом, равным 0,5 [2]:

$$\frac{\partial \omega_1(y, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \omega_1(y, \tau)}{\partial y^2}. \tag{4}$$

После нахождения функции  $\omega(t, x)$  может быть построен широкий спектр статистических характеристик распределения, в том числе плотность распределения  $f(t)$ , функция распределения  $F(t)$  и интенсивность отказов  $\lambda(t)$ :

$$f(t) = - \int_{-\infty}^{x^*} \frac{\partial \omega(x, t)}{\partial t} dx, \quad F(t) = \int_{-\infty}^t f(\xi) d\xi, \quad \lambda(t) = f(t) / F(t). \tag{5}$$

При задании для уравнения (4) начальных условий в общем виде, задача будет по формулировке совпадать с классической задачей распространения тепла в бесконечном стержне, боковая поверхность которого теплоизолирована [4]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a_T^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad t > 0, \quad u|_{t=0} = \varphi_0(x), \quad -\infty < x < \infty, \tag{6}$$

здесь  $t$  - время,  $x$  - текущая координата поперечного сечения стержня,  $u(x, t)$  - температура в момент времени  $t$  в сечении стержня с координатой  $x$ ,  $a_T^2 = k_T / (c_T \cdot \rho_T)$  - коэффициент температуропроводности,  $k_T$  - коэффициент теплопроводности,  $c_T$  - теплоемкость материала,  $\rho_T$  - плотность материала, из которого изготовлен стержень.

Общее решение задачи теплопроводности (6) представляется интегралом Пуассона [4]:

$$u(x, t) = \frac{1}{2a_T \sqrt{\pi t}} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_0(\xi) \cdot e^{-\frac{(\xi-x)^2}{4a_T^2 t}} d\xi. \tag{7}$$

Отметим, что если в (7) задать  $\varphi_0(\xi) = \delta(\xi - x_0)$  - в виде дельта функции, сосредоточенной в точке  $\xi = x_0$ , и сделать замену:  $x = y$ ,  $t = \tau - \tau_0$ ,  $a_T = 1/\sqrt{2}$ ,  $u(x, t) = \omega_1(y, \tau)$ , то из (7) получается выражение [2,3]:

$$\omega_1(y, \tau) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\tau - \tau_0)}} e^{-\frac{(y-y_0)^2}{2(\tau - \tau_0)}}.$$

Модель с начальным условием в виде  $\delta$  - функции целесообразно применять для моделирования процесса дрейфа ОП в случае, когда выпускаемые на высокотехнологичного приборостроительном предприятии СИ имеют минимальный разброс ОП.

Модель с начальным условием общего вида целесообразно применять для моделирования процесса дрейфа ОП в случае, когда выпускаемые на предприятии СИ, имеют конечный разброс ОП, который может быть описан с использованием функции распределения  $\varphi_0(x)$ .

Обычно в качестве  $\varphi_0(x)$  используется либо усеченное нормальное распределение с математическим ожиданием, кратно меньшим значения  $x = x_0$ , и достаточно малым значением среднего квадратического отклонения, либо равномерное распределение на отрезке  $[p, q]$ , причем  $0 < p < q < x_0$ .

Типичный вид двумерной поверхности условной плотности распределения вероятности  $\omega(x, t)$  для случая задания начального условия в общем виде изображен на рис. 1.

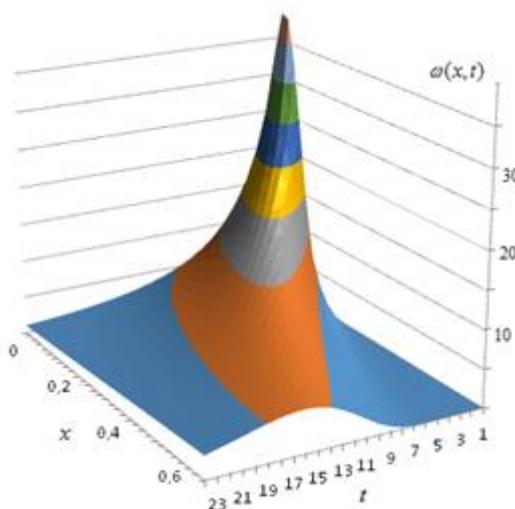


Рис. 1 – Типичный вид поверхности функции  $\omega(x, t)$

Видно, что функция  $\omega(x, t)$  ограничена сверху.

На рис. 2а и 2б представлены линии уровня графиков поверхностей  $\omega(x, t)$  при разных способах задания начальных условий. В термодинамике такие изображения называются температурными полями.

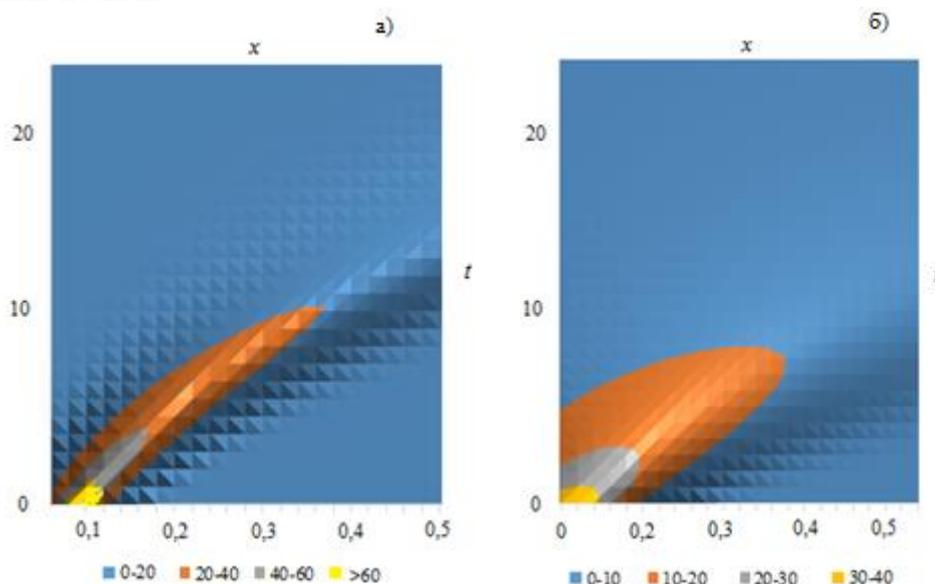


Рис. 2 – Линии уровня функции  $\omega(x, t)$  при задании начальных условий с помощью:  $\delta$ -функции – а); нормального распределения – б)

На рис. 2а в точке с координатами  $x_0 = 0,1$ ,  $t = 0$  функции  $\omega(x, t)$  уходит в бесконечность (начальное условие сосредоточено в точке  $x_0 = 0,1$ ,  $t = 0$ ). На рис. 2б максимальное значение  $\omega(x, t)$  достигается в точке  $x_0 = 0,04$ ,  $t = 0$ , начальное условие задано в общем

виде:  $\omega(x,t)|_{t=0} = f_0(x)$ ,  $f_0(x)$  – плотность усеченного нормального распределения с математическим ожиданием 0,04 и средним квадратическим отклонением 0,01.

Результаты сравнения термодинамической и метрологической моделей показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение моделей

№	Сравниваемые параметры \ модели	Метрологическая модель	Термодинамическая модель
1.	Независимые переменные	Приведенное время $\tau$	Время $t$
2.	Зависимые переменные	Значение ОП $y(\tau)$ в момент времени $\tau$	Координата сечения стержня $x(t)$ в момент $t$
3.	Условная плотность распределения вероятностей / Температура	Условная плотность распределения вероятностей $\omega_1(y, \tau)$	Температура $u(x, t)$
4.	Коэффициенты в уравнении	Приведенный коэффициент диффузии в уравнении Фоккера - Планка - Колмогорова	Коэффициент температуропроводности в уравнении теплопроводности
5.	Начальные условия для уравнений	Функция распределения ОП в начальный момент времени	Профиль температуры в начальный момент времени

Представленная аналогия позволяет глубже понять процессы, лежащие в основе дрейфа ОП СИ, и применить для изучения этих процессов хорошо разработанные методы решения уравнений в частных производных.

#### Список литературы

1. Коган И.Ш. О возможном принципе систематизации физических величин. Законодательная и прикладная метрология. 1998. № 5. С.30-43.
2. Хайруллин Р.З. Диффузионная модель дрейфа метрологических характеристик измерительной техники. Научно – технический вестник Поволжья. 2022. №12. С.79-82.
3. Колмогоров А.Н. Аналитические методы теории вероятностей. Успехи математических наук. 1938. Вып. V. С.5-41.
4. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнения математической физики. Москва. Наука. 1969. 288с.

1.2.2.

**Е.Г. Царькова**

Тверской государственной университет, математический факультет,  
Тверь, university69@mail.ru,  
Федеральное казенное учреждение  
«Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний», НИЦ-1,  
Москва

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В ВЕДОМСТВЕННОМ СЕГМЕНТЕ ПЛАТФОРМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**

*Целью исследования является решение актуальной задачи построения оптимальной стратегии управления надежностью ведомственного сегмента платформы обратной связи (ВС ПОС) при приеме и рассмотрении обращений граждан в электронной форме. Для обеспечения заданного уровня надежности ВС ПОС с учетом имеющихся ресурсов целесообразно рассмотрение предложенной в работе задачи оптимального управления и ее решение с применением численных методов.*

*Ключевые слова: математическая модель, государственное управление, платформа обратной связи, ведомственный сегмент, Федеральная служба исполнения наказаний, обращения граждан, система массового обслуживания, задача оптимального управления.*

В настоящее время одним из важнейших процессов государственного уровня является цифровая трансформация госуправления, сопряженная с проведением ряда мероприятий по цифровизации, в числе которых создание и внедрение платформы обратной связи (ПОС), представляющей собой единую цифровую платформу для приема и рассмотрения обращений, поступающих от граждан в электронной форме. Для ФСИН России актуальной задачей служит создание ведомственного сегмента платформы обратной связи (ВС ПОС), от надежности работы которого во многом зависит своевременность принятия управленческих решений [1]. В связи с актуальностью вопросов качества ВС ПОС возникает необходимость в построении математических моделей, имитирующих его работу и обеспечивающих возможность выявления проблемных моментов для дальнейшего совершенствования системы.

На рис. 1 приведена схема процесса обработки обращения гражданина в рамках функционирования ВС ПОС. В данном случае в рассмотрение вводится трехфазная система массового обслуживания с фазами: «регистрация обращения», «направление исполнителю», «подготовка ответа».

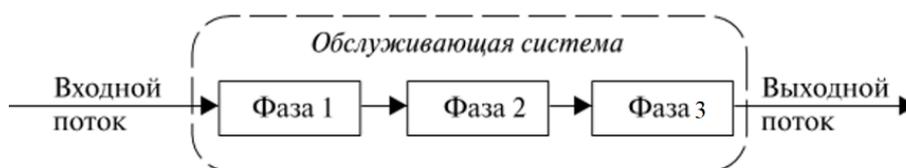


Рис. 1. – Схема обработки заявок в ВС ПОС

Для каждой из трех фаз в каждый момент времени рассматриваемого временного промежутка  $[0, T]$  возможны следующие состояния полученной СМО: «фаза свободна» (обозначается символом «0»), «фаза занята обслуживанием заявки» (обозначение – «1»), «фаза заблокирована» (обозначение – «b») [2]. Обозначим состояние первой фазы индексом  $i$ , для состояния второй фазы используем индекс  $j$ , состояние третьей фазы определяет индекс  $k$ . Тогда для описания совокупности всех возможных состояний СМО может быть использовано множество следующего вида:

$$\{(i, j, k)\} = \left\{ \begin{array}{l} (0, 0, 0), (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 1) \\ (1, 1, 0), (b, 1, 0), (1, b, 1), (b, b, 1), (b, 1, 1), (0, b, 1) \end{array} \right\} \quad (1)$$

Пусть входной поток заявок имеет пуассоновский закон распределения, является простейшим. Обозначим через  $\lambda$  значение интенсивности поступления заявок, через  $\mu$  обозначим величину интенсивности обслуживания заявок в каждой из фаз. Рассматривается работа системы на временном интервале  $[0, T]$ . Полагаем, что распределение длительности обслуживания заявок в каждой фазе экспоненциально. Введем обозначение:  $p_{ijk}(t)$  – значение вероятности события, при котором СМО в момент времени  $t$  переходит в состояние с индексами  $(i, j, k)$ . В рамках введенных предположений динамика процесса работы СМО может быть описана системой дифференциальных уравнений Колмогорова, справедливых для марковских процессов (время непрерывно, набор состояний является дискретным):

$$\begin{aligned} \frac{dp_{000}(t)}{dt} &= -\lambda p_{000}(t) + \mu p_{001}(t), & \frac{dp_{100}(t)}{dt} &= \lambda p_{000}(t) - \mu p_{100}(t) + \mu p_{101}(t), \\ \frac{dp_{010}(t)}{dt} &= \mu p_{100}(t) - (\lambda + \mu) p_{010}(t) + \mu p_{011}(t), & \frac{dp_{001}(t)}{dt} &= \mu p_{010}(t) - (\lambda + \mu) p_{001}(t) + \mu p_{0b1}(t), \\ & & \frac{dp_{101}(t)}{dt} &= \lambda p_{001}(t) - 2\mu p_{101}(t) + \mu p_{110}(t) + \mu p_{1b1}(t), \\ \frac{dp_{011}(t)}{dt} &= \lambda p_{101}(t) - (\lambda + 2\mu) p_{011}(t) + \mu p_{b10}(t) + \mu p_{bb1}(t), & \frac{dp_{111}(t)}{dt} &= \lambda p_{011}(t) - 3\mu p_{111}(t), \\ \frac{dp_{110}(t)}{dt} &= \lambda p_{010}(t) + \mu p_{111}(t) - 2\mu p_{110}(t), & \frac{dp_{b10}(t)}{dt} &= \mu p_{110}(t) - \mu p_{b10}(t) + \mu p_{b11}(t), \\ \frac{dp_{1b1}(t)}{dt} &= \lambda p_{111}(t) - 2\mu p_{1b1}(t) + \lambda p_{0b1}(t), & \frac{dp_{bb1}(t)}{dt} &= \mu p_{1b1}(t) - \mu p_{bb1}(t) + \mu p_{b11}(t), \\ \frac{dp_{b11}(t)}{dt} &= \mu p_{111}(t) - 2\mu p_{b11}(t), & \frac{dp_{0b1}(t)}{dt} &= \mu p_{011}(t) - (\lambda + \mu) p_{0b1}(t), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^6 P_i(t) = 1, \quad t \in [0, T].$$

Для построения компьютерной имитационной модели рассматриваемой СМО введем на временном интервале  $[0, T]$  равномерную сетку с шагом разбиения  $\Delta t = T/q : \{t_l = \Delta t \cdot l, 0 \leq l \leq q\}$ . Введем обозначение  $p_{ijk}(t_l) = p_{ijk}^l, \quad l = \overline{0, q}$ . Аппроксимируем

производные в (2) по формулам Эйлера (1-й порядок точности):  $p_{ijk}(t_l) \approx \frac{p_{ijk}^{l+1} - p_{ijk}^l}{\Delta t},$

$l = \overline{0, q-1}$ . Здесь  $p_{000}^0 = 1$  и  $p_{ijk}^0 = 0$  при  $i, j, k \neq 0$ . Для реализации численного метода создан программный продукт в IDE Lazarus. С использованием полученной компьютерной модели при  $\lambda = 0.67, \mu = 0.7, T = 30$  получены зависимости вероятностей состояний СМО от времени. При этом значения финальных вероятностей принимают следующие значения:  
 $P_{000} = p_{000}(T) = 0,102, \quad P_{100} = p_{100}(T) = 0,201, \quad P_{010} = p_{010}(T) = 0,145, \quad P_{101} = p_{101}(T) = 0,107,$   
 $P_{011} = p_{011}(T) = 0,084, \quad P_{111} = p_{111}(T) = 0,027, \quad P_{110} = p_{110}(T) = 0,102083, \quad P_{b10} = p_{b10}(T) = 0,096,$   
 $P_{1b1} = p_{1b1}(T) = 0,034, \quad P_{b11} = p_{b11}(T) = 0,013, \quad P_{0b1} = p_{0b1}(T) = 0,043$ .  
 Полученная компьютерная модель обеспечивает возможность оценки чувствительности СМО к изменению параметров в каждой из фаз обслуживания.

Кроме того, с применением приведенной постановки возможно решение задачи оптимизации показателей качества обслуживания требований в системе, например, за счет использования дополнительных каналов обслуживания. Так, в работе В.В. Рыкова [2] рассматривается класс управляемых СМО, в которых управлением может являться дисциплина обслуживания заявок. Увеличим в рассматриваемой модели интенсивность обслуживания требований на интервале  $[t_0, t_1]$  до величины  $\mu = 0,95$  и далее возвратим значение интенсивности к начальному значению  $\mu = 0,7$ . В результате получим прирост финальной вероятности  $P_{000}$ , когда все фазы свободны для обслуживания новых заявок, на 12% (рис. 2).

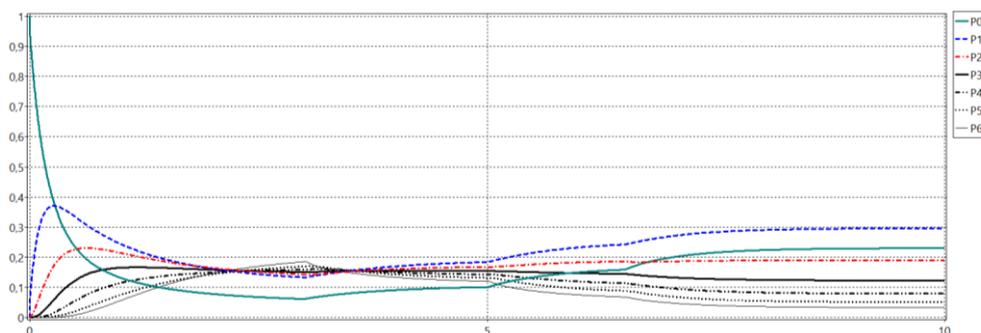


Рис. 2. – Графики вероятностей состояний системы

Поскольку увеличение интенсивности обслуживания связано с ростом используемых ресурсов, целесообразна постановка задачи многокритериальной оптимизации работы СМО по критериям «качество-затраты». В такой постановке ставится задача нахождения режимов работы системы, обеспечивающих необходимый уровень готовности системы к обработке новых заявок с учетом ограничений на имеющиеся ресурсы. Пусть  $\mu$  является управляющим параметром:  $u(t) = \mu(t)$ , учитывается наличие ограничения  $\mu \leq \mu_{\max}$ . Пусть далее  $c$  – затраты на обслуживание заявки в единицу времени. Требуется обеспечить выполнение условия  $p_{000}(t) + p_{010}(t) + p_{001}(t) \geq a$  на временном интервале  $[0, T]$ . С применением метода штрафных коэффициентов получаем оптимизационную задачу в следующей постановке.

Требуется минимизировать функционал

$$I(u) = \int_0^T (M \max^2 \{a - p_{000}(t) - p_{010}(t) - p_{001}(t), 0\} + cu(t), 0) dt \quad (3)$$

при ограничениях (2), ограничении на управление:  $u(t) \leq \mu_{\max}$ ,  $t \in [0, T]$ , начальных условиях:  $p_{000}^0 = 1$  и  $p_{ijk}^0 = 0$  при  $i, j, k \neq 0$ .

В приведенной постановке задача управления надежностью системы обработки обращений граждан в ведомственном сегменте ПОС является задачей оптимального управления с фазовыми ограничениями, для решения которой могут применяться численные методы поиска [5]. Полученная модель может быть использована для поддержки принятия решений как на этапе проектирования ВС ПОС, так и во время его эксплуатации.

**Список литературы**

1. Семькина Н.А., Шаповалова И.А. Нейросетевой подход при моделировании обнаружения DDOS-атак // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 3. С. 95 - 97.
2. Рыков В.В. Управляемые системы массового обслуживания // Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. 1975. Т.12. С.43 - 153.
3. Царькова Е.Г. Динамическая модель управления надежностью нейросетевых комплексов обеспечения кибербезопасности в охранных системах // Научно-технический вестник Поволжья. 2022. № 12. С. 83-85.
4. Омельченко В.В. Информационное обеспечение системы государственного управления национальными ресурсами: риск-ориентированный подход // Правовая информатика, 2019, № 1. С. 4-17.
5. Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A. Optimal management of website under adverse impacts conditions. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems. 2020. С. 012113.

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

2.3.1.

**В.В. Афанасьев, В.Г. Давыдов**

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

### ФОРМИРОВАНИЕ И ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ ДИСКРЕТНО-НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ДМИТРИЕВА-КИСЛОВА

*Разработаны средства формирования псевдослучайных сигналов на основе дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова. Обоснован выбор параметров системы для обеспечения хаотического режима и получены оценки статистических, спектральных и корреляционных характеристик псевдослучайных сигналов, формируемых дискретно-нелинейной системой Дмитриева-Кислова. Разработаны средства избирательного подавления псевдослучайных сигналов дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова. Исследовано влияние вариаций шага временной дискретизации и отношения с/ш на эффективность избирательного подавления сигналов дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова.*

*Ключевые слова: избирательное подавление, псевдослучайный сигнал, система Дмитриева-Кислова.*

Перспективным способом передачи информации является применение новых носителей информации на основе динамического хаоса в электронных устройствах и системах [1]. Избирательное подавление сигналов радиоэлектронных дискретно-нелинейных систем открывает новые возможности в распознавании, идентификации, приёме и обработке сигналов в цифровых системах передачи информации на базе эффектов хаотической динамики [2]. В современных конфиденциальных системах передачи информации широко применяемой радиоэлектронной системой с динамическим хаосом является система Дмитриева-Кислова [3]. В реальной помеховой обстановке режектирование выполняется в условиях неизбежного воздействия шумов и помех [4].

Цель работы - оценка влияния шумовых воздействий на сравнительную эффективность схем избирательного подавления псевдослучайных сигналов, формируемых дискретно-нелинейной системой Дмитриева-Кислова.

Динамическая система Дмитриева-Кислова описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\dot{X} = \frac{M \left[ |Z + E_1| - |Z - E_1| + 0.5(|Z - E_2| - |Z + E_2|) \right] - X}{T}, \quad \dot{Y} = \omega^2 (X - Z), \quad \dot{Z} = Y - \alpha Z \quad (1)$$

где  $X, Y, Z$  - переменные системы,  $T, \omega, \alpha$  - параметры,  $M$  - коэффициент усиления нелинейного преобразователя,  $E_1, E_2$  - параметры нелинейного элемента, определяющие точки перелома амплитудной характеристики [3].

Формирование реализаций псевдослучайных сигналов дискретно-нелинейной системой Дмитриева-Кислова выполняется путем численного интегрирования системы (1) по методу Эйлера [5]. Установлено, что рекомендуемый диапазон выбора значений параметра  $M \approx [2, 8 \dots 3.2]$ ; выбор параметра  $T \geq 6$  приводит к нарушению стохастического режима работы системы и ухудшению статистических характеристик формируемых сигналов;

нормированный шаг временной дискретизации  $\Delta t$  следует выбирать в диапазоне  $[0.05...0.9]$ . Полученные фазовый портрет, автокорреляционная функция  $R(n)$  и спектр  $S(\omega)$  формируемых сигналов переменной  $X(t)$ , характерных для исследуемой системы при  $\Delta t = 0.1$ , представлены на Рисунке 1.

Установлено, что изменение шага численного интегрирования приводит к изменению параметров и характеристик сигналов исследуемой системы. В Таблице 1 приведены результаты полученных оценок влияния изменения  $\Delta t$  на статистические характеристики сигналов  $M[X], \sigma[X]$ , нормированный к  $\Delta t$  интервал корреляции  $\tau$ , уровень боковых лепестков  $Q$  сигналов, формируемых дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова, при рекомендуемом выборе параметров системы:

$$M = 3, \alpha = 0.22, T = 3, \omega = 1, E_1 = 0.5, E_2 = 2.$$

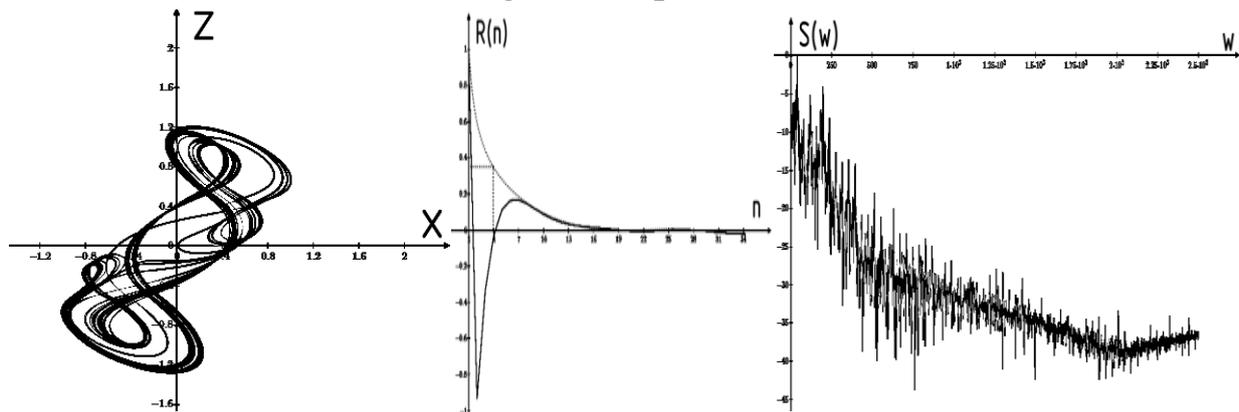


Рис.1- Фазовый портрет, корреляционная функция и спектр сигналов

Таблица 1 - Зависимость статистических характеристик сигналов от  $\Delta t$

$\Delta t$	0,005	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,15	0,2	0,25
$M[X]$	-0,2	-0,24	-0,01	0,03	0,02	0,08	0,01	0,03	0,05
$\sigma[X]$	0,37	0,44	0,52	0,50	0,54	0,60	1,1	1,2	1,4
$\tau$	3	4	5	6	5	3	7	8	9
$Q$	0,2	0,4	0,55	0,6	0,45	0,25	0,6	0,7	0,75

Избирательное подавление сигналов систем с динамическим хаосом выполняется на основе инвариантного режектирования по принципу двухканальности теории инвариантности [2]. Многоканальные схемы режектирования содержат набор каналов, каждый из которых настроен на подавление соответствующей сигнальной компоненты переменных системы. Реализация канальных режекторных схем возможна путем подавления сигнальных компонент, полученных дифференцированием, или интегрированием, или функциональным преобразованием сигналов порождающих систем [5].

Оценка эффективности подавления сигналов 3-D систем режекторными каналами выполняется по коэффициентам подавления  $K_X, K_Y, K_Z$ , определяемых отношением СКО режектируемых сигналов на входе и выходе режекторного канала. По принципу двухканальности, избирательное подавление продифференцированных сигналов системы Дмитриева-Кислова производится вычитанием компонент  $dX, dY, dZ$ , полученных по приращениям базовых переменных, из соответствующих компонент  $dX_f, dY_f, dZ_f$ , полученных по функциональным зависимостям базовых переменных системы:

$$\begin{cases} dX = X_i - X_{i-1} \\ dY = Y_i - Y_{i-1} \\ dZ = Z_i - Z_{i-1} \end{cases}, \quad \begin{cases} dX_f = (F(Z_i) * M - X_i) / T \\ dY_f = \omega^2 (X_i - Z_i) \\ dZ_f = Y_i - \alpha * Z_i \end{cases}.$$

Структурная схема устройства на основе подавления продифференцированных сигналов системы Дмитриева-Кислова показана на Рисунке 2.

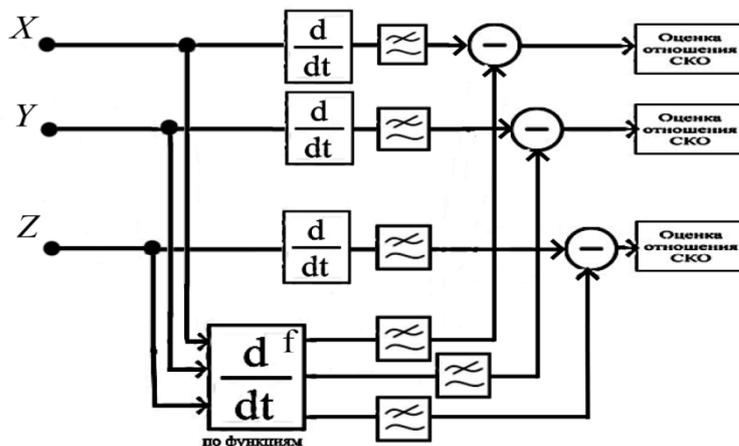


Рис.2 - Структурная схема устройства подавления сигналов системы Дмитриева-Кислова

Полученные характерные временные реализации входных  $X(t)$  и выходных  $X_{разн}(t)$  сигналов X-канала избирательного подавления производной от сигнальной компоненты  $X(t)$ , приведены на Рисунке 3.

В работе исследованы зависимости эффективности селективного подавления сигналов системы Дмитриева-Кислова при вариации шага временной дискретизации, нормированного к периоду квазирезонансной частоты системы.

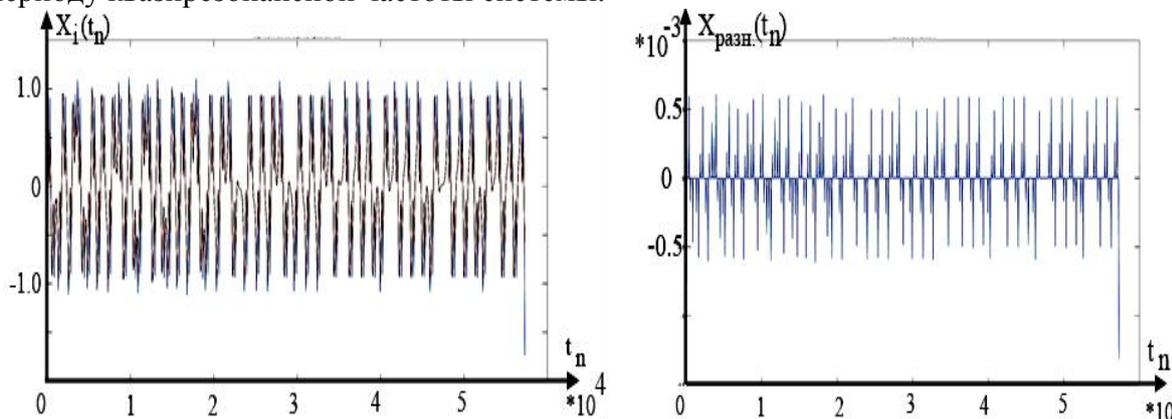


Рис.3 - Временные реализации  $X(t)$  и  $X_{разн}(t)$  сигналов устройства избирательного подавления сигналов

Полученные оценки коэффициентов подавления  $K_X, K_Y, K_Z$  при вариации отношения С/Ш и величины нормированного шага временной дискретизации  $\Delta t$ , представлены в Таблице 2 для режекторных схем селективного подавления на основе дифференцирования.

Таблица 2 - Зависимость коэффициентов подавления  $K_x, K_y, K_z$  от С/Ш и  $\Delta t$ 

$\Delta t$	0,01					0,04				0,09			
С/Ш, дБ	50	40	30	20	15	50	40	30	20	50	40	30	20
$K_x$ , дБ	114	102	91	77	70	91	79	68	56	77	66	54	43
$K_y$ , дБ	121	110	98	87	81	99	88	76	65	85	74	62	51
$K_z$ , дБ	120	109	97	86	80	99	87	75	64	84	73	61	50

Наибольшая величина коэффициента подавления достигается в схемах с подавлением продифференцированных сигналов дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова, при нормированном шаге дискретизации  $\Delta t = 0.01$  эффективное подавление возможно при отношениях С/Ш от 15 дБ, увеличение отношения С/Ш с 15 до 50 дБ повышает значение  $K_x$  до 114 дБ.

#### Список литературы

1. А.С. Дмитриев, А.И. Панас. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: Изд-во Физматлит, 2002. – 252 с.
2. В.В. Афанасьев, Э.Р. Марданишин. Селективное режектирование трехмерных сигналов, порождаемых дискретно-нелинейной системой Лоренца. // Нелинейный мир. 2017. Т. 15. № 6. – С. 49–53.
3. Дмитриев А.С. Генерация хаоса / Дмитриев А.С., Ефремова Е.В., Максимов Н.А., Панас А.И. – М.: Техносфера, 2012. – 424с.
4. Р.Р. Раунов, В.В. Афанасьев. Шумовая маскировка фазовой манипуляции сигналами многолепестковых дискретно-нелинейных Jerk систем // Научно-технический вестник Поволжья, №4, Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2022. – с.111-113.
5. В.Г. Давыдов, В.В. Афанасьев. Влияние шумов на селективное режектирование сигналов динамической системы Дмитриева-Кислова с хаотической динамикой // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Самара, 2021. – С. 52-53.

## 2.3.1

**Ю.А. Балыбердин канд. техн. наук**

ФБГОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет)), институт №6 «Аэрокосмический», доцент, кафедра 609  
Москва, info\_gcrr@mail.ru

**Е.К. Тахтилов**

ФБГОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет)), институт №6 «Аэрокосмический», преподаватель  
Москва, takhtilovek@tsniimash.ru

**ОРГАНИЗАЦИЯ ВИЗУАЛЬНО-КОГНИТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ  
ПОДДЕРЖКИ МЫШЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ**

*В работе представлен подход к цифровизации проектного поиска. Создание проактивного помощника инженера в виде онтологического программного обеспечения и базы знаний - возможно. Данный подход применим для анализа, неслучайного поиска, генерации технических решений и поиска противоречий в технических системах.*

Ключевые слова: *неслучайное мышление, онтологическое моделирование, базы знаний, искусственный интеллект, поддержка принятия решений*

**1. Введение**

В эпоху экспоненциального роста количества идей, технологий и решений, развития конкуренции на фоне убыстряющегося роста объемов и скорости передачи информации, многие предприятия практически всех экономически развитых стран вступили в экономику знаний. В связи с этим, одной из основных целей управления предприятием, становится обеспечение оперативного доступа к информации и её своевременного использования для увеличения жизнеспособности и приспособляемости к внешним условиям в виде стремительно изменяющегося рынка и внутренним условиям в виде используемых технологий, сырья, квалифицированного персонала, организации производства и др. Согласно У.Р.Эшби необходимо разнообразие управления, которое было бы не меньше, чем разнообразие условий, в котором находится корпорация. Как обеспечить такое управление?

Не знание или не учет законов и пройденного опыта подобных предприятий потенциально приводит к созданию несовершенных и зачастую опасных технических систем, способных привести не только к издержкам, но и к нанесению непоправимого вреда предприятию, природе и человеку. В связи с этим, системы государственного и корпоративного образования и информационного пространства предприятия должны ставить одной из целей – снижение риска получить непросвещенных специалистов, обличенных необоснованными полномочиями. В век интернета, в условиях переизбытка разноречивой информации весьма затруднительно принимать решения без опоры на полученный другими специалистами или коллективами опыт, имеющий не случайный способ ознакомления с ним.

Накопленные предприятиями и образовательными организациями естественно-научные, проектно-поисковые и опытно-конструкторские знания, полученные с огромным трудом, требуют адекватной модели их представления для их хранения, обработки и трансляции, в т.ч. молодому поколению студентов.

Одновременно с этим, передача эстафеты поколений от старших к младшим в 21-м веке, очевидно, требует «цифрового хранения смыслов» (Рис. 1), а также перевода ряда задач из области субъективности и искусства в область технологии и неслучайного, системного мышления. Все вышесказанное должно работать на максимальное раскрытие творческих способностей специалистов.

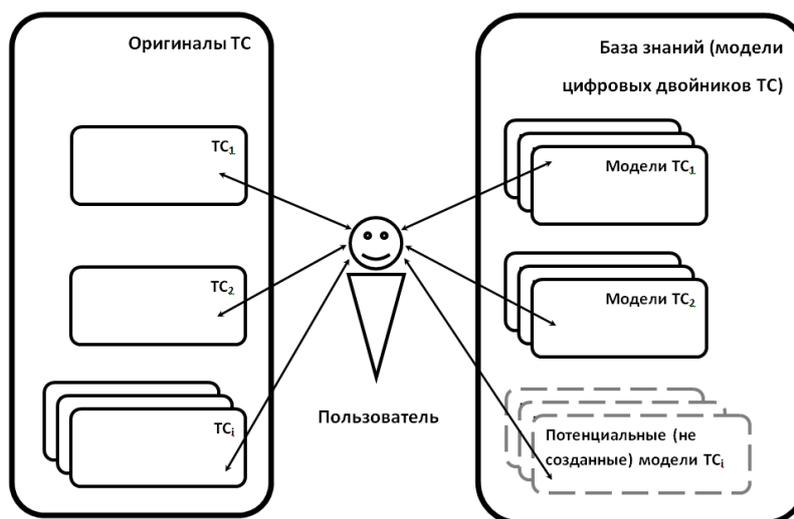


Рис. 1– Оригиналы и цифровые двойники технических систем (ТС)

## 2. Онтологическая модель

Онтологическая модель (или семантическая сеть) – из множества моделей, видится наиболее подходящим кандидатом для интеграции разнородной информации, т.к. имеет ряд преимуществ [1]:

- 1) машино- и человекочитаемость;
- 2) легкая превращаемость схем в естественный текст;
- 3) универсальность для различных предметных областей;
- 4) обозреваемость и понятность человеку;
- 5) легкая манипулируемость множеством концептов, в т.ч. в среде виртуальной и дополненной реальности;
- 6) автоматизация согласовательных процедур;
- 7) арбитраж и метаарбитраж мнений.

В БЗ могут быть представлены онтологические модели:

- 1) фундаментальных законов природы и общества;
- 2) запросов государства и общества на новые решения, технологии, технику;
- 3) изделий и их частей;
- 4) производственного и технологического оборудования;
- 5) стандартов и документации;
- 6) жизненного цикла изделий;
- 7) траекторий развития специалистов и др.

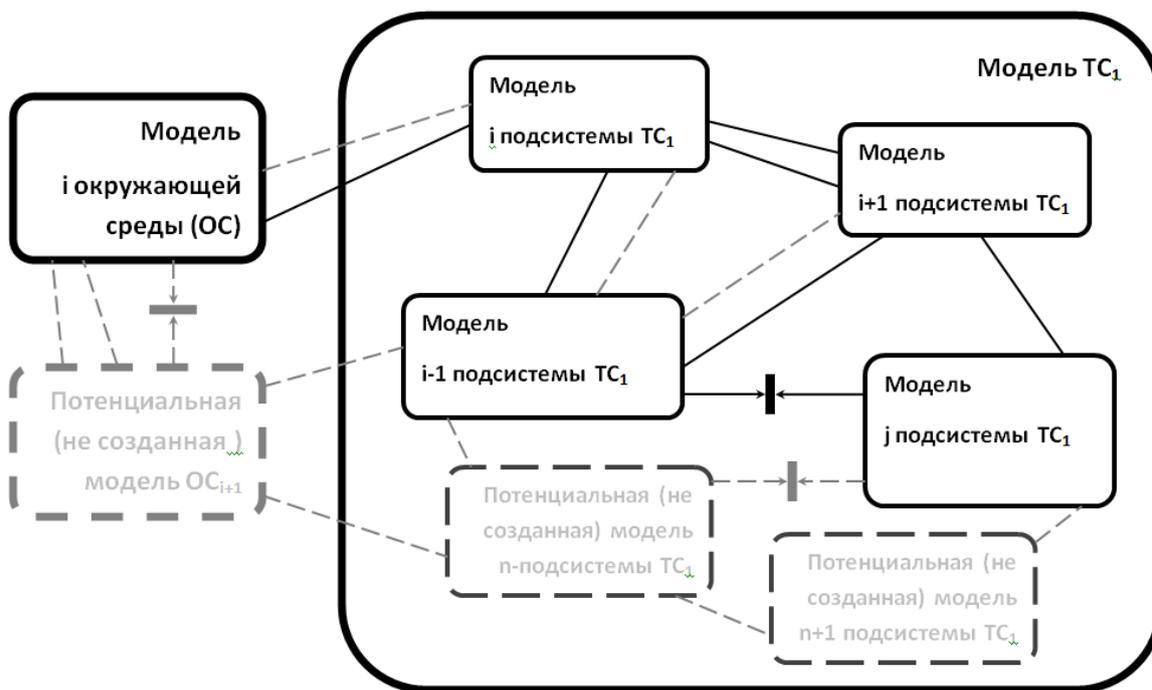
Среди российских разработок программного обеспечения особого внимания заслуживает программный комплекс «Новатор 4.03», который реализует онтологический подход на практике [2].

## 3. Модель объекта с учетом непознанного в нем

Математически онтология представляется ориентированным мультиграфом [3].

Онтология – это согласованная спецификация концептуализации; это модель представления знаний об объекте; это сущностное представление объекта в виде графа, где концепты – это вершины, а связи между ними – это их отношения; это такие неслучайные множества концептов и связей, что удаление или добавление хотя бы одного элемента из них, делает модель объекта неполной или избыточной соответственно; это множество отношений в множестве концептов, обладающие свойством необходимости и достаточности.

Можно представить модель технической системы (ТС), как объединение моделей подсистем, где можно выделить: изученное в полном объеме; изученное частично; не изученное; не познанное. Эта классификация может относиться как к моделям всех уровней иерархии, так и к связям между моделями через связи между их частями – концептами (Рис. 2).



Связи-отношения:

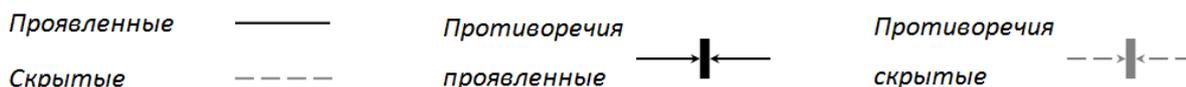


Рис. 2– Модель технической системы с учетом скрытых связей и противоречий, в т.ч. с окружающей средой

Рассмотрим пример приобретения свойству конкретного объекта, выполняемое через сложение более абстрактных онтологий (Рис. 3). Путь есть онтологии:  $O1 = \langle \text{НЕЧТО, обладающее МАССОЙ} \rangle$ ,  $O2 = \langle \text{ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ (ЛА) состоит из ЧАСТЕЙ} \rangle$ . Тогда  $O3$  – это будет сумма онтологий, которая получает новые концепты в виде свойств, а именно массы каждой части ЛА. Дедуктивное наследование позволило автоматически доопределить свойства объекта, т.к. ЛА – это НЕЧТО. Получилась  $O3 = \langle \text{ЛА – состоит из ЧАСТЕЙ, обладающих МАССОЙ} \rangle$ .

Таким образом, можно реализовать весьма не простое для ПЭВМ движение в координатах «Абстрактное-Конкретное». Наличие в БЗ онтологий для «Разрешения технических противоречий» и механизм дедуктивной конкретизации позволят создавать онтологии «Новой техники», где внимание инженера фокусируется уже на методе решения.

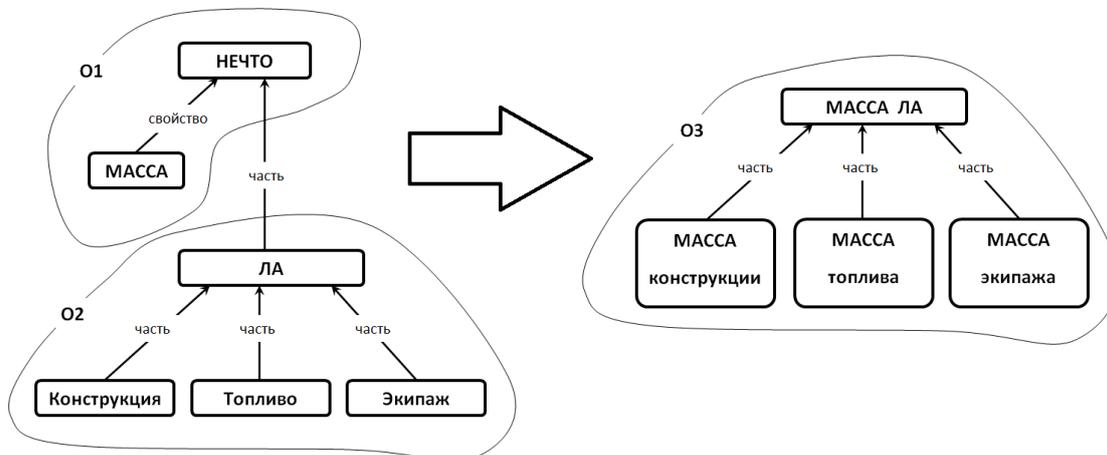


Рис. 3– Доопределение свойств на основе дедуктивного наследования

Аналогично проектируемый объект может приобретать любые другие свойства, присущие его классу. Таким образом, в область мышления инженера вводятся сущности, обязательные к рассмотрению для снижения рисков неполноты модели. Тогда возможна и оценка полноты модели.

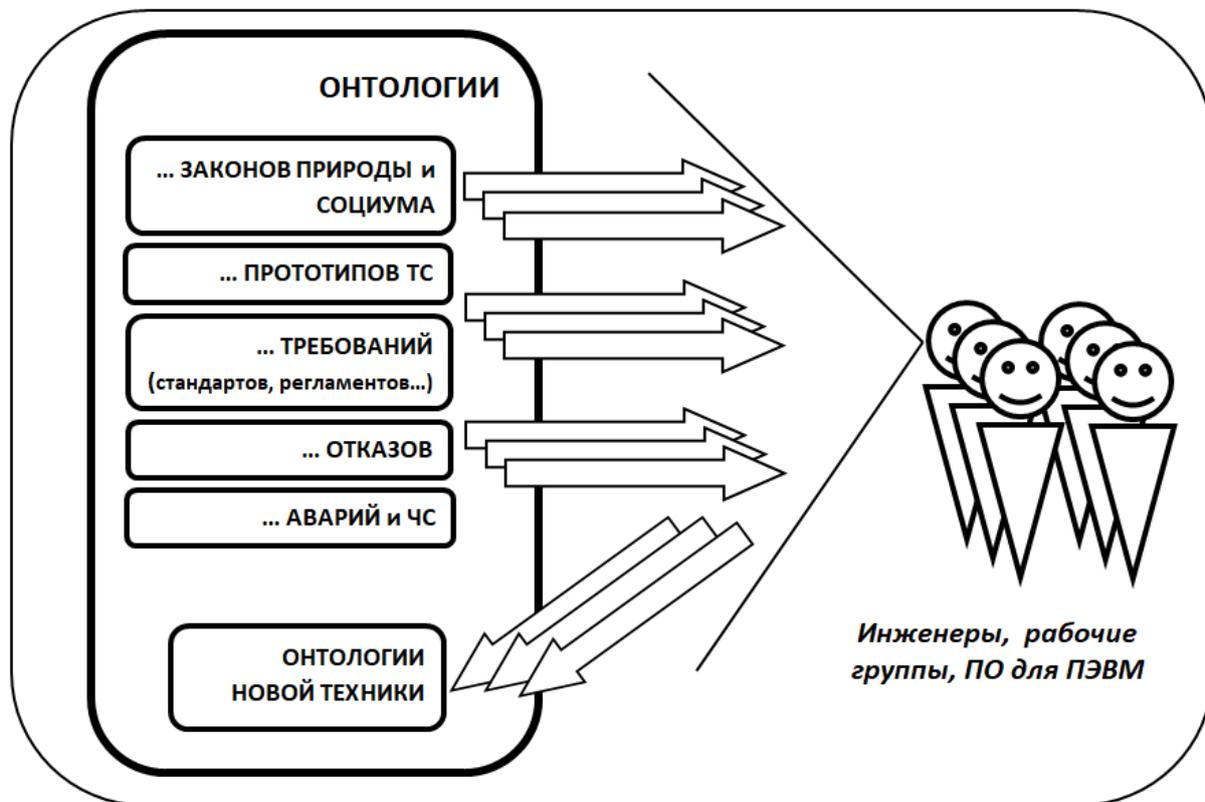


Рис. 4 – Объединение онтологий в процессе создания новой техники

Представим объединение нескольких онтологий: «Требования» (включают Стандарты, Регламенты, ТЗ и др.), «Прототип», «Законы природы» и «Аварии», тогда объем суммарной онтологии позволяет задать граф, необходимый для анализа и гармонизации в будущей новой технике во избежание аварий и чрезвычайных ситуаций (Рис. 4).

#### 4. Результаты

Если создать и разместить в базе знаний (БЗ) эталонные онтологии законов природы и общества, описание конструкций ТС, то при создании инновационной техники можно:

- 1) ускорить построение моделей ТС в полноте;
- 2) автоматизировать прогнозирование полезных и вредных функций;
- 3) автоматизировать диагностику технических противоречий, возможных рисков и выдачу рекомендаций по совершенствованию;
- 4) организовать коллективную проектную деятельность, в т.ч. объединение и разделение результатов труда проектных команд;
- 5) минимизировать вредное влияние психологической инерции;
- 6) автоматизировать сравнение разных ТС, поиск прототипов, выбор альтернатив, анализ патентного ландшафта;
- 7) количественно измерить сложность ТС, новизну, полноту, и погрешность модели и др.

Чтобы воспользоваться указанными потенциальными преимуществами предлагаемого онтологического подхода необходимо:

- 1) реализовать когнитивное, мультимедийное и полисенсорное воздействие на понимающего;

- 2) разработать оригинальное российское программное обеспечение (ПО) или доработать уже существующее;
- 3) создать рабочую группу и реализовать комплексный учебный проект (КУП), использующий указанные подходы и ПО;
- 4) обучить пользователей ПО и БЗ, авторов онтологий;
- 5) создать минимально необходимое наполнение БЗ онтологических схем из открытых источников;
- б) наладить получение отдельных данных из многочисленных программных комплексов внутри онтологического ПО для интеграции смысла целого;
- 7) получить и осмыслить опыт нового типа организации труда.

В ПО предусматриваются функции: управленца; конструктора; ученого; инженера по знаниям; критика, арбитра; студента и др.

### **5. Опыт использования онтологического подхода**

Эксперимент проводится в НИУ «МАИ» в течение 6 лет со студентами ряда кафедр технического и гуманитарного профиля, а также с преподавателями в рамках курсов повышения квалификации. Результаты эксперимента считаются успешными. Результаты исследований докладывались на научных конференциях. Анализ результатов эксперимента позволяет рекомендовать использование онтологических схем для конспектирования, проектного поиска, презентаций докладов, НИР/НИРС, курсовых и дипломных работ, ФПК, а также для развития специализированных программных средств управления знаниями [4].

### **6. Выводы**

Предлагаемое к разработке ПО и БЗ в самой ближайшей перспективе может стать «Центром управления принятием решений в области исследований, проектирования, конструирования и менеджмента», а также средством развития сложности взаимосвязей полученных знаний, средством хранения накопленных знаний студентов и сотрудников, средством гармонизации деятельности рабочих групп, компаний, корпораций и государства в целом.

### **Список литературы**

1. *Гаврилова Т.А.* Использование онтологий в системах управления знаниями / Электронное издание Компании «Бизнес Инжиниринг Групп» URL [http://www.big.spb.ru/publications/bigspb/km/use\\_ontology\\_in\\_suz.shtml](http://www.big.spb.ru/publications/bigspb/km/use_ontology_in_suz.shtml) (дата обращения 03.12.2022г.)
2. *Глазунов В.Н.* Концептуальное проектирование: ТЕОРИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА. — Москва: URSS. 2018. 512 с. ISBN 978-5-9710-4876-3, – С. 28-53.
3. *T.R.Gruber.* The Role of Common Ontology in Achieving Sharable, Reusable Knowledge Bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Second International Conference, 1991, pages 601-602.
4. *Балыбердин Ю.А.* Онтологическое моделирование предметных знаний в вузах, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтах: сборник трудов конференции. // XLVI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и др. (Москва, 25–28 января 2022 г.) : сборник тезисов : в 4 т. / РАН, «Роскосмос», Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ)». — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. Т. 3. — 549, [1] с. : ил. – С. 185-188. – ISBN 978-5-7038-5892-9.

## 2.3.1.

<sup>1</sup>А.В. Ганичева, канд. физ.-мат. наук, <sup>2</sup>Ю.Т. Фаринюк, д-р эконом. наук, <sup>3</sup>А.В. Ганичев

<sup>1,2</sup>Тверская государственная сельскохозяйственная академия,  
кафедра физико-математических дисциплин и информационных технологий,

<sup>3</sup>Тверской государственной технической университет,  
кафедра информатики и прикладной математики,  
Тверь, alexej.ganichev@yandex.ru

### АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОРТФЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ

*В статье разработан метод расчета эластичности нечеткого инвестиционного портфеля. Рассмотрен вопрос, как из эластичности портфеля следует математическая модель нечеткой диверсификации. Исследована коррелированность составляющих инвестиционного портфеля и ее влияние на диверсификацию.*

*Ключевые слова: риск, нечеткая доходность, треугольные нечеткие числа, эластичность, коррелированность составляющих портфеля.*

Проблема анализа и управления инвестиционным процессом является одной из важнейших в цифровой экономике. В качестве актуальной задачи следует отметить разработку новых методов формирования портфеля инвестиций с учетом возможности обработки нечеткой, например, экспертной информации. Задача диверсификации инвестиций заключается в распределении их по активам таким образом, чтобы доходность портфеля стремилась к максимуму, а его риск – к минимуму. Для этого необходим правильный выбор активов и оптимизация распределения средств по ним.

В ряде работ, например, [1, 2] показаны методы решения задачи оптимизации инвестиционного портфеля для нечетких значений доходности. Задача диверсификации портфеля рассматривается в научной литературе для случая четкой полной информации об активах [3].

Цель статьи - разработка математической модели диверсификации инвестиционного портфеля в условиях нечеткой информации.

Рассмотрим данную задачу применительно к модели инвестиций Марковица. Пусть имеется  $n$  видов активов, причем  $\bar{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  – вектор денежных средств, вкладываемых в данные активы. Общее количество средств  $a$  определяется финансовыми возможностями инвестора, при этом  $\sum_{i=1}^n a_i = a$ , т.е. все средства инвестиционного фонда распределяются по  $n$  видам активов. Тогда  $x_i = a_i / a$  - доля средств, вкладываемых в  $i$ -ый актив. Доходностью портфеля  $W$  будем называть общую доходность всех его составляющих. В качестве показателя доходности актива может выступать его привлекательность (например, в баллах, процентах, рейтингах и т.д.), выставленная согласно экспертному оцениванию. Доходность актива зависит от вложенных в него средств, т.е. для  $i$ -го актива она равна  $w_i a$ . Тогда:

$$W = \sum_{i=1}^n w_i a_i . \quad (1)$$

Для расчета доходности можно использовать приведенные значения

$$W_{np} = W / a = \sum_{i=1}^n w_i (a_i / a) = \sum_{i=1}^n w_i x_i , \quad (2)$$

где  $a_i / a$  - часть общей стоимости портфеля, приходящаяся на  $i$ -ый актив.

Можно рассматривать относительное изменение общей доходности портфеля на интервале  $\Delta t$

$$d(\Delta t) = \frac{W(\Delta t) - a}{a}. \quad (3)$$

Тогда  $d_i(\Delta t) = \frac{w_i(\Delta t) - a_i}{a_i}$  будет изменением доходности  $i$ -го портфеля на интервале  $\Delta t$ .

Будущая доходность актива неизвестна, а ее вероятностное описание не всегда корректно. Поэтому для задания доходности используют нечеткие числа. Среди нечетких чисел наиболее часто применяются треугольные, т.е. числа вида  $w_i = (w_i^1, \bar{w}_i, w_i^2)$ , где  $w_i^1$  - нижняя граница (пессимистическая оценка будущей доходности),  $\bar{w}_i$  - среднее значение (наиболее ожидаемая доходность),  $w_i^2$  - верхняя граница (оптимистическая оценка). Поскольку  $\bar{w}_i = (w_i^1 + w_i^2) / 2$ , то при задании  $w_i$  среднее значение  $\bar{w}_i$  можно опускать.

Тогда нечеткая доходность инвестиционного портфеля равна:

$$\tilde{W} = \left( \sum_i^n w_i^1 a_i; \sum_i^n w_i^2 a_i \right), \quad (4)$$

Величина вложенных средств в каждый вид актива является случайной величиной, поэтому можно рассчитать риск портфеля:

$$R = \left( \sum_i^n \sum_j^n a_i a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}; \sum_i^n \sum_j^n a_i a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \right), \quad (5)$$

где  $\rho_{ij}$  - коэффициент линейной корреляции между активами  $i$  и  $j$ , причем  $i \neq j$ ,  $D_i$  - дисперсия  $i$ -ого актива.

Нахождение вектора  $\bar{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ , минимизирующего риск инвестиционного портфеля  $R_{\min}$  при заданной доходности математически формулируется в виде:

$$R = \sum_i^n \sum_j^n a_i a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\tilde{W} \geq W_{\text{зад}}, \quad \sum_{i=1}^n a_i = a. \quad (7)$$

Выражения (6), (7) формализуют задачу оптимизации, которая решается методом неопределенных множителей Лагранжа.

Определим с помощью теории эластичности функций влияние на риск составляющих портфеля, их дисперсий и степени коррелированности (факторных признаков). Имеем

$$\frac{\partial R}{\partial a_i} = 2 \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}; \quad \frac{\partial R}{\partial D_i} = \frac{a_i}{\sqrt{D_i}} \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \cdot \sqrt{D_j};$$

$$\frac{\partial R}{\partial \rho_{ij}} = 2 a_i a_j \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}, \quad (i \neq j, i, j = \overline{1, n}).$$

Тогда частные эластичности риска портфеля по факторным признакам  $a_i$ ,  $D_i$ ,  $\rho_{ij}$  будут равны:

$$E_{a_i}(R) = \frac{2 \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n a_i \cdot \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}} = \frac{2 a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}; \quad E_{D_i}(R) = \frac{\frac{a_i}{\sqrt{D_i}} \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \cdot \sqrt{D_j} \cdot D_i}{\sum_{i=1}^n a_i \cdot \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}} = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i};$$

$$E_{\rho_{ij}}(R) = \frac{2a_i \cdot a_j \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n a_i \cdot \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}} = \frac{2a_i a_j}{\sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij}}, \quad (i \neq j, i, j = \overline{1, n}). \quad (8)$$

Выражение для  $E_{\rho_{ij}}(R)$  является математической моделью диверсификации портфеля активов. При  $\sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^n a_j \rho_{ij} < 0$ , т.е. когда  $\rho_{ij} < 0$ , коэффициент эластичности  $\frac{\partial R}{\partial \rho_{ij}} < 0$ . Риск портфеля уменьшается при отрицательной коррелированности (хеджировании) активов. В этом случае риск может оказаться меньше риска активов. При  $\rho_{ij} = 0$  доходность портфеля возрастает, а при независимости активов портфель не зависит от их коррелированности (по портфельной теории этот случай является лучшим выбором активов).

Рассмотрим зависимость риска от дисперсии и коррелированности активов на следующем примере. Пусть  $n = 2$ ,  $a_1 = a_2$ ,  $D_1 = D_2 = D$ ,  $\rho$  - корреляция активов. Построим график зависимости  $R(\rho, D)$  при изменении  $D$  от 0 до 1, а  $\rho$  от -1 до 1 (рис. 1).

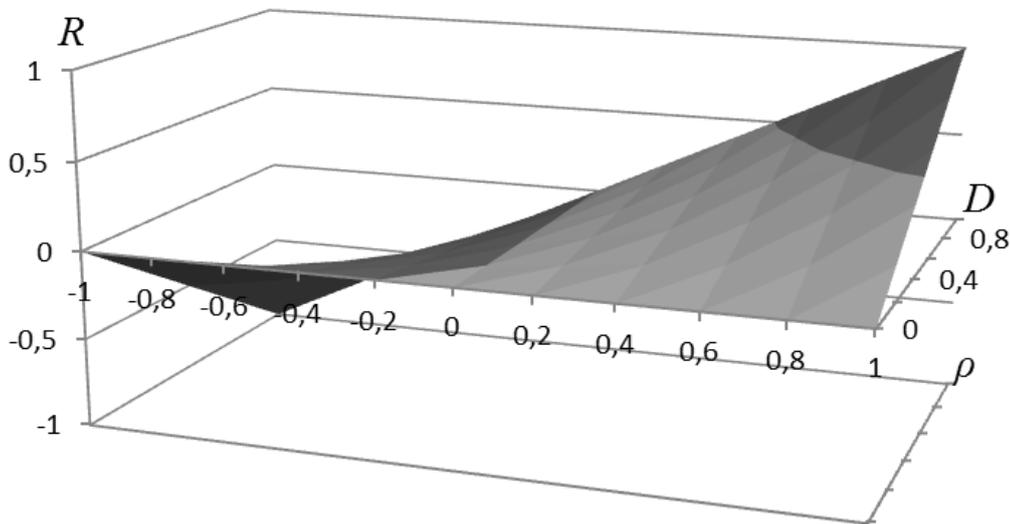


Рис. 1 – Зависимость риска от дисперсии и коррелированности активов

Из рис. 1 видно, что риск портфеля существенно зависит от дисперсии и коррелированности активов. Однако, предположение о вероятностном характере риска портфеля инвестиций является не всегда оправданным. На риск портфеля оказывают влияние факторы неопределенности. Поэтому для модели диверсификации целесообразно использовать нечеткий риск. Если использовать для риска, как для доходности, треугольные нечеткие числа  $(a_i = (a_i^1, \bar{a}_i, a_i^2))$ , то нечеткий риск равен:

$$R = \left( \sum_i^n \sum_j^n a_i^1 a_j^1 \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j}; \sum_i^n \sum_j^n a_i^2 a_j^2 \rho_{ij} \sqrt{D_i} \cdot \sqrt{D_j} \right), \quad (9)$$

Для дисперсии и корреляционной матрицы в этом случае следует использовать метод оценки ковариаций нечетко-случайных величин [4]. Для ковариации  $Cov(a_i, a_j)$  предлагается следующая оценка:

$$Cov(a_i, a_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n 0,5[a_i^1 + a_i^2 - \bar{a}_i] \times 0,5[a_j^1 + a_j^2 - a_j].$$

Разработанная в данной статье модель диверсификации может использоваться при формировании инвестиционных портфелей.

**Список литературы**

1. *Большакова И.В.* Нечеткие доходности в портфельной теории (метод треугольных нечетких чисел) // Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. - 2020. - № 2. – С. 50–59.
2. *Перепелица Д.Г.* Изучение возможностей практического использования модели оптимизации инвестиционного портфеля с применением нечётких множеств на российском финансовом рынке // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – Т. 8. № 5.
3. *Сосина Н.А.* Пример диверсификации портфеля ценных бумаг на основе корреляционного анализа // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Ч. 1. Тольятти: Издательство: Издатель Качалин А.В. – 2019. - С. 359-365.
4. *Шведов А.С.* Оценивание средних и ковариаций нечетко-случайных величин // Прикладная эконометрика. – 2016. - Т. 42. - С. 121–138.

## 2.3.1.

**И.Б. Гинзбург канд. техн. наук, Ю.Н. Кондрашов докт. техн. наук,  
О.Л. Смирнов докт. техн. наук**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Прикладная информатика»,  
Москва, iliagi@mail.ru, jkondr@yandex.ru, smirnov@iasnet.ru

### **ИЗУЧЕНИЕ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В СРЕДЕ JUPYTERLAB**

*В статье проанализированы потребности дистанционного обучения при проведении лабораторных и практических занятий по использованию языка программирования Python для математических расчетов и визуализации полученных результатов. Предложено решение задачи обеспечения проведения дистанционного обучения с использованием веб-приложения и программных модулей для математических расчетов, установленных на сервере. Это позволяет эффективно проводить занятия без дополнительных программных средств, кроме стандартного веб-браузера, на стороне клиента.*

*Ключевые слова: дистанционное обучение, лабораторный практикум, проблемы дистанционного обучения, Python, Project Jupyter, математические расчеты.*

Обучение программированию не может быть эффективным без проведения практических, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов по составлению алгоритмов и написанию различных программ, в первую очередь, для проведения математических расчетов. Для этого требуется, чтобы на устройствах всех участников обучения было установлено прикладное программное обеспечение (ПО): компиляторы, среды разработки, различные библиотеки и компоненты для проведения расчетов и визуализации полученных результатов. К платформам, на которых должно быть установленное такое ПО предъявляются специфические требования. Для лабораторного класса выполнение этих требований возможно, но для дистанционного или гибридного обучения необходимо обеспечить работу некоторого унифицированного набора ПО на различных стационарных и мобильных устройствах.

В результате обобщения всех требований и анализа возможностей стационарных и мобильных клиентских устройств можно сделать вывод, что требуется веб-приложение. Это соответствует общим тенденциям развития средств информатизации учебного процесса [1], поскольку современный учебный процесс должен сочетать в себе возможности очного, дистанционного и гибридного обучения.

Для того, чтобы этого добиться необходимо разработать ПО, которое будет обеспечивать требуемые возможности в веб-среде [2]. Чтобы сэкономить время и ресурсы, необходимые для запуска учебной системы следует использовать компоненты с открытым исходным кодом, в которых уже реализованы многие необходимые функции. Открытость исходного кода позволит развивать такие системы с меньшими собственными затратами, используя доступные компоненты других авторов и добавляя свое при необходимости. Важным условием является также модульность базовой системы, что облегчит параллельное развитие собственных разработок и чужих компонентов, используемых в учебной системе.

Всем перечисленным условиям удовлетворяет среда JupyterLab [3], позволяющая обеспечить доступность полноценной среды разработки в интерактивном режиме и библиотек языка Python через веб-интерфейс с произвольных стационарных и мобильных устройств по сети Интернет, либо может быть установлена локально на компьютеры в лабораторном классе или собственные компьютеры учащихся и преподавателей.

Для проведения математических расчетов на языке Python существует ряд возможностей.

**Встроенные возможности языка Python** [4] обеспечиваются модулями включающими в себя числовые и математические функции и типы данных: `numbers` – определяет абстрактную иерархию числовых типов данных; `math` и `cmath` – предоставляют математические функции для работы с числами с плавающей запятой и комплексными числами; `decimal` – обеспечивает точное представление десятичных чисел с использованием арифметики произвольной точности; `fractions` – предоставляет функции для работы с рациональными числами; `random` – отвечает за генерацию псевдослучайных чисел; `statistics` – предоставляет функции математической статистики числовых (вещественных) данных.

Данные модули обеспечивают только базовый функционал и для реализации сложных алгоритмов могут требовать большого объема ручного программирования. Поэтому следует использовать и другие компоненты, обеспечивающие расширенный функционал.

**NumPy** [5] – библиотека-расширение для Python с открытым исходным кодом, добавляющая поддержку многомерных массивов, включая матрицы, и поддержку множества высокоуровневых математических функций линейной алгебры и частично математического анализа (например, преобразование Фурье), а также функций для работы с многомерными массивами.

**SciPy** [6] – библиотека-расширение для Python, с открытым исходным кодом, которая дополняет возможности NumPy, добавляя больше возможностей для решения задач математического анализа, статистики и др., например: поиск минимумов и максимумов функций; вычисление интегралов функций; решение обыкновенных и дифференциальных уравнений; операции над рядами; обработка сигналов; обработка изображений; работа с генетическими алгоритмами; решение задач оптимизации и интерполяции и т.д. Библиотека SciPy также предоставляет дополнительные инструменты для работы с массивами и специализированными структурами данных, такими как разреженные матрицы и k-мерные деревья. В качестве основной структуры данных в SciPy используется многомерный массив на основе NumPy.

**Matplotlib** [7] – библиотека-расширение для Python, с открытым исходным кодом, позволяющая создавать различные статические и анимированные двумерные и трехмерные схемы и графики, основанные на наборах данных. Поддерживает популярные растровые (JPEG, PNG, raw RGBA, TIFF) и векторные (EMF, EPS, PDF, PS, SVG, SVGZ) форматы изображений. Параметры изображений можно настраивать. Для работы с Matplotlib присутствует процедурный интерфейс, предоставляющий команды, аналогичные MATLAB. Библиотека поддерживает различные диаграммы и графики, а ее функционал может быть расширен за счет добавления новых модулей отображения.

**Plotly** [8] – библиотека-расширение для Python, с открытым исходным кодом, которая позволяет создавать различные интерактивные схемы и графики, основанные на наборах данных. Plotly имеет несколько преимуществ перед Matplotlib. Одним из основных преимуществ является простота создания наглядных интерактивных графиков, что требует от разработчика написания всего нескольких строк кода. Интерактивность сама по себе также дает преимущество по сравнению со статическими и анимированными графиками matplotlib, т.к. позволяет экономить время при изучении набора данных.

Среди предлагаемых библиотеками Matplotlib и Plotly возможностей: линейные и точечные графики; площадные, столбчатые, коробчатые и круговые диаграммы; диаграммы рассеяния; спектральные диаграммы; диаграммы стебель-листья; планки погрешностей; гистограммы; тепловые карты; поля градиентов; контурные графики; многоосевые, полярные и пузырьковые диаграммы и др. При настройке графика могут быть заданы оси координат, решетки, надписи и пояснения, может использоваться логарифмическая шкала и различные системы координат.

Сочетание перечисленных библиотек со средой JupyterLab позволяет получить программный комплекс с веб-интерфейсом, который можно считать свободной

альтернативой программному пакету MATLAB, т.к. синтаксис языка весьма похож на синтаксис MATLAB, а производительность примерно одинакова. Перечисленные библиотеки позволяют уменьшить количество кода, необходимого для решения различных задач. Благодаря оптимизации рассмотренных библиотек, обеспечивается минимальное время выполнения расчета по сравнению с описанным вручную алгоритмом на Python, примерно равное времени вычисления в MATLAB.

Таким образом можно не только создать лабораторную среду для обучения студентов в очном, дистанционном и гибридном формате программированию на языке Python, проведению математических расчетов и визуализации полученных результатов с использованием библиотек языка Python, но и применять данную разработку в инженерной и научной практике для быстрого проведения расчетов и создания наглядных изображений на основе полученных результатов.

#### **Список литературы**

1. Бродский А.В., Гинзбург И.Б., Столярчук В.А. Эволюция способов дистанционного обучения // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №11. С. 24-26.
2. Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н. Дистанционное обучение через Интернет с помощью специализированных веб-приложений // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. №11. С. 19-21.
3. JupyterLab - JupyterLab 3.6.1 documentation [Электронный ресурс] URL: <https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/> (дата обращения 07.02.2023)
4. Numeric and Mathematical Modules — Python 3.11.2 documentation [Электронный ресурс] URL: <https://docs.python.org/3/library/numeric.html> (дата обращения 07.02.2023)
5. NumPy [Электронный ресурс] URL: <https://numpy.org/> (дата обращения 07.02.2023)
6. SciPy [Электронный ресурс] URL: <https://scipy.org/> (дата обращения 07.02.2023)
7. Matplotlib: Visualization with Python [Электронный ресурс] URL: <https://matplotlib.org/> (дата обращения 07.02.2023)
8. Plotly Python Graphing Library [Электронный ресурс] URL: <https://plotly.com/python/> (дата обращения 07.02.2023)

## 2.3.1.

**С.И. Киселев, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына, Л.З. Гумерова, Г.Н. Аглямзянова**

Набережночелнинский институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
Набережные Челны, larisa\_u\_g@mail.ru

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*В работе исследуется возможность применения методов машинного обучения для анализа цен на недвижимость. Стоимость недвижимости прогнозируется на основе методов регрессионного анализа, построения нейронных сетей, случайного леса. Проводится сравнительный анализ точности полученных результатов.*

Ключевые слова: *машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, искусственные нейронные сети, случайный лес.*

**Введение.** За последние 15 лет машинное обучение получило широкое распространение в мире. Многие из нас ежедневно используют приложения, в основе которых лежат технологии искусственного интеллекта и машинного обучения. Общий термин «машинное обучение» обозначает множество математических, статистических и вычислительных методов для разработки алгоритмов, способных решить задачу не прямым способом, а на основе поиска закономерностей в разнообразных входных данных [1]. Решение осуществляется не по четкой формуле, а по установленной зависимости результата от конкретного входного набора признаков и их значений.

В настоящее время машинное обучение активно применяются при решении прикладных задач в различных областях деятельности. Например, распознавание образов, речи, жестов [2], техническая и медицинская диагностика, биржевой и финансовый анализ, информационный поиск и др.

В данной работе исследуется возможность применения методов машинного обучения для осуществления прогноза стоимости недвижимости на примере прогноза стоимости квартиры в городе Набережные Челны.

**Программная реализация методов машинного обучения в Python.** Язык программирования Python стал одним из наиболее популярных языков, применяемых для разработки программного обеспечения, управления, анализа данных и машинного обучения [3,4]. Он имеет немало фреймворков и библиотек, предназначенных для решения разнообразных прикладных задач.

Сформулируем задачу проведенного исследования. Пусть имеются данные о продаже квартиры с такими характеристиками: площадь квартиры, расположение, наличие ремонта, тип дома, количество этажей в доме, на каком этаже находится квартира. Требуется на основе оценок характеристик (входные переменные) определить стоимость квартиры (целевая переменная). В качестве инструментов для решения поставленной задачи предлагается использовать нейронную сеть, дерево решений, случайный лес, линейную регрессию, лассо-регрессию, метод ближайших соседей.

Для удобства применения всех перечисленных методов, сделаем все входные переменные числовыми. Переменную «расположение квартиры» представим вектором (широта, долгота). Переменная «ремонт квартиры» подразумевает следующие возможные значения – «без ремонта», «косметический», «евроремонт», «дизайнерский». Например, если представить квартиру с косметическим ремонтом, то соответствующий вектор значений будет таким: (0, 1, 0, 0). Аналогичным образом зададим параметр «тип дома», возможные

значения которого – «кирпичный», «деревянный», «монолитный», «панельный», «блочный», «монолитно-кирпичный». В результате вектор входных переменных будет содержать 15 компонент. Выходное значение – стоимость квартиры.

Последовательность решения поставленной задачи включает в себя следующие этапы:

1. Подготовка обучающей выборки – примеров, содержащих наборы конкретных значений входных и целевой переменных. Данные для выборки взяты с сайта «ЦИАН» – базы объявлений об аренде и продаже недвижимости. Объем собранных данных – 1935 примеров.

2. Программная реализация выбранных методов машинного обучения. Приведем в качестве примера решение поставленной задачи с использованием нейронной сети [5,6].

Реализация структуры нейронной сети представлена ниже.

```
model = Sequential()
model.add(Dense(128, activation='relu', input_shape=(data[0].shape[1])))
model.add(Dense(16, activation='relu'))
model.add(Dense(16, activation='relu'))
model.add(Dense(16, activation='relu'))
model.add(Dense(1))
model.compile(optimizer='adam', loss='mae', metrics=['mae'])
```

Структура нейросети состоит из входного слоя (15 нейронов); четырех скрытых слоев (128 нейронов, 16 нейронов, функция активации Relu); выходного слоя (1 нейрон, функция активации линейная).

Обучение нейросети осуществляется командой:

```
history = model.fit(XTRAEN, YTRAEN, epochs=100, validation_split=0.2, batch_size=32, verbose=0)
```

При обучении сети будет отработано 100 эпох, 20 % данных будет использоваться в качестве тестовой выборки.

Интерфейс приложения, включающего в себя программную реализацию перечисленных выше методов, представлен на рисунке.

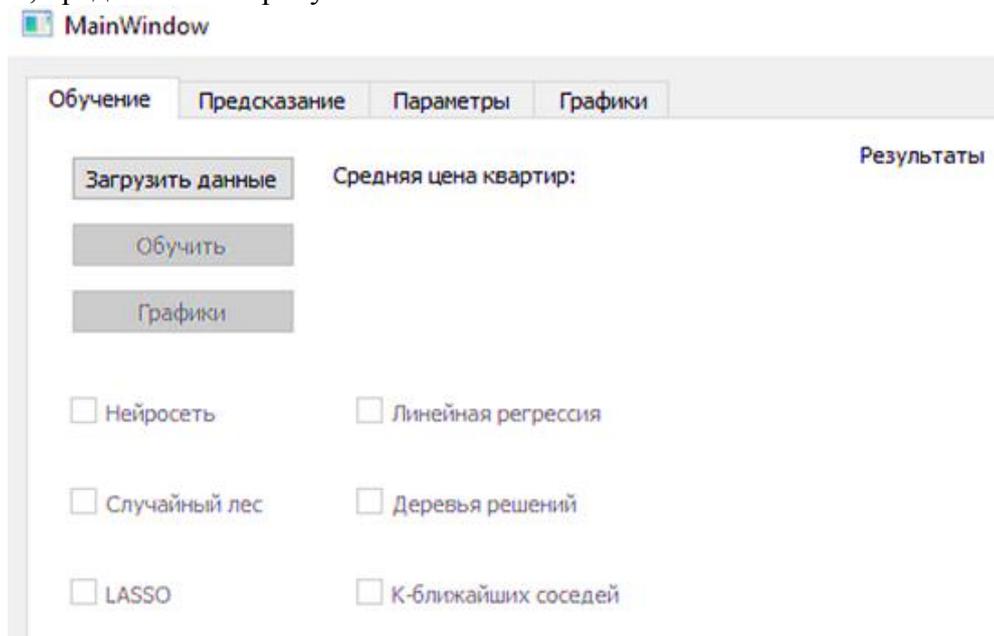


Рис.1 – Интерфейс приложения

3. Анализ полученных результатов. Осуществим выбор метода, дающего наибольшую точность, а также определим входные переменные, оказывающие наибольшее влияние на значение целевой переменной.

Сравнительный анализ точности прогноза, полученного при применении различных методов машинного обучения, представлен в следующей таблице.

Таблица – Сравнение точности методов машинного обучения

Модель	Точность на тренировочной выборке в %	Точность на тестовой выборке в %	Средняя ошибка в тыс. руб.
Случайный лес	98	90	131
Нейронная сеть	94	89	149
Дерево решений	97	87	148
Метод к-ближайших соседей	90	82	174
Лассо-регрессия	77	79	483
Линейная регрессия	77	79	484

Как видно из таблицы, наилучшие результаты показали модели, применяющие случайный лес и нейронную сеть.

Следует отметить отличительную особенность методов деревьев решений и случайного леса – они позволяют определить влияние (значимость) входящих переменных на целевую переменную. По модели случайного леса можно выделить, что переменной, оказывающей наибольшее влияние на стоимость квартиры, является «площадь квартиры» (около 80 %). Также оказывают существенное влияние на целевую переменные «количество этажей» (около 10%), «расположение квартиры» (около 7%), «номер этажа» (около 2%).

**Заключение.** В представленной работе реализовано приложение, позволяющее осуществлять прогноз стоимости недвижимости с применением ряда методов машинного обучения. Код программы написан на языке Python, с применением библиотек Tensorflow, Keras и Scikit-Learn. Анализ полученных результатов показал, что наилучший прогноз дают метод случайного леса и нейронная сеть, а худший – методы регрессионного анализа.

Дальнейшее развитие работы авторам видится в улучшении моделей путем добавления дополнительных переменных, не учтенных в объявлениях о продаже недвижимости. К ним относятся такие критерии, как наличие развитой социальной инфраструктуры в районе (магазинов, аптек, школ, детских садов), транспортной инфраструктуры (парковок, удобных проездов, остановок общественного транспорта).

#### **Список литературы**

1. Шумский С. А. Машинный интеллект. Очерки по теории машинного обучения и искусственного интеллекта. – М.: РИОР, 2019. – 340 с.
2. Бадыков И.В., Мышкина И.Ю., Грудцына Л.Ю. Распознавание состояний человека с использованием библиотеки машинного обучения TENSORFLOW // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 5. – С. 12-14.
3. Груздев А.В. Прогнозное моделирование в IBM SPSS Statistics, R и Python. Метод деревьев решений и случайный лес. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 642 с.
4. Жерон О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. – СПб.: Альфа-книга, 2018. – 688 с.
5. Google AI TensorFlow [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tensorflow.org/tutorials> (дата обращения 15.01.2023).
6. Gentle Introduction to the Adam Optimization Algorithm for Deep Learning [Электронный ресурс]. – URL: <https://machinelearningmastery.com/adam-optimization-algorithm-for-deep-learning/> (дата обращения: 15.01.2023).

## 2.3.1.

**Р.Е. Копейкин канд., техн. наук, В.В. Глазков канд., техн. наук, Т.А. Пашева**

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
факультет Специальное машиностроение,  
кафедра Автономных и информационных управляющих систем,  
Москва, rkoreykin@bmstu.ru

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ**

*В статье описываются и сравниваются методы распознавания изображений дорожных знаков в условиях дороги. Приведена статистика успешного обнаружения знака по каждому методу при различных углах обзора и расстояниях до знака. Сделаны выводы по результатам, полученным при сравнении методов.*

Ключевые слова: *нейронная сеть, распознавание изображений, дорожный знак.*

#### **Введение**

На сегодняшний день компьютерные технологии стали неотъемлемой частью нашей жизни. Спектр возможностей различных вычислительных систем с каждым днем только увеличивается. Одним из самых популярных направлений компьютерных наук можно назвать компьютерное зрение. Интеллектуальные системы делают возможным решение самых разных задач. Системы распознавания дорожных знаков как раз являются примером. Они созданы для помощи водителям на дороге, обеспечения безопасности дорожного движения. К сожалению, человеческий фактор, в том числе потеря внимания на дороге, может привести к опасным последствиям. Все это делает данную тему особенно актуальной.

Актуальность задачи определяется проблемой дорожной безопасности. Первые исследования были проведены еще более 30 лет назад, однако тогда вычислительное оборудование не давало возможность обрабатывать кадры за приемлемое время. Также с цифровых камер не удавалось получать изображения нужного размера. Сегодня многие автопроизводители устанавливают системы технического зрения в автомобили. Данные системы решают задачу распознавания дорожных знаков, однако низкая точность обнаружения все еще является проблемой. Также не все системы могут распознавать российские дорожные знаки. Нужно сказать, что задачу усложняет постоянное изменение условий, например, освещение, местоположение.

#### **Краткий обзор исследуемых алгоритмов**

##### **Обнаружение и распознавание дорожных знаков с помощью SSD**

В настоящее время алгоритм Single Shot Detector (SSD) [7] считается одним из лучших методов обнаружения объектов из-за его значительной точности и более высокой скорости. Сеть естественным образом манипулирует объектами разных размеров, поскольку она может объединять прогнозы из различных карт объектов с несколькими разрешениями. В SSD для создания набора ограничивающих рамок фиксированного размера используется сверточная сеть с прямой связью.

Основное предназначение SSD – обнаружение объектов в реальном времени. Ускоренный R-CNN создает граничные блоки с помощью RPN и использует их для классификации объектов. Время выполнения этого алгоритма составляет несколько секунд, что намного ниже того, что нужно для обработки в реальном времени. SSD помогает ускорить процесс, избавляя от необходимости использования RPN. Улучшения, применяемые SSD, например, многомасштабные карты и поля границ по

умолчанию, позволяют соответствовать точности Faster R-CNN благодаря использованию более низкого разрешения, что также увеличивает скорость.

Укрупненно, алгоритм распознавания можно представить в виде последовательности действий:

1. Видеозахват из файла и вывод на экран
2. Сглаживание изображения
3. Бинаризация изображения
4. Избавление от цветовых шумов
5. Объединение в один сегмент пикселей, принадлежащих знаку
6. Обнаружение знака, возврат функцией списка прямоугольников в случае успеха
7. Отрисовка на изображении прямоугольника вокруг знака и создание надписи с названием распознанного знака
8. Сохранение названия последнего распознанного знака и времени реакции
9. Завершение видеозахвата, удаление всех созданных окон

#### ***Распознавание дорожных знаков с помощью сверточной нейронной сети***

Сверточная нейронная сеть (CNN) считается одной из наиболее признанных глубоких нейронных сетей. В настоящее время CNN широко используется с целью распознавания изображений [1]. Сеть состоит из различных слоев, т.е. сверточного слоя, объединяющего слоя, полностью подключенных слоев и т.д. Название архитектура сети получила из-за наличия операции свертки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) свертки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. Для системы CNN общий набор данных разделен на обучающие, валидационные и тестовые наборы.

Сначала все дорожные знаки обрезаются с изображений и изменяются в размере  $150 \times 150$ . Классификаторы CNN берут обучающие изображения, обрабатывают их и классифицируют как один из 16 классов дорожных знаков. Для обучения модели CNN каждое входное изображение из обучающего набора пропускается через серию слоев свертки с фильтрами, объединяющими слоями и полностью связанными слоями. Слой свертки извлекает объект из обучающих изображений с помощью процесса свертки. Уровни объединения или подвыборки уменьшают количество параметров. Сверточные слои и полносвязанные слои могут изучать параметры на этапе обучения. Карты объектов, созданные путем объединения слоев, преобразуются в векторы и передаются в полносвязанные слои, чтобы объединить различные объекты для создания модели. Наконец, функция активации используется для классификации выходных данных. На рис. 5. приведен пример структуры модели системы CNN. Она включает в себя в общей сложности 2 сверточных слоя (C1, C2) с размером ядра  $5 \times 5$ , 2 слоя объединения или подвыборки (S1, S2) с окном объединения  $2 \times 2$ , полносвязанный слой и вывод с 9 узлами.

#### ***Алгоритм Виолы-Джонса***

Каскадные классификаторы на основе признаков Хаара — это метод обнаружения объектов, предложенный Полом Виолой и Майклом Джонсом [1]. Метод основан на машинном обучении. Алгоритму требуется много положительных и отрицательных изображений. Положительные изображения содержат объект, который вы хотите обучить, отрицательные должны содержать среду, в которой чаще всего встречается искомым объект. Затем выполняется поиск объектов с использованием фильтров Хаара.

Каждый объект имеет значение, полученное путем вычитания суммы пикселей в белом пространстве из суммы пикселей в черном пространстве.

Чтобы ускорить изучение различий, создается интегральное изображение. Интегральное изображение в точке (x, y) представляет собой сумму пикселей сверху и слева.

Таким образом, получено множество функций, некоторые из которых также не имеют отношения к делу. Алгоритм обучения Adaboost используется для применения всех функций ко всем обучающим изображениям. Для каждого объекта он находит пороговое значение, которое наилучшим образом классифицирует, находится ли искомый объект на изображении. Он выбирает наиболее точные признаки и создает окончательный классификатор из рассчитанных слабых классификаторов.

Процесс детектирования осуществляется путем скольжения окна обнаружения по всему изображению. По каждому окну вычисляется решение каскада (рис. 1). В случае положительного ответа считается, что внутри окна находится искомый объект. После завершения одного прохода по изображению размер окна увеличивается (в OpenCV по умолчанию в 1,2 раза, а это означает, что масштаб окна будет увеличен на 20%).

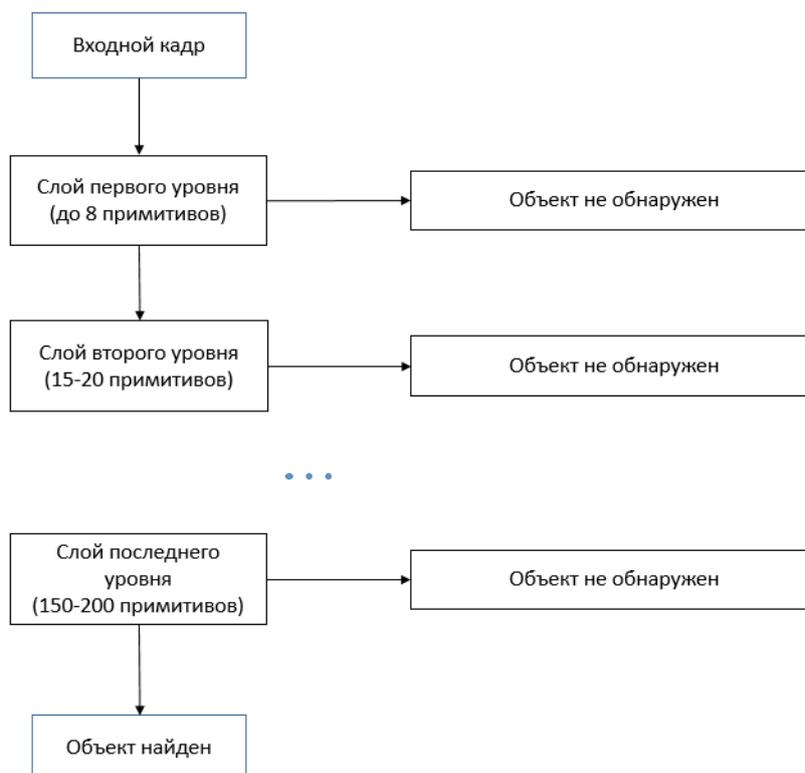


Рис. 1. Каскадная модель.

### ***Искусственные нейронные сети***

В стремлении человечества создать компьютер на основе искусственного интеллекта лежит попытка смоделировать работу мозга. На основе биологических исследований знания о работе мозга постоянно накапливаются, что помогает создавать новые модели работы мозга и усовершенствовать существующие модели. Искусственная нейронная сеть – реализованная программно или аппаратно математическая модель, описывающая тем или иным способом работу биологического мозга [1]. Ключевым понятием в теории нейронных сетей является понятие нейрона. Нейрон – элемент, получающий и передающий импульс или сигнал.

Основная особенность нейронной сети заключается в ее обучаемости (коррекции весов). Алгоритмы обучения можно поделить на два типа - с учителем и без. Алгоритм можно отнести к первому типу, если для всех обучающих примеров мы знаем ответ, иначе ко второму. В зависимости от задачи применяются различные способы и алгоритмы.

### ***Экспериментальные результаты***

Для тестирования предложенных алгоритмов был совершен проезд по улицам Москвы. Примеры работы алгоритмов представлены на рис. 2 и 3.

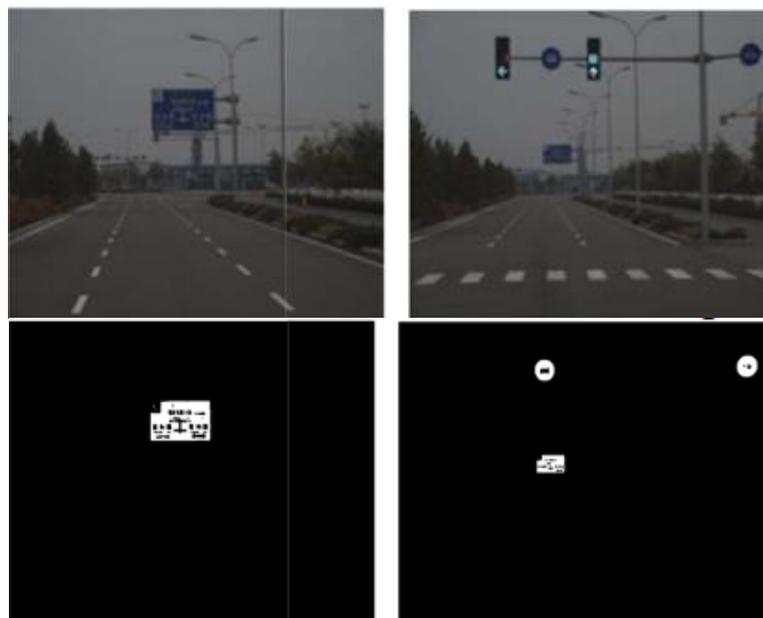


Рис. 2. Результаты сегментации изображения.

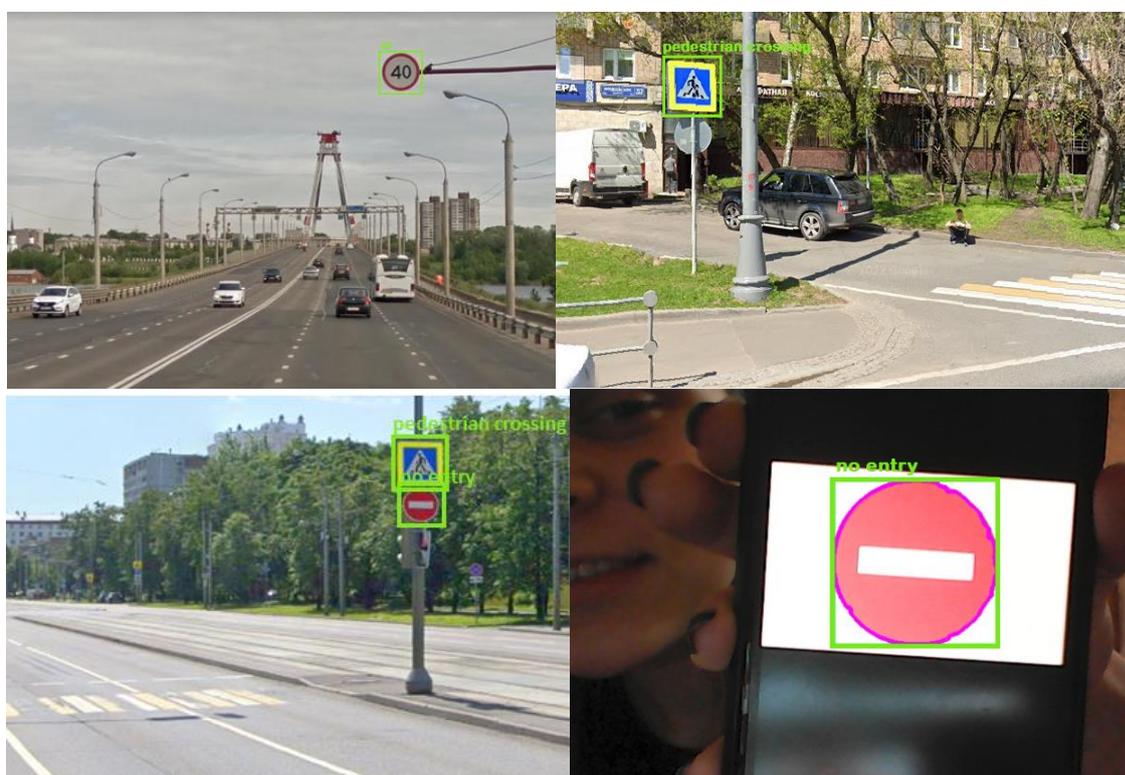


Рис. 3. Результаты распознавания при использовании SSD.

При нулевом угле обзора и расстоянии до 100 м вероятность верного распознавания для алгоритма с использованием SSD была равна 94.4%, с использованием CNN 92.3%, для алгоритма Виолы-Джонса 89.5%, а для искусственной нейронной сети 91.9%.

Существует несколько причин неправильной классификации, которые включают окклюзию, световой эффект и подсветку, различные расстояния и углы обзора, более одного дорожного знака на одном изображении, блеклый цвет, наличие других объектов с похожим рисунком или цветом и т. д. [6]. В данной работе причины и влияние вышеперечисленных факторов на качество распознавания не исследовались.

Так как метод обнаружения и распознавания дорожных знаков с помощью SSD дал наилучший результат при малых углах обзора и расстояниях, было решено

проанализировать результаты с большим числом возможных значений угла. Результаты представлены в таблице 1, где  $\alpha$  – угол обзора,  $S_z$  – расстояние до знака,  $p_v$  – оценка вероятности верного распознавания знака в процентах. В рамках диапазонов углов и расстояний, оценка вероятности правильного распознавания колеблется незначительно, в пределах 1–2%, поэтому принято решение показывать не конкретные значения, а их диапазоны. Углы свыше 60 градусов не рассматривались в силу невозможности захвата камерой изображений и вероятность верного распознавания за пределами диапазонов углов, указанных в таблице, можно считать равной нулю. Аналогично, уверенного захвата дорожного знака при расстояниях, превышающих 300 метров, достичь не удалось, и вероятность верного распознавания при расстоянии свыше 300 метров, можно также считать равной нулю.

Таблица 1. Результаты работы алгоритма SSD в зависимости от расстояния и угла обзора. Оценки расстояний и углов до знаков примерны.

$\alpha$ , град.	$S_z$ , м	$p_v$ , %
0	< 100	94.4
0	100 – 300	83.3
0 – 30	< 100	79.4
0 – 30	100 – 300	75.8
30 – 60	< 100	52.4
30 – 60	100 – 300	41.6

### Заключение

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что наиболее высокие показатели вероятности верного распознавания дорожных знаков осуществляется при использовании алгоритма SSD. Следовательно, он наиболее пригоден для решения задачи распознавания дорожных знаков при реальном движении транспортного средства. Полученные результаты будут использованы как базовая оценка работоспособности алгоритма для дальнейшего улучшения алгоритма SSD.

### Список литературы

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. -Москва: Техносфера, 2012. - 1104 с.
2. Климов А. А. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации / А. А. Климов, О. Н. Покусаев, В. П. Куприяновский, Д. Е. Намиот // Современные информационные технологии и ИТ-образование. - 2018. - Т. 14. № 3. - С. 727-736.
3. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Д. Стокман. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 752 с.
4. Шахуро В. И. Российская база изображений автодорожных знаков / В. И. Шахуро, А. С. Конушин Компьютерная оптика. - 2016.- Т. 40, № 2. – С. 294-300.
5. Pietikinen M. Computer Vision Using Local Binary Patterns / M. Pietikinen, A. Hadid, G. Zhao, T. Ahonen. -Springer, 2011. - 212 p.
6. Shih F. Y. Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques / F. Y. Shih. -Wiley-IEEE Press, 2010. - 552 p.
7. W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C.-Y. Fu, and A. C.Berg, "Ssd: Single shot multibox detector," in European conference on computer vision. Springer, 2016, pp. 21–37

2.3.1.

**О.Н. Кузина**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,  
кафедра «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»  
Москва, kuzinaon@mgsu.ru

### **МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

*В работе представлена модель информационного моделирования прогнозных моделей производительности труда в определенный момент времени при соблюдении ограничений проекта - организационных, технологических, физических, документированных процедур. Приведен список методов расчета производительности труда в строительстве. На примере методов поиска аномалий разработана модель управления производительностью труда в строительной организации.*

*Ключевые слова: строительство, системный анализ, производительность труда, информационная модель, жизненный цикл объекта, эксплуатация, искусственный интеллект, управление данными, дерево решений, машинное обучение, аномалии.*

**Введение.** Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года определяет основные цели как обеспечение доступности приобретения, строительства или аренды жилья не менее чем двум третям (67 %) граждан страны и ввод более 1 млрд. кв. метров жилья (за период 2021 - 2030 годов), в том числе многоквартирных домов не менее 550 млн. кв. метров, индивидуальных жилых домов не менее 450 млн. кв. метров, и формирование основы для дальнейшего развития жилищного строительства. При этом предполагается отрасль трансформировать в 3 плоскостях - административной, цифровой и профессиональной. Для это планируется перестройка процессов таким образом, чтобы сократить продолжительность цикла не менее, чем на 30%, регулировать допуск на рынок новых игроков, но с максимальной прозрачностью строительных процедур, которые могут быть обеспечены только цифровыми инструментами. Но и главное, вокруг чего строится стратегия развития – это принятие мер для повышения производительности труда и бережливое управление всеми видами обеспечивающих стройку ресурсами [1]. Алгоритмы машинного обучения (МО) в решении задач повышения производительности труда могут предоставить возможно определить объемы процессов для сокращения издержек, потребления энергии, управления отходами. Сложности при использовании МО возникают из-за отсутствия достаточного количества высококачественных данных для правильного обучения моделей искусственного интеллекта. Для решения задач прогнозирования оставшегося срока службы строительных машин на строительной площадке требуется много данных об отказах, скорости работы, расхода топлива, но создание датасета с реального физического объекта требует много времени и исследований разного типа строительных машин, условий их эксплуатации, типов среды, в которых они работают, данные по заводской производительности. МО основано на обработке исторических данных о производительности труда, организации, машин, а также о потерях, убытках, простоях, чтобы сформировать прогнозы их появления и сценарии реагирования при наступлении неблагоприятных обстоятельств или вообще их предотвращения. Учитывая сложности и большое количество факторов, влияющих на строительное производство, важно рассматривать группы факторов и их взаимное влияние друг на друга и на результаты работы системы. В модели управления производительностью труда при реализации функций

управления – планирования, организации, мониторинга и учета - решаются задачи аналитики, прогнозирования влияния воздействия факторов на параметры конечного результата, прогнозирование отказов и простоев, прогнозирование выполнения задач по календарному плану в срок, прогнозирование потребления материальных ресурсов, их запасов, электроэнергии, воды, тепла и т.д. Кроме того, важнейшей задачей является моделирование сценариев ритмичного производства работ для достижения показателей проекта на основе прогнозных моделей, полученных методами ИИ [2].

**Материалы и методы.** Производительность труда – понятие конъюнктурное, выбор методики расчета и целевой функции зависит от контекста, субъекта и объекта труда. Чаще всего под производительностью труда понимается получение объема продукции в единицу времени. С понятием производительности труда тесно связаны и другие расчетные понятия – выработка и трудоемкость. При этом все 3 понятия учитывают фактор времени, то есть некоторую последовательность действий, которая необходима для получения продукции, происходящую на определенном отрезке времени. Таким образом, очевидно, что понятие производительности труда связано с календарным графиком выполнения запланированных работ, а от формирования и в дальнейшем контроля его выполнения зависит фактическая производительность труда. То есть для построения модели управления производительностью труда необходимо учитывать 2 стадии – формирование прогноза производительности труда в соответствии с календарным планом и производство организационных действий на участке фронта работ для выдерживания или опережения плана. Кроме того, важно отметить, что производительность труда будет зависеть и от выбранных строительных материалов и конструктивных решений, так как набор действий для получения единицы продукции в отрезок времени для разных конструктивных решений и строительных ресурсов может значительно отличаться. Получается важными признаками для формирования необходимой модели данных для прогнозирования являются – выбранные материалы и технологии, последовательность работ и продолжительность их выполнения в календарном плане, организационные действия конкретных исполнителей на участках фронта работ для выдерживания установленного плана. И если первые 2 показателя мы можем выбрать, запланировать, то прогноз выполнения этого плана останется вероятностной задачей. В таблице 1 показаны основные методы расчета производительности труда, которые применяются в строительных организациях. Для применения любого из этих методов надо обязательно знать показатели: число рабочих, относительно которых применяется расчет, объем работы.

Таблица 1. Методы расчета производительности труда.

Оцениваемый результат	Метод расчета	Формула расчета	Описание слагаемых формулы	Единицы измерения
Стоимость работ/объекта	Стоимостной метод	$ПРст = C / N$	ПРст – стоимостная производительность труда; C – объем произведенной продукции в финансовом (стоимостном) выражении. N — количество единиц продукции	Руб. в единицу времени
Объем работ/объект полностью	Натуральный метод	$ПРнат = Vнат / N$	ПРнат – натуральная производительность труда Vнат – количество единиц произведенной продукции в удобной форме исчисления.	Кв.м, куб.м в час, день, месяц, год
Сроки выполнения	План-факт	Резервы	Общий и частный	дней
Условные единицы	Условно-натуральный	$ПРусл = Vусл / N$	ПРусл – производительность труда	Кв.м, куб.м в

	метод		в условных единицах продукции Усул – условный объем продукции, например, в виде объема конструкции	час, день, месяц, год
Трудоемкость	Трудовой метод	$ПРтр = V_{за} \text{ ед } T / N$	ПРтр – трудовая производительность $V_{за} \text{ ед } T$ – количество продукции, изготовленной за выбранную единицу времени.	Чел. час, чел. дн.

Методы обработки данных применяются для задач потокового анализа измеренных параметров работы оборудования и рабочих на предмет их аномального поведения. Решение данной задачи принципиально может строиться двумя способами: моделирование штатной работы оборудования или технологической карты конкретной строительной-монтажной работы и анализ отклонений от нее; анализ статистики отказов оборудования или простоев рабочих и прогнозирование их повторного появления [3].

После анализа полученных данных следующим этапом является задача прогнозирования развития обнаруженных аномалий простоев и отказов на будущие моменты времени. Основным результатом данного этапа вычислений является оценка остаточного временного ресурса, доступного до момента наступления отказа, развитие которого было обнаружено на этапе анализа. Для решения задач анализа и прогноза применяются такие методы, как нейронные сети, метод опорных векторов и его производные, статистические и регрессионные методы, методы обработки временных рядов, технологии data mining. Для эффективной работы систем предиктивной аналитики важным является не только обнаружение аномалии в поведении оборудования или отклонений действий рабочих от технологических карт, но и их идентификация и классификации. Как правило, эта задача решается путем сравнения текущего среза состояния объекта с базой типовых отказов, накопленной на основании опыта проектирования и эксплуатации конкретного типа объектов. Для решения задачи определения отказов/простоев и сравнения их с имеющейся базой применяются технологии детекции объектов, экспертные системы, методы нечеткой логики, деревья решений, методы кластеризации [4].

**Результаты.** Существует множество способов, с помощью которых статистика и методы машинного обучения могут быть использованы для обнаружения отклонений. В данном исследовании использованы как контролируемые, так и неконтролируемые методы обнаружения отклонений: межквартильный диапазон, кластеризация, Гауссовское распределение. При этом метриками оценки выбраны расчетные показатели обнаруженных выбросов, матрица ошибок и точность [5].

Используемый датасет содержит показания 52 датчиков, установленных на строительной машине – бульдозер. Набор данных содержит данные за один полный год с разными временными метками. У нас также есть столбец "состояние машины", в котором представлены различные условия работы машины, такие как "нормальная работа", "неисправность" и "восстановление". В наборе полученных данных, было несколько отклонений: пустые столбцы, повторяющиеся записи, отсутствующие значения. Предварительный анализ данных проводится с помощью методов анализа временных рядов, а также проведен корреляционный анализ данных с датчиков. Большинство показаний датчиков соответствуют нормальному распределению, которое интуитивно понятно, и это наблюдение позволяет использовать многомерные методы Гаусса. Если датчик обнаруживает аномалию, вполне вероятно, что остальные датчики, с которыми он сильно коррелирует, также обнаружат аномалию.

Разработка функциональных возможностей — это метод МО, который использует преимущества данных для генерации новых переменных, которые изначально не являются

частью обучающего набора данных. Разработка функций может быть использована для создания новых функций как для контролируемого обучения, так и для обучения без учителя. Основная цель разработки объектов - упростить и ускорить преобразования данных при одновременном повышении точности модели. На этом шаге применяется анализ главных компонент (РСА), чтобы извлечь наиболее важные функции для дальнейшего использования в обучающих моделях.

Статистическое моделирование можно определить как процесс применения статистического анализа к набору данных - математических моделей и статистических допущений для генерации выборочных данных и составления прогнозов. В исследовании использована модель межквартильного диапазона (МД) — это разница между третьим квартилем и первым квартилем распределения - Q3 и Q1. Затем вычисляется верхняя и нижняя граница, т.е. в 1,5 раза превышающие МД, чтобы отметить выбросы. Таким образом, любые точки данных, которые выходили за пределы верхней и нижней границ, были помечены как аномалии / выбросы. При использовании критерия Хи-квадрат были определены 3 наиболее важных датчика в наборе данных.

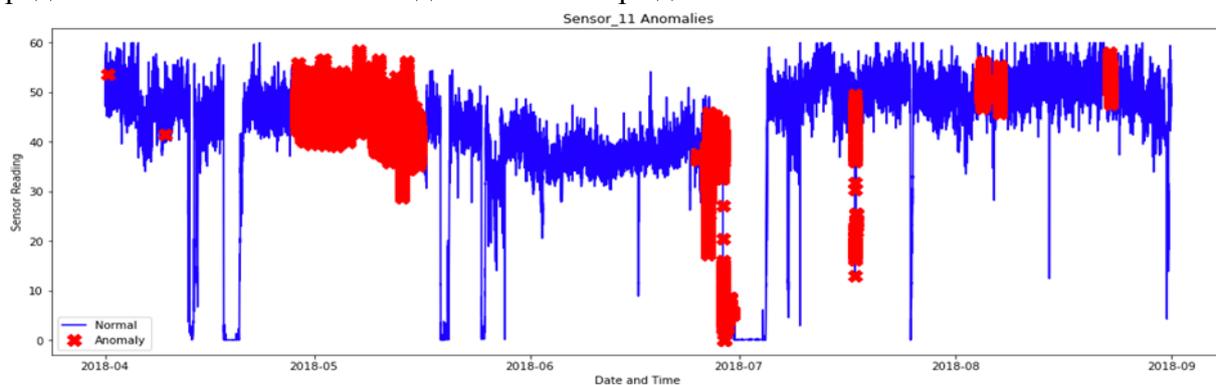


Рисунок 1. Результаты аномалий на датчике номер 11.

Основное предположение при обнаружении аномалий на основе кластеризации заключается в том, что если группируются данные, нормальные данные будут принадлежать кластерам, в то время как аномалии не будут принадлежать ни к каким кластерам или будут принадлежать небольшим кластерам.

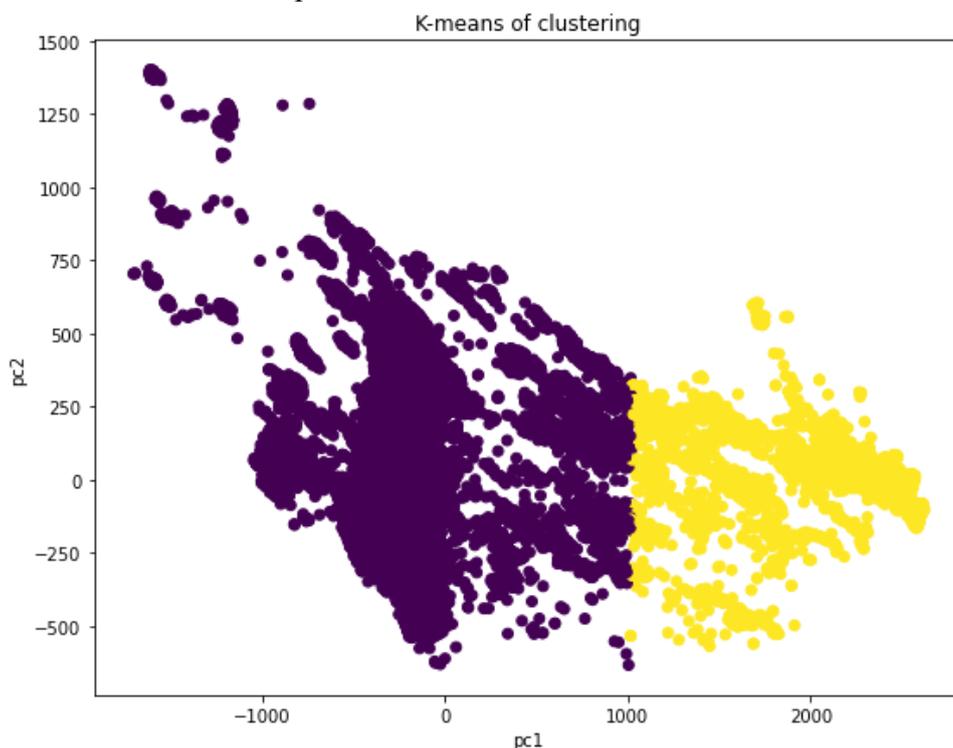


Рисунок 2. Метод кластеризации.

Многомерное гауссовское распределение — это нормальное распределение. Вектор называется многомерным, нормально распределенным, если все линейные комбинации его компонентов следуют нормальным распределениям. Данная модель была рассмотрена на 5 основных компонентах. Модель обучается, оценивая параметры распределения и присваивая распределению наблюдения на основе вероятностей. Выбранные 5 основных компонентов имеют распределения, близкие к нормальным, все сосредоточены вокруг 0. Каждое распределение определяется своим собственным набором параметров - средним значением и ковариационными матрицами.

После того, как вычислено среднее значение и матрица совместной дисперсии пяти основных компонентов, применяется многомерное распределение Гаусса к компонентам в совокупности. После того, как установлено многомерное распределение, внедряется алгоритм поиска, использующий оценку F1, чтобы выбрать наилучший порог для пометки наблюдения как аномалии.

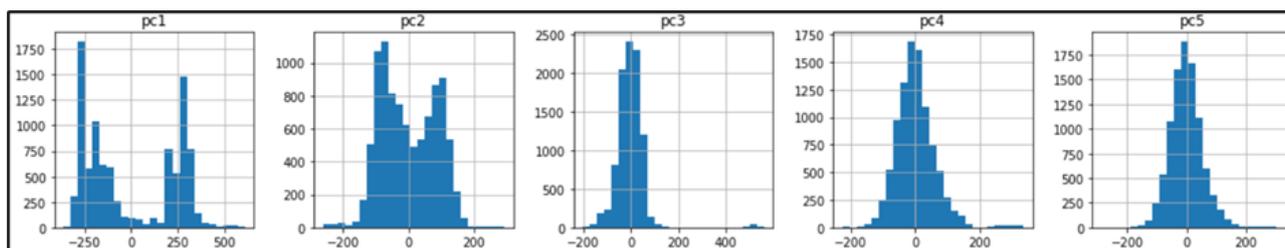


Рисунок 3. Многомерное гауссовское распределение

Использованы модели для обнаружения аномалий двумя способами: прогнозирование меток на основе сгенерированной модели, использование предсказанных вероятностей из модели для обнаружения аномалий. Это было реализовано с использованием того же порогового механизма, который использовался в многомерной модели распределения Гаусса. Последний этап - оценка и сравнение моделей. В таблице 2 показаны результаты моделирования.

Таблица 2. Результаты моделирования.

Модель	Точность Accuracy	F-Score
Кластеризации	82%	N/A
Многомерное гауссовское распределение	94%	0,602

Порядок обработки данных показана на рисунке 4.

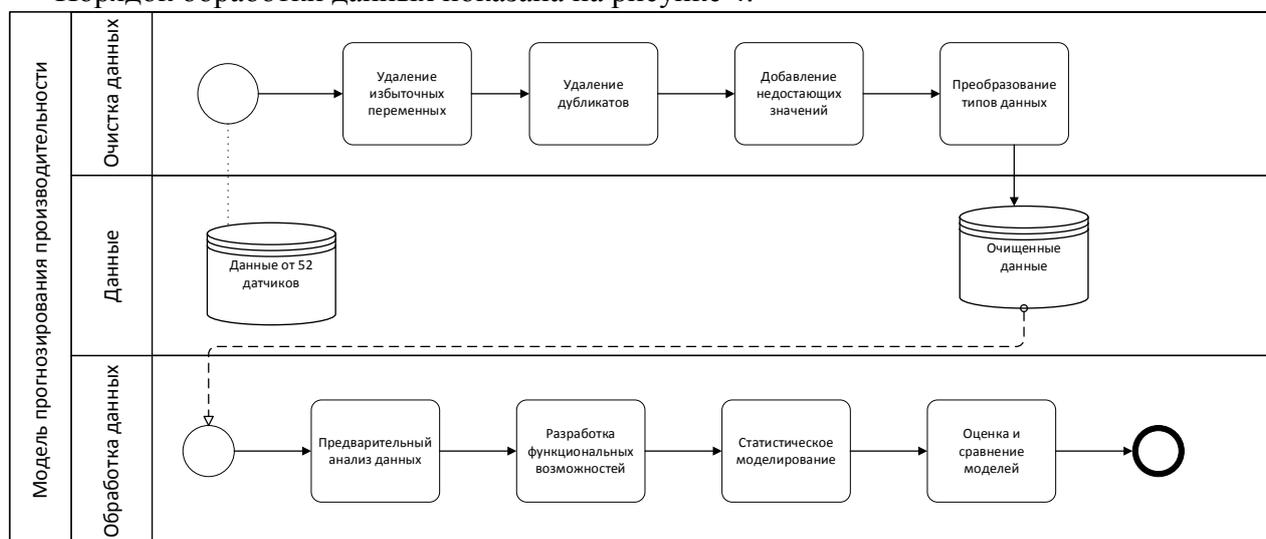


Рисунок 4. Модель прогнозирования производительности - поиск аномалий

**Обсуждения.** Управление по отклонениям состоит из следующих этапов:

1. Измерение – это оценка, часто количественная, различных видов деятельности.
2. Прогноз – это анализ полученных при измерении оценок, основанный на понимании задач проекта и экстраполяции выявленных тенденций на будущее.
3. Отбор – обеспечение знания критериев, которыми следует руководствоваться при принятии решений.
4. Наблюдение – стадия оценки ситуации, которая обеспечивает сбор данных.
5. Сравнение – фактическое состояние задач и работ сравнивается с плановым, выделяются отклонения от нормы/плана, разрабатываются сценарии реагирования для выхода на запланированные результаты.

Важно отметить проблемы реализации модели, потому что обучение моделей обнаружения аномалий с помощью неконтролируемых алгоритмов обучения с большим набором данных может быть очень длительным. Следующим этапом развития модели управления производительностью планируется попробовать реализовать SVM (машинное моделирование опорных векторов) на этих данных. Дальнейшие шаги по улучшению модели: выбор объекта с использованием передовых методов, расширенная настройка гиперпараметров, реализация других алгоритмов обучения, таких как SVM, DBSCAN и т.д. [6].

Преимущество МО в производстве – это увеличение производительности за счет оптимизации производственного процесса, снижение затрат за счет профилактического обслуживания, что приводит к меньшему количеству операций по техническому обслуживанию, означает снижение затрат на рабочую силу и сокращение запасов и расходных материалов, прогнозирование срока службы оборудования, строительных машин [7]. Детальная информация об износе и состоянии машин и оборудования приводит к созданию условий, которые улучшают производительность при сохранении работоспособности техники. Прогнозирование срока выработки избавляет от неожиданностей и поломок, которые вызывают незапланированные простои.

#### Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 г. No 3268-р. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года.
2. Кузина, О. Н. Датацентричный BIM-сценарий исполнительного моделирования и приемки работ по объекту капитального строительства / О. Н. Кузина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 1. – С. 35-41.
3. И.В. Некрасов, к. т. н., Д.В. Лежнин. Технологии Искусственного интеллекта в задачах управления производством. [https://www.researchgate.net/publication/342673454\\_Tehnologii\\_Iskusstvennogo\\_intellekta\\_v\\_zadachah\\_upravlenia\\_proizvodstvom](https://www.researchgate.net/publication/342673454_Tehnologii_Iskusstvennogo_intellekta_v_zadachah_upravlenia_proizvodstvom) [accessed Feb 07 2023].
4. Кричевский М.Л., Дмитриева С.В. Оценка эффективности труда методами машинного обучения // Экономика труда. – 2021. – Том 8. – № 9. – С. 945-960. – doi: 10.18334/et.8.9.113430.
5. Cheng, T.; Lu, Q.; Kang, H.; Fan, Z.; Bai, S. Productivity Prediction and Analysis Method of Large Trailing Suction Hopper Dredger Based on Construction Big Data. *Buildings* 2022, 12, 1505. <https://doi.org/10.3390/buildings12101505>
6. Carol Corrado, Jonathan Haskel, Cecilia Jona-Lasinio, Artificial intelligence and productivity: an intangible assets approach, *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 37, Issue 3, Autumn 2021, Pages 435–458, <https://doi.org/10.1093/oxrep/grab018>
7. Kuzina O. Information technology application in the construction project life cycle//IOP Conference Series Materials Science and Engineering - July 2020. 869:062044/

## 2.3.1.

**Е.С. Лесик, Д.А. Макаров, С.Н. Падалко д-р. техн. наук, А.М. Станкевич**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Прикладная информатика»,  
Москва, klesik@inmas.ru, makarov@inmas.ru, snp@inmas.ru, stan@inmas.ru

### **БАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

*В статье представлены базовые процессы функционирования цифровой организации, в основе которых лежит представление организации как множества всех видов ресурсов, которыми она располагает. В том числе, информационные ресурсы, основу которых составляют цифровые представления состава и технологий получения продукции, которые организация может либо изготовить, либо получить от других организаций. Эта информация является исходной для представленных базовых процессов. Сами эти процессы сводятся к автономному исполнению производящих модулей и управлению ими, обеспечивающему рациональное выполнение организацией её функций.*

*Ключевые слова: цифровая организация, процессы расширения, процессы исполнения, процессы управления, ресурсы организации, производящий модуль, заказ-управление.*

В основе рассматриваемых ниже базовых процессов функционирования цифровых организаций, лежат следующие основные положения, развивающие результаты, изложенные в [1].

1. Цель организации – решение задачи, называемой далее исходной, достигается путем автономного решения множества частных задач и процедур согласования получаемых при этом результатов. Исходная задача, по определению, является сложной. Её решение может быть получено только при декомпозиции на множество частных задач, решение которых может быть получено без дополнительного членения. Процедуры генерирования постановок частных задач и согласования результатов их автономного решения строятся таким образом, что итоговая совокупность результатов решения частных задач соответствует корректным (допустимым/рациональным) результатам решения исходной задачи.

2. Постановки и методы решения частных задач в процессе решения исходной задачи, в том числе при согласовании их результатов, могут изменяться. Соответственно, информационные связи (связи по входам-выходам) между частными задачами нестационарны, т.е. могут появляться и исчезать в процессе функционирования организации/системы.

3. Управление решением частных задач строится, исходя из нахождения допустимого/рационального решения исходной задачи. Оно, базируется на «отслеживании» информационных связей между частными задачами, и обеспечении согласованности результатов автономного решения информационно связанных задач. При этом различаются горизонтальная и вертикальная связность частных задач и, соответственно, строятся различные процедуры вертикального и горизонтального согласования.

4. В основе функционирования организации лежит дуализм, с одной стороны, постановок задач, производных от исходной задачи, и необходимых для их решения ресурсов, а с другой – располагаемых ресурсов. Рассматриваемый в работе [1] частный случай отличается тем, что в роли ресурсов выступают отношения математической модели класса изделий, к которому принадлежит проектируемое изделие, и методы решения задач на основе этих моделей, т.е. информационные ресурсы определенного, частного вида. Очевидно, что в задачах проектных организаций, в основе которых лежит синтез, анализ и выбор решений на основе математического моделирования, такая трактовка ресурсов является оправданной. В тоже время, при рассмотрении организаций, связанных с производством материальной

продукции и услуг (подготовка производства, производство, эксплуатация) в общем случае должны рассматриваться все известные виды ресурсов, среди которых информационные ресурсы являются важным, но далеко не единственным видом ресурсов. Причем информационный ресурс резко отличается от других видов ресурсов, т.к. он не расходуется при его использовании, допускает, как правило, одновременное использование той или иной его единицы при решении нескольких задач и др.

5. В настоящей работе рассматриваются все виды ресурсов машиностроительных организаций: материальные, кадровые, финансовые, информационные. При их цифровом представлении аналогом отношений математических моделей выступают «производящие модули» – объекты, представляющие собой взаимосвязанные наборы ресурсов, необходимых для решения частных задач. А аналогами методов – бизнес-процессы деятельности организаций, обеспечивающие соответствие совокупности результатов решения частных задач рациональному выполнению возлагаемых на организацию задач в целом. Результаты решения частных задач при этом терминологически соответствуют обобщенному понятию «продукция», а постановки частных задач – термину «заказ».

6. В цифровой организации формализованные и представленные в электронном виде описания производящих модулей и процессов функционирования организации являются ключевой частью информационных ресурсов организации. Они определяют множество продуктов, которые может производить организация. А цифровая организация – это организация, содержащая информационный ресурс, который состоит из представленных в электронном/цифровом виде производящих модулей и оперирующих ими процессов, и функционирующая на основе этого ресурса.

7. Базовые процессы цифровой организации состоят из трех групп процессов. Первая из них состоит в разработке и приведении в цифровой вид производящих модулей и оперирующих ими процессов. Эта группа является аналогом процессов постановки продукции на производство, определенных в стандартах серии ГОСТ-15 [2]. Вторая группа базовых процессов связана с автономным функционированием производящих модулей. Основными действиями процессов данной группы являются действия, аналогичные [1] по составу, но существенно отличающиеся алгоритмами в силу названных выше расширений видов ресурсов организаций. Этими действиями являются: анализ возможности решения полученной задачи/выполнения заказа, исходя из имеющихся ресурсов; формирование производящего модуля, как набора ресурсов, необходимых для решения поставленной задачи/выполнения заказа, из множества доступных к моменту её решения; обеспечение непосредственно функционирования сформированного производящего модуля. Третья группа базовых процессов (управляющая) направлена на достижение организацией её целей, что трактуется как решение исходных, полученных от других организаций задач. Основными действиями процессов этой группы являются: генерация постановок частных задач/заказов производящим модулям; контроль результатов их выполнения, в том числе выявление информационных связей между ними; обеспечение согласованности их функционирования.

8. Реализация названных трех групп базовых процессов определяет цифровую организацию, состоящую, соответственно, из трех подсистем: развития, исполнения и управления. Результатом деятельности первой из них является расширение базы продукции, которую способна производить организация, а именно, согласно [2], расширение базы ресурсов, которые организация либо способна производить сама, либо может получать от внешних организаций. Электронные представления этих ресурсов и способа/технологии получения каждого из них образуют, по сути, проекты производящих модулей для получения соответствующих ресурсов.

Результатом подсистемы исполнения, реализующей базовые процессы автономного функционирования производящих модулей, является продукция, полученная в соответствии с заказом подсистемы управления. В свою очередь, результатом функционирования подсистемы управления являются заказы подсистеме исполнения, выполнение которых

должно обеспечить достижение организацией стоящих перед ней целей – выполнение заказов других организаций.

Таким образом, базовые процессы функционирования цифровой организации основываются на цифровом представлении ресурсов, которыми располагает организация. В рамках организации решается множество частных задач, каждая из которых требует определенного набора ресурсов, включая их количество. Эти ресурсы делятся по назначению на две группы: ресурсы, предназначенные для решения частных задач, составляющих исходную задачу, и ресурсы системы управления. При этом система управления [3] представляется стандартными компонентами, а именно:

**Целью**, которая определяется как необходимость решения исходной задачи организации (выпуска набора продукции в портфеле заказов);

**Управлением**, которое состоит в генерации постановок частных задач, совокупные результаты решения которых обеспечивают достижение цели – получение допустимого/рационального решения исходной задачи организации;

**Данными о текущем состоянии объекта управления** (организации), основанными на данных мониторинга результатов решения сгенерированных задач и текущих данных о ресурсах организации.

#### **Список литературы**

1. *Смирнов О.Л., Падалко С.Н., Пиявский С.А.* САПР: формирование и функционирование проектных модулей. М.: Машиностроение, 1987. 272 с.
2. ГОСТ Р 15.000-2016 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Основные положения.
3. *Гинзбург И.Б.* Концепция построения распределенных систем информационной поддержки технического обслуживания аэрокосмической техники с использованием функционально насыщенных веб-клиентов // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2014. №5. С. 159–161.

## 2.3.1

<sup>1</sup>Т.П. Новикова канд. техн. наук, <sup>1</sup>А.А. Бодин магистр, <sup>2</sup>А.И. Заревич канд. техн. наук

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,  
<sup>1</sup>факультет компьютерных наук и технологий, кафедра компьютерных технологий и  
 микроэлектронной инженерии

<sup>2</sup>факультет компьютерных наук и технологий, базовая кафедра технического и программного  
 обеспечения вычислительных и информационных систем  
 Воронеж, novikova\_tp.vglta@mail.ru

### РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЗАГРУЗКИ ПЛАТНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИКЛИНИКИ

*В данной работе представлены показатели оценки загруженности платного отделения, построена корреляционная матрица и проведен регрессионный анализ загрузки платного отделения стоматологической поликлиники, который в перспективе позволит эффективно распределить медицинский персонал и оборудование в зависимости от загрузки отделения.*

Ключевые слова: корреляционная матрица, регрессионный анализ, прогнозирование.

Высокий уровень распространения среди населения стоматологических услуг требует проведения системного анализа организации, управления, планирования и прогнозирования деятельности стоматологической поликлиники для улучшения качества предоставляемых услуг с сохранением доходности [1].

Качество и объем лечебной работы стоматологической поликлиники зависит от:

- 1) материально-технического оснащения;
- 2) количества (доли ставок) и квалификации медицинских работников;
- 3) форм организации труда врачей и норм их нагрузки (УЕТ).

В данной работе оценка загрузки платного отделения стоматологической поликлиники проводилась по показателям из таблицы 1. Исходные данные для расчета приведенных показателей были взяты из аналитической справки о работе отделения терапевтической стоматологии отделения платных медицинских услуг БУЗ ВО «Воронежская стоматологическая поликлиника №2» за 2018 и 2022 гг. Для построения корреляционной матрицы и проведения регрессионного анализа был использован программный пакет IBM SPSS Statistics, ver 25.

Таблица 1 – Показатели для оценки загруженности платного отделения

Наименование показателя	Кодировка
Степень распространенности кариеса зубов (на 100 чел.)	СРКЗ
Степень осложненности кариеса зубов (на 100 чел.)	СОКЗ
Среднее число посещений в день	СЧПД
Соотношение вылеченных и удаленных зубов	СВУЗ
Среднее количество условных единиц трудоемкости (УЕТ) в день на одну ставку	УЕТставка
Среднее количество УЕТ на один визит пациента	УЕТвизит
Среднее число проведенных КТ в день	КТдень

Условная единица трудоемкости (УЕТ) – норматив времени, затрачиваемого при оказании стоматологической медицинской помощи на выполнение объема работы врача на терапевтическом, хирургическом приеме, необходимого для лечения среднего кариеса (около 20 минут) [2].

Для выяснения степени (высокая, средняя, сильная) взаимосвязи (прямой, обратной) между переменными строили корреляционную матрицу. Матрица основана на

непараметрическом критерии Спирмена, поскольку данные показателей по годам не подчиняются нормальному распределению. Для усиления восприятия полученных значений степень прямой корреляции (от 0 до 1) подсвечивали оттенками синего, а степень обратной корреляции – оттенками красного цвета.

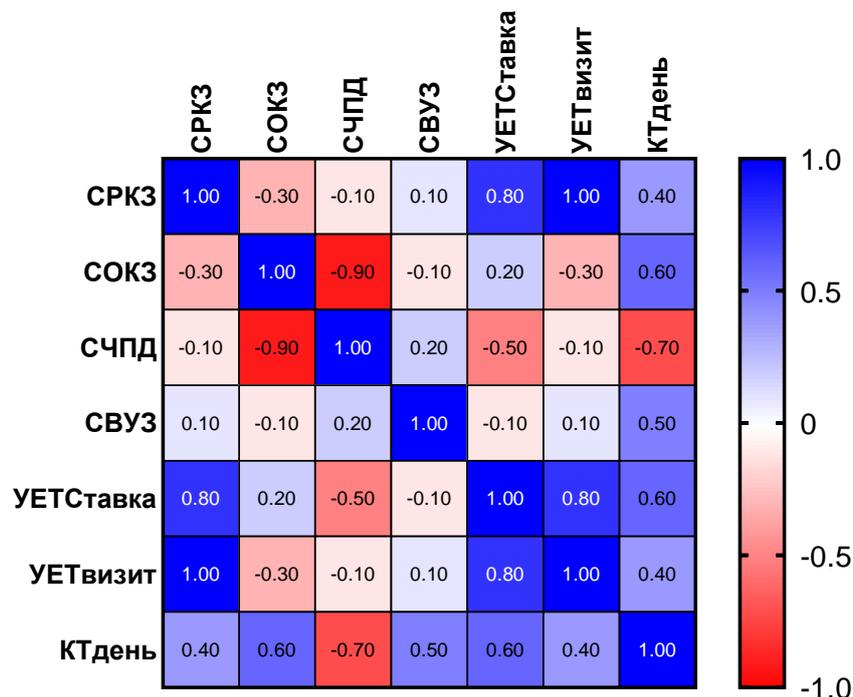


Рис.1 – Корреляционная матрица

Поскольку матрица является симметричной относительно диагонали, проходящей из левого верхнего угла к правому нижнему, то анализ логично осуществлять либо для верхней относительно диагонали, либо для нижней части.

Показатель распространенности кариеса (СРКЗ) статистически значимо ( $p < 0,05$ ) представлен сильной положительной корреляцией с показателями условной средней трудоемкости на ставку УЕТставка (0,8) и на пациента УЕТвизит. Это дает основание использовать СРКЗ в качестве предиктора при регрессионном анализе.

Также наблюдается средняя прямая корреляция между показателями технической оснащенности платного отделения оборудованием для компьютерной томографии КТдень и распространенностью СРКЗ (0,4) и осложненностью СОКЗ (0,6) кариеса. Этот факт не противоречит положению, что качество и объем лечебной работы платного отделения стоматологической поликлиники зависят от материально-технического оснащения.

Одной из отличительных черт прогностической аналитики является стремление выявить закономерности и взаимосвязи в данных. Одним из инструментов для достижения этой цели является регрессионный анализ. Прогностическая аналитика позволит обоснованно провести выбор метода принятия решений в части управления платным отделением стоматологической поликлиники [3].

Поскольку результаты построения корреляционной матрицы демонстрируют сильную положительную корреляцию между показателем распространенности кариеса зубов (СРКЗ) у санированных пациентов платного отделения и средней загрузкой отделения в рабочий день (по количеству посещений (СЧПД), трудоемкости на одного пациента (УЕТвизит) и на одну ставку (УЕТставка), то для осуществления прогнозирования получили уравнения регрессии по данным показателям.

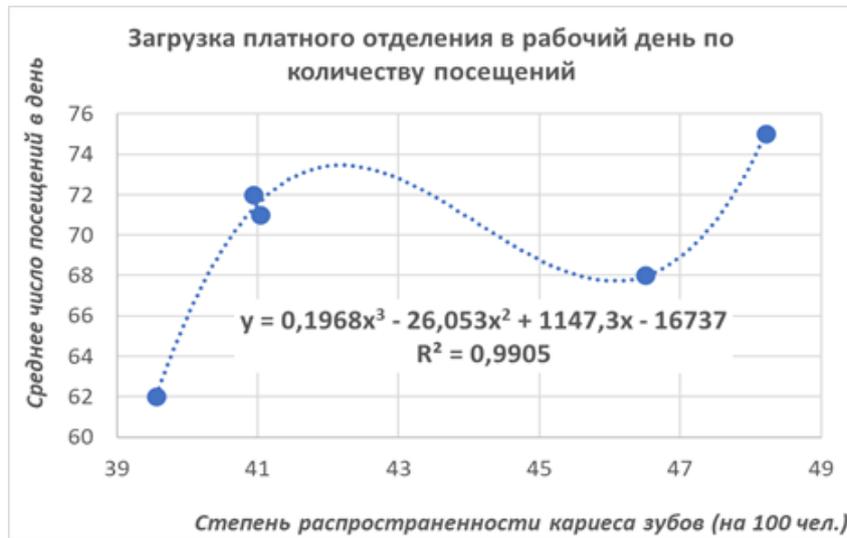


Рис.2 – Регрессионная модель загрузки платного отделения в рабочий день по количеству посещений

Количество посетителей платного отделения в рабочий день статистически значимо ( $p < 0,05$ ) аппроксимируется полиномом третьего порядка (рисунок 2).

Условная трудоемкость на одного посетителя платного отделения в рабочий день статистически значимо ( $p < 0,05$ ) аппроксимируется полиномом второго порядка (рисунок 3).

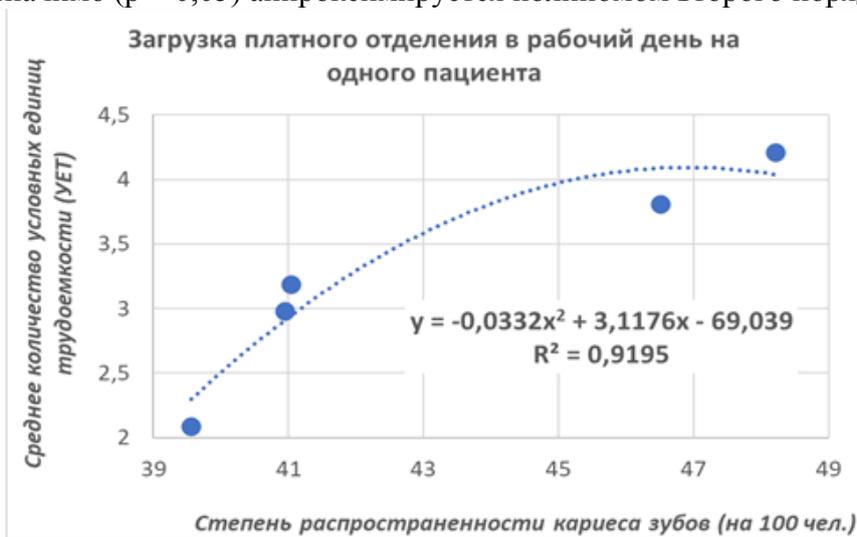


Рис.3 – Регрессионная модель загрузки платного отделения в рабочий день на одного пациента

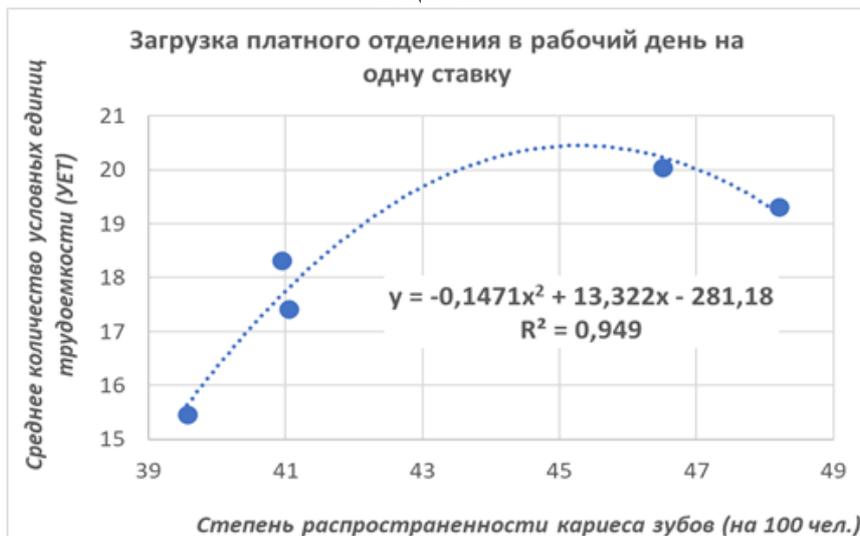


Рис.4 – Регрессионная модель загрузки платного отделения в рабочий день на одну ставку

Условная трудоемкость на одну ставку платного отделения в рабочий день статистически значимо ( $p < 0,05$ ) аппроксимируется полиномом второго порядка (рисунок 4).

Таким образом, интенсификация труда врача платного отделения, направленная на оказание максимальной помощи в одно посещение, сокращает непроизводительные затраты времени, связанные с повторными посещениями.

### *Список литературы*

1. *Новикова, Т. П.* Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для платного отделения стоматологической поликлиники / Т. П. Новикова, А. А. Бодин, С. А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 51-58.
2. <Письмо> Минздрава России от 20.12.2012 N 14-6/10/2-5305 (с изм. от 11.11.2013) <О направлении рекомендаций "Способы оплаты медицинской помощи в рамках программы государственных гарантий на основе групп заболеваний, в том числе клинико-статистических групп болезней (КСГ)" [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_142059/1a12cf11aa28724afc6d2eaa7c7a3151ee256bd5/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_142059/1a12cf11aa28724afc6d2eaa7c7a3151ee256bd5/)
3. *Новикова, Т.П.* К вопросу выбора методов принятия управленческих решений в социально-экономических системах // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1 (2). С. 286-289.

## 2.3.1

<sup>1</sup>Т.П. Новикова канд. техн. наук, <sup>1</sup>С.А. Евдокимова канд. техн. наук,  
<sup>1</sup>У Гоцуй магистр, <sup>2</sup>А.И. Новиков д-р техн. наук

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,  
<sup>1</sup>факультет компьютерных наук и технологий,  
<sup>2</sup>лесопромышленный факультет  
Воронеж, novikova\_tp.vglta@mail.ru, evdsv@mail.ru

### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДБОРА АКЦИЙ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ ИНВЕСТИРОВАНИИ

*В данной работе представлена имитационная модель подбора акций при количественном инвестировании, проведен анализ результатов. Проверка и оценка прогнозной модели проводилась по четырем показателям. AUC построенной модели составил 0,53, что подтвердило применимость разработанной модель для количественного инвестирования.*

Ключевые слова: *имитационная модель, многофакторная модель, прогноз, акции, количественное инвестирование.*

Первоначально авторами был предложен алгоритм количественного инвестирования на базе Random Forest [1], который лег в основу построения многофакторной количественной модели отбора акций.

Исходные данные – пул акций, входящих в состав индекса CSI 300, структура данных строится на основе полученных данных и делится на обучающее множество и тестовое множество в зависимости от времени. Интервал бэктеста: с 2019-01-01 по 2022-03-31. Среда разработки – IDE Pycharm.

В данной работе положительные примеры определяются как растущие акции, а отрицательные - как падающие акции. Если цена постоянна, то акции с постоянной ценой также определяются как падающие акции, учитывая, что за каждую сделку взимается комиссия. Таким образом, запас преобразуется в бинарную проблему (проблема регрессии может быть преобразована в проблему классификации). Он также определяется следующим образом:

Истинный случай (TP): истинной категорией являются акции, растущие вверх. Ложноположительный результат (FP): истинная категория - падающие акции. Ложное отрицание (False Negative, FN): категория истинности повышена, категория прогноза понижена. True Negative (TN): истинная категория снижается, и прогнозная категория снижается.

В то же время, необходимо рассматривать полную оценку модели, а не только точность классификации [2]. В данной работе для проверки и оценки модели выбраны четыре показателя:

1) точность: это наиболее распространенный критерий оценки, позволяющий оценить точность общей модели при классификации выборки:  $accuracy = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$

2) отзыв: количество положительных образцов, правильно классифицированных классификатором, как доля от общего количества положительных образцов:  $recall = TP / (TP + FN)$ .

3) комбинированное среднее значение точности и отзыва:  $precision = TP / (TP + FP)$ .

4) AUC: площадь под кривой ROC, чем больше значение, тем лучше результат классификатора, от 0 до 1. Критерии оценки классификатора (прогностической модели) по AUC. AUC = 1, идеальный классификатор, AUC = [0,85, 0,95], очень хороший. AUC = [0,7, 0,85], справедливо. AUC = [0,5, 0,7], низкий, но достаточно хороший для прогнозирования

акций.  $AUC = 0,5$ , то же самое, что и случайные догадки, модель не имеет прогностической ценности.  $AUC < 0,5$ , хуже, чем случайное угадывание.

На рисунке 1 представлен фрагмент кода сбора и обработки данных. Получены данные К-линии акций с помощью функции Tushare's `get_k_data`, а также построен фактор влияния на основе полученных базовых данных.

```
def dataCollation(code, stdate):
    # Сбор и обработка данных
    # 1. Доступ к основным фондовым данным (пцл данных)
    df = ts.get_k_data(code, stdate, '2022-03-31')
    df = df.set_index('date') # Установите дату в качестве индекса
    # 2. Вычисление простых производных переменных
    df['close-open'] = (df['close'] - df['open']) / df['open']
    df['high-low'] = (df['high'] - df['low']) / df['low']

    df['pre_close'] = df['close'].shift(1)
    #Все строки перемещаются на одну строку вниз, образуя вчерашнюю цену закрытия
    df['price_change'] = df['close'] - df['pre_close'] #Ежедневный заработок
    df['p_change'] = (df['price_change'] / df['pre_close']) * 100 # Ежедневная доходность

    # 3. Построение данных, связанных со скользящими средними (здесь используется индикатор дневной средней)
    df['MA5'] = df['close'].rolling(5).mean()
    df['MA10'] = df['close'].rolling(10).mean()
    df.dropna(inplace=True) # Удаление пустых строк
    df['RSI'] = talib.RSI(df['close'], timeperiod=12) # Индикатор относительной силы
    df['MOM'] = talib.MOM(df['close'], timeperiod=10) # Индикаторы момента
    df['EMA12'] = talib.EMA(df['close'], timeperiod=12) # 12-дневная индикаторная скользящая средняя
    df['MACD'], df['MACDsignal'], df['MACDhist'] = talib.MACD(df['close'], fastperiod=12, slowperiod=26,
                                                             signalperiod=9)

    # Сглаженные разнородные скользящие средние
    df.dropna(inplace=True)
    # Извлечение переменных признаков и целевых переменных
    # X: данные, y: вверх или вниз
    # 1. Извлечение характерных переменных
    data = df[['close', 'volume', 'close-open', 'MA5', 'MA10', 'high-low',
              'RSI', 'MOM', 'EMA12', 'MACD', 'MACDsignal', 'MACDhist']]
    # Использовать информацию о сегодняшних акциях для прогнозирования прибыли или убытков по акциям на следующий день
    pn_data = np.where(df['price_change'].shift(-1) > 0, 1, -1)
    return data, pn_data
```

Рис.1 – Сбор и обработка данных

```
def splitData(X, y):
    # Разделение данных обучающего и тестового мн
    X_length = X.shape[0]
    split = int(X_length * 0.9)
    #Первые 90% - это обучающее множество
    X_train, X_test = X[:split], X[split:]
    y_train, y_test = y[:split], y[split:]
    return X_train, X_test, y_train, y_test
```

Рис.2 – Разделение обучающего и тестового множеств

Данные делятся на обучающее и тестовое множества путем разделения исходных данных в соотношении 9:1. Такое разделение используется для обеспечения временной последовательности. Модель обучается путем вызова библиотеки Random Forest в Python. Обученная модель используется для прогнозирования на тестовом наборе. Переобучение модели происходит путем настройки ключевых параметров модели: `n_estimators`, `max_depth`, `min_samples_leaf`, и выбора того, который сделает модель лучше. Значение каждого из них следующее: `n_estimators`: определяет количество деревьев в лесу, т.е. количество оценщиков, чем больше, тем лучше результат, но относительные вычислительные затраты и возможность переборки возрастут; `max_depth`: ограничивает максимальную глубину деревьев. Любые ветви, превышающие заданную глубину, отсекаются, что оказывает огромное влияние на эффективность модели и ее перебор; `min_samples_leaf`: каждый дочерний узел после ветвления должен содержать не менее `min_samples_leaf` обучающих выборок, что используется для подавления переборки.

На следующих изображениях показаны результаты обучения и бэкестирования этой модели.

Ниже приведены данные о важности каждого фактора для данной модели.

Характеристики	Важность характеристики
2 close-open	0.184017
10 MACDsignal	0.181814
8 close	0.119269
9 MACD	0.097289
11 MACDhist	0.091372
1 volume	0.090668
3 MA5	0.086045
7 MOM	0.068559
6 RSI	0.046878
8 EMA12	0.022464
4 MA10	0.011624
5 high-Low	0.000000

Ниже приведены результаты этой оценки соответствующих показателей модели.

Индикаторы	Результаты
точность	0.43243243243243246
прецизионный	0.4385555555555556
AUC	0.4962797619047620
отзыв	0.9687500000000000

Рис.3 – Результаты оценки модели с параметрами по умолчанию

Ниже приведены данные о важности каждого фактора для данной модели.

Характеристики	Важность характеристики
2 close-open	0.179260
9 MACD	0.115412
11 MACDhist	0.105041
6 RSI	0.094234
7 MOM	0.094057
10 MACDsignal	0.090791
0 close	0.078671
1 volume	0.076284
5 high-Low	0.047858
8 EMA12	0.047105
4 MA10	0.040999
3 MA5	0.030287

Ниже приведены результаты этой оценки соответствующих показателей модели.

Индикаторы	Результаты
точность	0.47297297297297297
прецизионный	0.4492753623180406
AUC	0.5319940476190477
отзыв	0.9687500000000000

Рис.4 – Результаты оценки модели после настройки параметров

В количественном инвестировании есть два важных направления, одно из которых – «выбор акций», а другое – «тайминг». Эмпирический компонент в данной работе – это компонент «тайминг», который используется для определения того, когда покупать и когда продавать при инвестировании. В основу был положен принцип «покупать при росте, продавать при падении», который на практике не так прост и требует сочетания других факторов.

Результаты кривой чистой стоимости после моделирования выше, чем с параметрами по умолчанию (рисунки 7 и 8). Однако рынки постоянно меняются и подвержены влиянию множества факторов, а отдельная модель имеет свои ограничения, поэтому для обученной модели необходимо регулярно перепроверять обоснованность выбранных факторов и это накладывает определенную ответственность на инвестора (либо лицо, принимающее решения [3]).

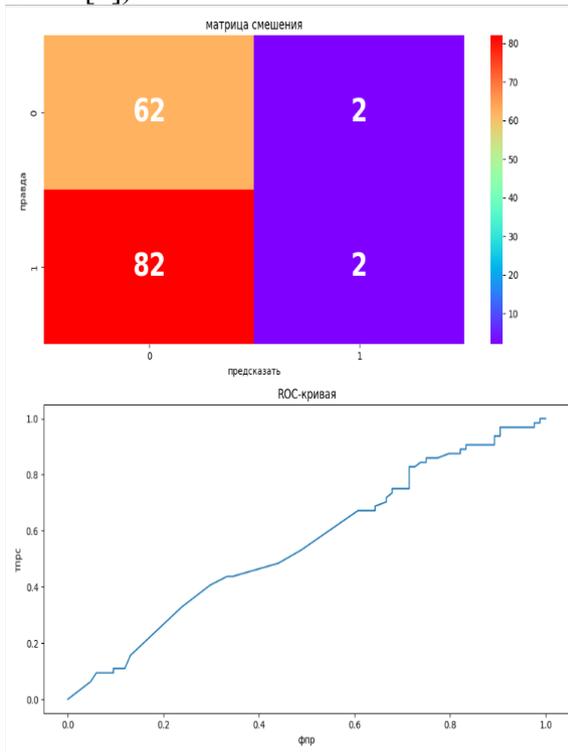


Рис.5 – Матрица смешения и ROC-кривые для моделирования параметров по умолчанию

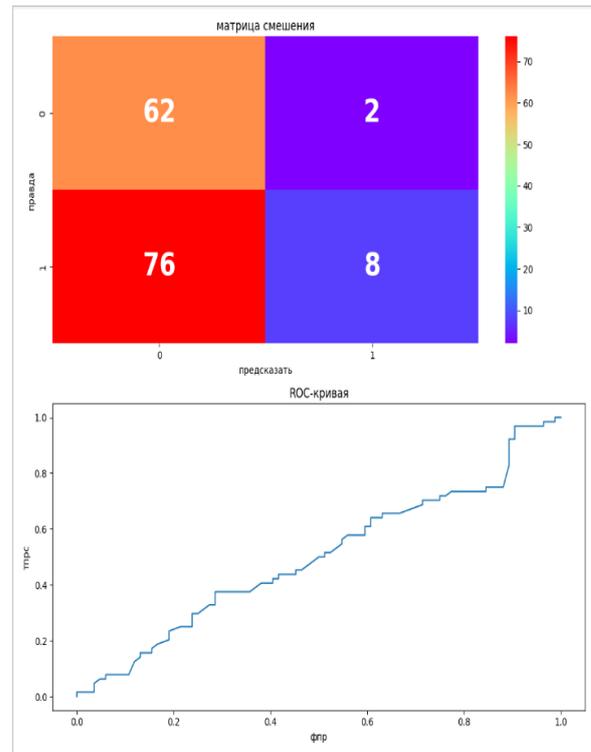


Рис.6 – Матрица смешения и ROC-кривая после настройки параметров



Рис.7 – Кривая чистой стоимости с параметрами по умолчанию

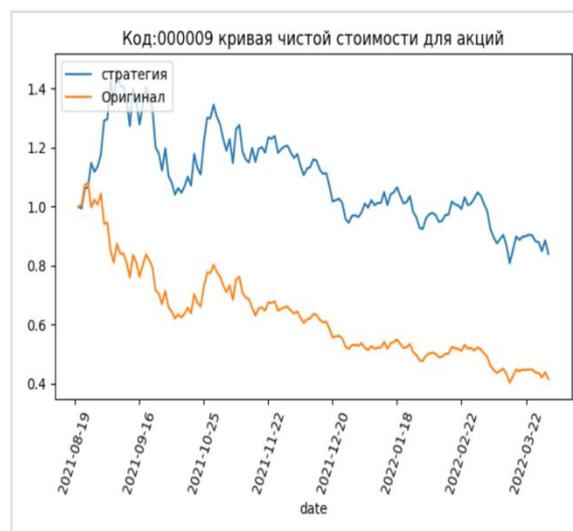


Рис.8 – Кривая чистой стоимости с параметрической настройкой

Оценка пригодности разработанной имитационной модели проводилась по четырем показателям, один из которых AUC построенной модели составил 0,53, что подтвердило применимость разработанной модели для количественного инвестирования.

### *Список литературы*

1. *Новикова, Т. П.* Разработка алгоритма количественного инвестирования на базе Random Forest / Т. П. Новикова, С. А. Евдокимова, Г. У // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 53-60. – DOI 10.12737/2219-0767-2022-15-4-53-60.
2. *В. П. О. Lovatti* Use of Random forest in the identification of important variables / В. П. О. Lovatti, М. Н. С. Nascimento, А. С. Neto [et al.] // Microchemical Journal. – 2019. – Vol. 145. – P. 1129-1134. – DOI 10.1016/j.microc.2018.12.028.
3. *Новикова, Т.П.* К вопросу выбора методов принятия управленческих решений в социально-экономических системах // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. № 1 (2). С. 286-289.

## 2.3.1

**Н.П. Плотникова канд. техн. наук, В.А. Кевбрин**

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, институт электроники и светотехники, кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,  
Саранск, linsierra@yandex.ru, vlad-kevbrin@mail.ru

### РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМЕРА НА ОСНОВЕ ViT

В данной статье освещается попытка создания мультимодальной нейронной сети типа трансформер на основе модели ViT. Авторами рассматривается возможность использования данной модели с целью уточнения получаемой информации от OCR. В статье подробно описывается структура и принципы работы созданного программного обеспечения.

Ключевые слова: *нейронные сети, трансформер, ViT, encoder, decoder.*

Нейронные сети глубоко укоренились в нашей жизни. В настоящее время они используются в широком круге задач, такие как: классификация, кластеризация, обнаружение объектов на изображении, выделение текстовой информации на изображении. Новым витком в развитии стало появление такого типа нейронных сетей, как трансформеры[1]. В первую очередь они используются для преобразования seq to seq (последовательность в последовательность), например, машинный перевод. Структура трансформеров сложно организована, но в ней возможно делать множество различных модификаций, которые могут привести к интересным и порой неожиданным результатам. Одним из таких изменений является мультимодальность. Эта модификация структуры позволяет трансформерам учитывать не один вид информации, а сразу несколько, например текстовую информацию и графическую. Самыми яркими примерами таких моделей являются CLIP[2], DALL-E, CoCa[3]. Схема разрабатываемого программного обеспечения представлена на рисунке 1.

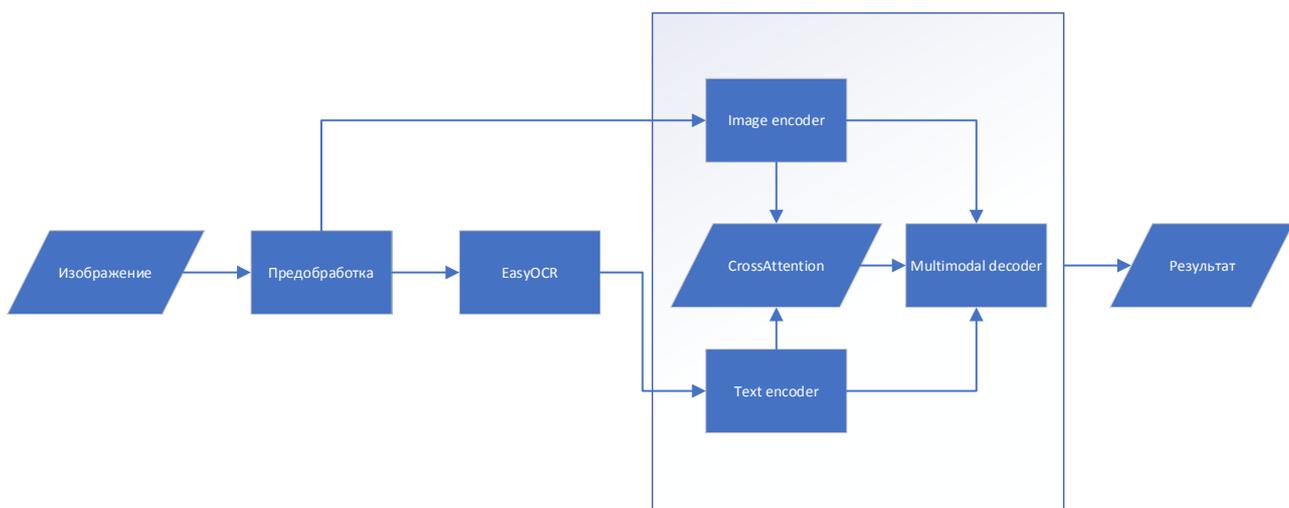


Рис. 1 – Схема разрабатываемого приложения

Так как структура трансформеров может использоваться для широкого круга задач, то стоит определиться, что именно должна выполнять разрабатываемое программное обеспечение. Объединение двух типов трансформеров (для обработки текстовой информации и графической) может использоваться для составления ассоциаций по примеру

CLIP или классификации графических данных, содержащих текстовую информацию. Подходящий вариант - уточнение результатов работы простого OCR (распознавание одного слова, классификатор одного токена).

Структура выглядит следующим образом:

1. В качестве входных данных используется изображение с некой нанесенной на него текстовой информацией (например фотография названия магазина).
2. Данные проходят предварительную обработку.
3. Данные поступают на вход простому OCR и параллельно откладываются для image encoder трансформера.
4. Данные после обработки EasyOCR отправляются на вход трансформера в text encoder.
5. Внутри мультимодальной нейронной сети каждый тип данных проходит по своему процессу подготовки (positional encoding, batching).
6. Мультимодальная модель имеет общее векторное пространство, поэтому имеется возможность взаимодействия данными разных типов между собой.
7. Данные с encoder частей идут совместно в decoder.

Особенности организации мультимодального трансформера:

1. Используется упрощенная модель на основе тройки векторов query, key, value.
2. Каждый тип данных обрабатывается своим embedding.
3. Positional encoding (если он требуется) используется для каждого типа данных отдельный.
4. CrossAttention работает на основе комбинации query от текстовой информации, key и value от графической.

В связи с перечисленными ограничениями, в качестве TextTransformer лучше использовать стандартный трансформер seq to seq для текстовых данных.

При данной организации, первая модель OCR выдает неточные текстовые данные, которые следом уточняются как за счет текстовой модели, так и за счет графической, причем они способны обмениваться данными между собой. Это может увеличить точность работы.

В качестве датасета используется mjsynth, примеры изображений приведены на рисунке 2.



Рис. 2 – Примеры из датасета mjsynth

В качестве языка программирования для реализации программного обеспечения используется python v3.9. Основной библиотекой используется pytorch. В качестве базового класса берется модель ViT[4], реализованная в пакете SimpleViT. Из данного класса необходим только encoder, а остальное прописывается отдельно.

Основные моменты кода приложения:

1. Создание класса MultimodalTransformer.
2. Определение методов инициализации, прохода, а также описание дополнительных классов (CrossAttention, ResidualBlock, MultiHeadTransformerBlock).
3. Отдельным файлом описан функционал для работы с датасетом. Основным классом для работы с данными является CrossModelDataset унаследованный от VisionDataset пакета torchvision.
4. Отдельным модулем реализованы вспомогательные функции для обучения и тестирования.
5. В основном блоке программы заданы основные параметры модели и описаны процессы обучения и тестирования на данных. Данный этап хорошо реализован в модели

DeiT[5], поэтому он был взят за основу с внесением необходимых изменений, таких как критерии оценки, ограничение в обучении на одном графическом процессоре, дополнительные точки сохранения.

Листинг кода обучения на одной эпохе приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Функция обучения на одной эпохе

```
def train_one_epoch(model: torch.nn.Module, data_loader: Iterable, optimizer:
torch.optim.Optimizer, epoch: int, device: torch.device):
    model.train(True)
    metric_logger = utils.MetricLogger(delimiter=" ")
    header = 'Epoch: [{}]' .format(epoch)
    print_freq = 10
    for image_samples, text_samples, targets in
metric_logger.log_every(data_loader, print_freq, header):
        image_samples = image_samples.to(device, non_blocking=True)
        text_samples = text_samples.to(device, non_blocking=True)
        targets = targets.to(device, non_blocking=True)
        optimizer.zero_grad()

        outputs, losses = model(text_samples, image_samples, labels=targets,
return_loss = True)
        max pr, indices = torch.max(outputs, 2)
        acc = accuracy(indices, targets)
        losses.backward()
        loss_value = losses.item()

        if not math.isfinite(loss_value):
            print("Loss is {}, stopping training" .format(loss_value))
            sys.exit(1)

        optimizer.step()

        metric_logger.update(loss=loss_value)
        metric_logger.update(acc=acc)
    print("Averaged stats:", metric_logger)
    return {k: meter.global_avg for k, meter in metric_logger.meters.items() }
```

Обучение происходило на графическом процессоре видеокарты Nvidia GTX 3090Ti. В связи с большой нагрузкой на графический процессор и крупным объемом данных в датасете, для увеличения скорости обучения были приняты следующие решения:

1. Размеры изображений изменяются на 256x256.
2. Размерность для encoder ViT взята 1024.
3. Размерность основной модели 512.
4. Количество изображений уменьшено, по 100000 на обучающую и тестовую выборки.
5. Batch size 512.

Пример логирования результатов приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Логирование данных во время обучения

```
{ "time": "Tue Jan 24 14:10:02 2023", "train_loss": 18.22749991783729, "train_acc":
1.4933894230769231, "epoch": 0}
{ "time": "Tue Jan 24 14:13:06 2023", "train_loss": 15.3593353222578, "train_acc":
11.866987179487179, "epoch": 1}
{ "time": "Tue Jan 24 14:16:12 2023", "train_loss": 13.021536787962303, "train_acc":
34.96594551282051, "epoch": 2}
{ "time": "Tue Jan 24 14:19:26 2023", "train_loss": 12.09058049030793, "train_acc":
```

```

45.149238782051285, "epoch": 3}
{"time": "Tue Jan 24 14:22:32 2023", "train_loss": 11.887198800307054, "train_acc":
45.774238782051285, "epoch": 4}
{"time": "Tue Jan 24 14:25:39 2023", "train_loss": 11.626090993636694, "train_acc":
45.88842147435897, "epoch": 5}

```

Таблица 3 – Результаты обучения

Модель	Accuracy, %
EasyOCR	43.66
EasyOCR + MultimodalTransformer	77.92

Как видно из результатов, представленных в таблице 3, модель с использованием MultimodalTransformer демонстрирует лучшие результаты, но стоит отметить, что обучение занимает значительное количество времени и ресурсов. Так как это трансформер, сочетающий в себе обработку, как графической, так и текстовой информации, то рекомендуется для обучения использовать крупные датасеты и несколько мощных графических процессоров.

#### **Список литературы**

1. *Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit* Attention is all you need // In Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, pages 6000–6010, 2017.
2. *Alec Radford, Jong Wook Kim* Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision // Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning, PMLR 139:8748-8763, 2021.
3. *Vijay Vasudevan, Legg Yeung, Mojtaba Seyedhosseini* CoCa: Contrastive Captioners are Image-Text Foundation Models [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2205.01917.pdf> (дата обращения 03.01.2023)
4. *Alexey Dosovitskiy, Lucas Beyer, Alexander Kolesnikov* An image is worth 16x16 words: transformers for image recognition at scale // International Conference on Learning Representations, 2021.
5. *Hugo Touvron, Matthieu Cord, Matthijs Douze, Francisco Massa, Alexandre Sablayrolles, Herve Jegou* Training data-efficient image transformers & distillation through attention // Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning, PMLR 139:10347-10357, 2021.

## 2.3.1.

**М.М. Репин, С.В. Литвинов, Д.Г. Зорин, Е.А. Чистяков**

МИРЭА - Российский технологический университет,  
Институт радиоэлектроники и информатики  
Litvinov\_S@mirea.ru

**БЕСКОНТАКТНАЯ БАРАБАННАЯ УСТАНОВКА  
НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA328**

*В статье приводится разработка бесконтактной барабанной установки на базе микроконтроллера ATmega328. Устройство измеряет силу имитации удара, считывает данные, обрабатывает их и передает полученные значения на вычислительный комплекс (ВК). Обмен данными с ВК реализован посредством виртуального MIDI-порта, управление осуществляется через USB-интерфейс, что позволяет загружать пользовательские сценарии. В качестве датчиков применены инфракрасные модули Sharp 2Y0A21, обеспечивающие требуемую точность измерения расстояния.*

Ключевые слова: микроконтроллер, ATmega328, MIDI, Arduino IDE, разработка, инфракрасный датчик.

**Введение.** История возникновения музыкальных инструментов уходит глубоко в историю человечества. С развитием электроники традиционные акустические инструменты стали терять популярность, вытесняясь электронными. Одновременно с этим стали появляться совершенно новые, т.н. радиоэлектрические инструменты, не имеющие акустических аналогов, например собранный в 1920 русским инженером Львом Сергеевичем Терменом - «терменвокс». [1] Принцип работы терменвокса заключается в изменении музыкантом расстояния между своими руками и антеннами инструмента. Это приводит к изменению ёмкости колколебательного контура, а значит и частоте звука. Горизонтальная подковообразная антенна отвечает за изменение громкости звука, а вертикальная - за изменение тона звука. Оригинальная конструкция подвергалась модернизации, в частности известна разработка альтернативной функционально схожей конструкции терменвокса на основе работы с видеопотоком. [2]

Барабанная установка, являющаяся одной из исторически простейших конструкций, также со временем подвергалась изменениям, как в части размеров отдельных барабанов, так и в связи с переходом на электронную компонентную базу. При этом принцип оставался неизменным - извлечение звука достигается за счет удара по мембране палочкой, щетками, руками, деревянной колотушко или трением.

Данная установка была разработана в качестве экспериментальной модели визуального взаимодействия с музыкальными инструментами. При этом крайне важна простота обращения с установкой. Для игры на ней, не обязательно уметь играть на барабанах, достаточно интуитивно понимать, где и с какой скоростью надо провести рукой, для имитации удара. Установка предполагает возможность загружать различные версии пользовательских программ, которые, например, могут заикливать определённый звук. Звуки воспроизводятся на вычислительном комплексе (ВК) с использованием специального программного обеспечения (СПО).

По своей сути установка имитирует MIDI устройство, которое позволяет предоставить пользователю выбор различных звуков. Работа возможна в любой DAW-программе или секвенсоре. DAW (Digital Audio Workstation) - цифровая аудио рабочая станция – тип программного обеспечения, предназначенного для редактирования звука. Интерфейс DAW-программ интуитивно понятен, что упрощает использование данного устройства, а также

позволяет визуально наблюдать за тем, как звук издаётся простым взмахом руки, но не тактильным откликом пластины, как это сделано в электронной ударной установке.

Цель настоящей работы в разработке принципиально нового визуального восприятия извлечения звука при помощи датчиков, настройке и отладке датчиков расстояния с необходимой точностью, для качественного анализа имитации силы удара при помощи разных типов датчиков.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

1. изучение принципа работы датчиков расстояния, изучение работы MIDI устройств, изучение барабанных установок;
2. изучение средств разработки устройств на базе ATmega328, в частности библиотек <MIDI\_Controller.h>, <Controller.h>, <MIDI.h>;
3. разработка модели устройства для 3D-печати, составление имитационной модели работы установки в IDE (Integrated Development Environment - интегрированная среда разработки);
4. выбор датчика расстояния, тестирование;
5. печать и сборка модели установки, устранение неполадок;
6. создание барабанной установки на макетной плате, поиск вариантов решения проблемы MIDI;
7. соединение датчиков на макетной плате и отладочной плате Arduino, полная сборка установки, анализ перспектив и модернизации;
8. программирование и отладка установки, анализ устройства.

**Выбор инфракрасного датчика.** В качестве измерителя дальности выбран инфракрасный модуль измерения расстояния Sharp 2Y0A21 в количестве пяти штук, подключенные к аналоговым входам. [3] Использование аналоговых датчиков обосновано тем, что напряжение на нем пропорционально расстоянию до препятствия. При этом, как в случае с ультразвуковыми датчиками, точность измерения зависит от типа препятствия. На рисунке 1 представлена зависимость измеренных значений от типа препятствия.

Исходя из этих данных можно сделать вывод о приемлемой точности данного датчика вне зависимости от типа поверхности. Несмотря на погрешность измерений, которая составляет до 5 сантиметров, выбор был сделан в пользу Sharp 2Y0A21, поскольку погрешности иных похожих датчиков сопоставимы. Выбранный датчик подходит по требуемому диапазону измерений - от 10 до 80 см.

Из рисунка видно, что у черной поверхности коэффициент отражения меньше, чем у руки и белой бумаги. При этом датчик выдает схожие показания для белой бумаги и руки, за исключением редких «выбросов».



Рисунок 1 – Изменение показаний датчика в зависимости от типа поверхности

В процессе испытания датчика, измерены погрешности на разных расстояниях. Результаты показаны на рисунке 2. Выяснилось, что в случае, если препятствие находится ближе границы радиуса действия (10 см), датчик считает, что препятствие, наоборот, удаляется. Это происходит из-за угла падения луча. Датчик работает корректно и за пределами, установленными производителем, но точность этих показаний уже значительно хуже, чем в допустимых значениях.

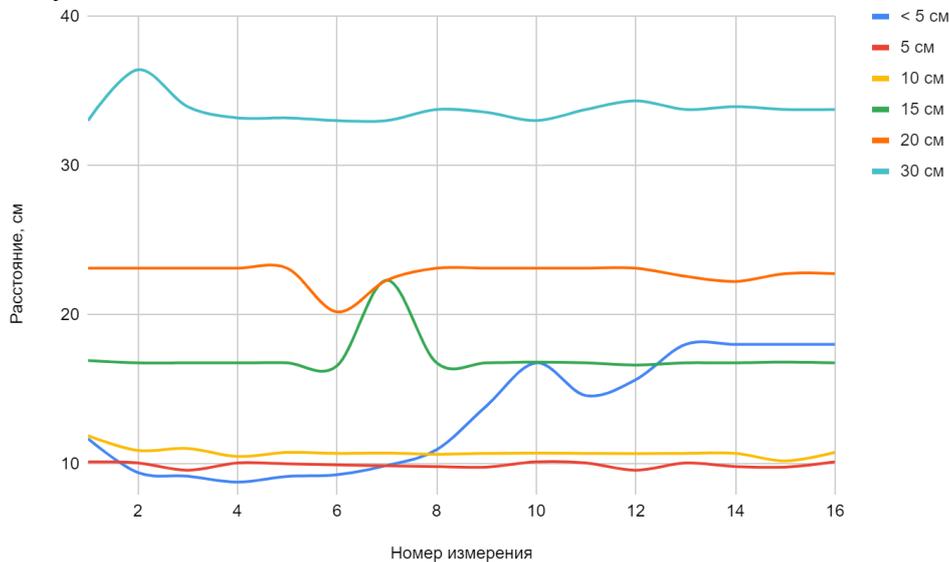


Рисунок 2 – Изменение показаний датчика Sharp в зависимости от дальности объекта

В заявленном производителем радиусе достаточная точность для бесконтактной установки. При этом целесообразно учитывать, что в установке датчик должен быть установлен так, чтобы препятствие физически не могло оказаться ближе нижней границы радиуса действия.

Как уже было сказано выше, в аналоговых датчиках выходное напряжение пропорционально расстоянию до препятствия. При этом реальная зависимость несколько отличается от линейной при измерении до 10 см. Это удовлетворяет условиям применения его в установке, поскольку установка измеряет в диапазонах 0-25, 25-50 и 50-75 см.

Показания датчика в заявленном диапазоне показывают стабильность измерения, не учитывая единичные «выбросы». Погрешность составляет не больше 25%. Проведенные испытания показали, что инфракрасный датчик Sharp 2Y0A21 отвечает требуемым параметрам и может быть применен для реализации установки.

**Алгоритм работы.** Бесконтактная барабанная установка построена на базе микроконтроллера ATmega328, являющегося основой отладочной платы Arduino Uno R3. [4]

Программирование и отладка проводилась в среде разработки Arduino IDE. Выбор платформы обусловлен простотой разработки сценариев для конечного пользователя. Для виртуального MIDI-порта используется специальное программное обеспечение (СПО) - LoopBe1, которое не требует дополнительной настройки после установки, что облегчает работу пользователю.

Для связи аппаратной платформы и DAW-программы посредством виртуального MIDI-порта используется программное обеспечение Max 8. Микроконтроллер передает обработанные значения в Serial-порт. Затем Max 8 преобразует и передает их в LoopBe1, после чего значения принимаются DAW. Алгоритм работы установки приведен на рисунке 3.

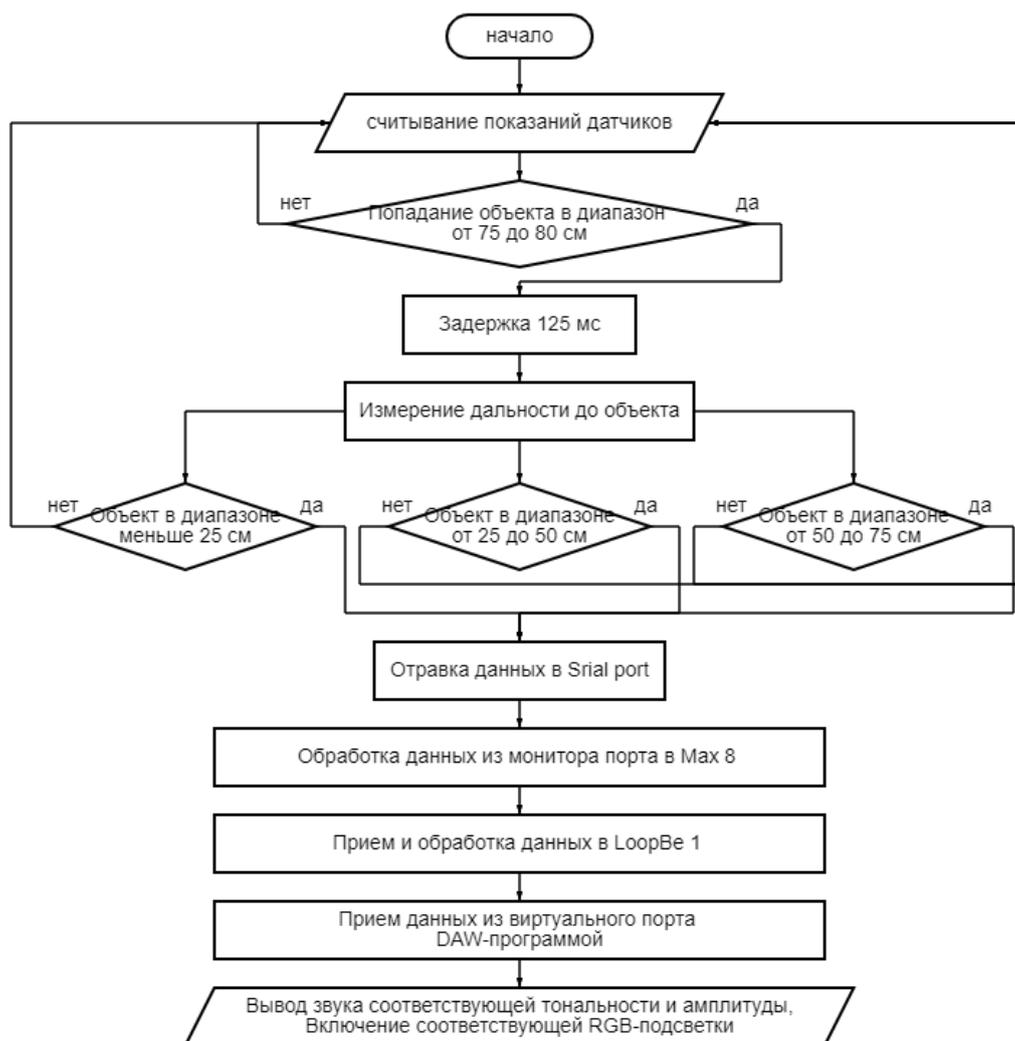


Рисунок 3 – Алгоритм работы устройства

На рисунке 4 приведена схема электрическая принципиальная разработанной бесконтактной барабанной установки, демонстрирующая подключение основных элементов к микроконтроллеру: инфракрасных датчиков и RGB-элементов, добавленных для визуального эффекта.

Основным достоинством бесконтактной барабанной установки является возможность программно задавать звуки произвольной частоты и амплитуды. Именно из-за этого установка нашла широкое применение в различных сферах. Применение датчики Sharp 2Y0A21 повышают надежность и точность работы установки. При современной элементной базе схемное и конструктивное усложнение установки и передающего трактов не вызывает существенного увеличения массогабаритных характеристик аппаратуры, поэтому в настоящее время инструмент возможно использовать абсолютно везде.

Работа устройства основана на измерении интенсивности отраженных от предмета лучей относительно излученных и вычислении расстояния до объекта. Для визуальной составляющей восприятия были применены адресные светодиодные ленты, которые помогают визуализировать каждый звук устройства.

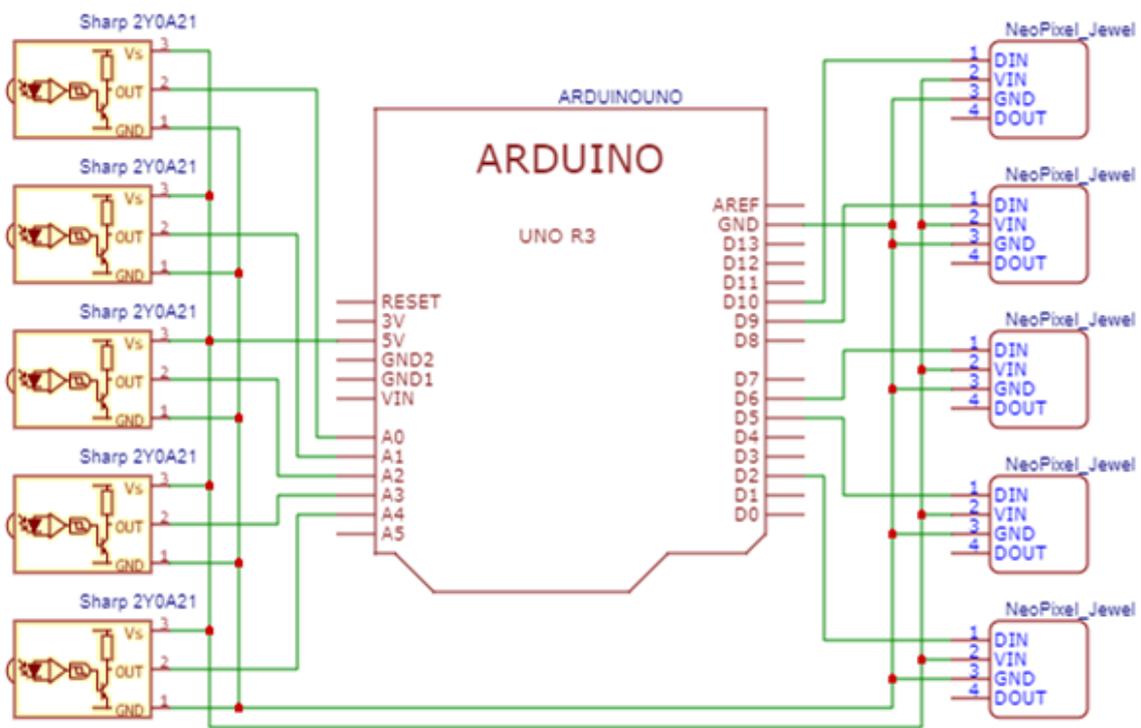


Рисунок 4 – Принципиальная схема устройства

В результате разработано два блока программы, которая загружается в микроконтроллер. Первый блок программы реализует имитацию силы удара: измеряется значение входа при попадании руки в зону видимости датчика а затем, через 0,5 секунды, измеряется второе значение датчика. По измеренному времени прохождения руки вычисляется скорость и, как следствие, сила удара.

Второй блок программы позволяет воспроизводить нужный звук с определенным интервалом, частотой. Задержку между ударами разных звуков возможно настраивать. Авторам представляется, что вторая программа удобнее и проще для пользователя, особенно впервые столкнувшегося с подобной установкой.

Внешний вид разработанной бесконтактной барабанной установки показан на рисунке 5. В верхнем правом углу в отдельном боксе размещен микроконтроллер, подключаемый к ПК посредством USB-порта. В круглых отсеках устанавливаются инфракрасные датчики Sharp 2Y0A21, под которыми располагаются RGB-элементы подсветки.



Рисунок 5 – Внешний вид бесконтактной барабанной установки

**Заключение.** В результате работы сделаны выводы о точности измерения дальности инфракрасным датчиком расстояния Sharp 2Y0A21 и целесообразности применения в разработке. Несмотря на наличие погрешностей измерения дальности статистического характера, случайные погрешности сравнительно невелики.

Разработана бесконтактная барабанная установка, принцип работы которой заключается в измерении дальности до руки и воспроизводстве соответствующих звуков. Разработанная установка упрощает процесс обучения игры на барабанах. Благодаря встроенной возможности менять звуки на каждый датчик, раскрывается широкий творческий потенциал человека.

#### *Список литературы*

1. Термен Л.С. Рождение, детство и юность «терменвокса» // Радиотехника, 1972. — Т. 27. — № 9. — С. 109—111.
2. Крижановский М.Н. Цифровой оптический терменвокс с инфракрасной подсветкой // Радиолокация и связь - перспективные технологии : Сборник трудов XVIII Всероссийской молодежной научно-технической конференции, Москва, 17 декабря 2020 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Мир науки", 2021. – С. 40-48. – EDN KETCJP.
3. Бакулев Х.С., Андреев В.П. Определение размеров препятствия ИК-датчиком расстояния Sharp 2Y0A21 в сенсорной системе мобильного робота // Техническое творчество молодежи. – 2022. – № 3(133). – С. 29-31. – EDN MNFCZX.
4. Полевода Ю.А., Печенин Е.А. Анализ точностных параметров цифровых датчиков с применением микропроцессорных устройств // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2022. – № 3. – С. 18-26. – EDN ZIDZXL.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. – М.: Издательство БИНОМ. 2014. 704 с.
6. Блум Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 336 с.

## 2.3.1

**Б.А. Староверов д-р техн. наук, С.Д. Тарасов**

ФГБОУ ВО Костромской государственной университет,  
кафедра автоматики и микропроцессорной техники,  
Кострома, sba44@mail.ru

**ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ  
КАК АССОЦИАТИВНАЯ ПАМЯТЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ  
РЯДОВ**

*Рассмотрены принцип работы и математическая модель голографической нейронной сети. Установлена возможность использования такой сети в качестве ассоциативной памяти для определения взаимозависимости различных векторов. Обоснован метод ее применения для прогнозирования временных рядов методом локальной аппроксимации.*

Ключевые слова: голография, нейронная сеть, ассоциативная память, прогнозирование, временные ряды.

Одной из задач, которые решаются с помощью нейронных сетей является, является реализация ассоциативной памяти. Ассоциативная память служит для определения взаимозависимости компонентов одного и того же вектора или взаимозависимости различных векторов (гетероассоциативная память). Для первого типа задач применяются, как правило, сети Хопфилда, а в качестве гетероассоциативной памяти – сети Хемминга [1. Для расширения возможностей ассоциативной памяти в ряде работ предложено использовать принципы оптической голографии [2,3].

Принцип работы оптической голографии основан записи интерференции опорной когерентной волны (поля), получаемой от лазерного источника, и предметной волны, отражаемой от объекта на фоточувствительном материале [4]. Восстановление предметной волны (поля), т.е. изображения объекта, осуществляется посредством освещения опорной волной дифракционной решетки голограммы, сформированной путем интерференции, что представляет с позиции рассматриваемой задачи, как установление ассоциации или соответствия между предметной и опорной волнами.

Отличительной особенностью записи и воспроизведения информации в голографии является то, что носителем информации является не амплитуда, а фаза источников информации. Такой принцип построения нейронной сети как алгоритма математических преобразований впервые описан в [5]. Свойства такой голографической нейронной (ГНС) сети имеют существенные отличия от свойств обычных нейронных сетей.

Информация должны кодироваться в виде фазы или угла. Поэтому входные вектора

$$X = [x_1 x_2 \dots x_n] \quad (1)$$

необходимо преобразовать в показательную форму

$$Y = [y_1 y_2 \dots y_n], \quad (2)$$

где

$$y_i = c_i e^{j\alpha_i}. \quad (3)$$

Коэффициенты  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  можно трактовать как коэффициент вероятности или доверия к данным. В чаще всего принимается, что  $c_i = 1$ . Угол входного вектора  $\alpha_i$  определяется с помощью преобразования:

$$\alpha_i = 2\pi \left( 1 + e^{\frac{\bar{x} - x_i}{\sigma_x}} \right)^{-1}, \quad (4)$$

где  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$  – математическое ожидание (средняя величина);

$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$  – стандартное отклонение (дисперсия) значений входных векторов.

Использованием сигмоидальной функции (4) осуществляется преобразование вещественных данных вектора (1), которые, в принципе, могут изменяться в диапазоне  $[-\infty, +\infty]$  в фазовые (угловые) величины в диапазоне  $[0, 2\pi]$ , а также концентрировать разброс этих данных.

Проводя аналогию с процессами голографии вектор (2) представляет опорную волну, которая должна подаваться на входы ГНС.

Аналогично, на выход ГНС должна подаваться предметный вектор, который по аналогии с опорным вектором определяется уравнениями:

$$\begin{aligned} Z &= [z_1 z_2 \dots z_m], \\ z_i &= c_i e^{j\beta_i}, \\ \beta_i &= 2\pi \left( 1 + e^{\frac{\bar{y}-y_i}{\sigma_y}} \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (5)$$

Вектора  $Y$  и  $Z$  перемножаются, формируя корреляционную матрицу  $R$ , которая моделирует дифракцию:

$$\begin{aligned} R &= Y^T Z = \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1} \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_n} \end{bmatrix} [e^{j\beta_1} \quad e^{j\beta_2} \quad \dots \quad e^{j\beta_m}] = \\ &= \begin{bmatrix} e^{j(\alpha_1+\beta_1)} & e^{j(\alpha_1+\beta_2)} & \dots & e^{j(\alpha_1+\beta_m)} \\ e^{j(\alpha_2+\beta_1)} & e^{j(\alpha_2+\beta_2)} & \dots & e^{j(\alpha_2+\beta_m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e^{j(\alpha_n+\beta_1)} & e^{j(\alpha_n+\beta_2)} & \dots & e^{j(\alpha_n+\beta_m)} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (6)$$

Для восстановления объектного вектора необходимо подать считывающий опорный вектор в сопряженной форме. Этот процесс математически описывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \bar{Y} R &= \frac{1}{n} [e^{-j\alpha_1} \quad e^{-j\alpha_2} \quad \dots \quad e^{-j\alpha_n}] \begin{bmatrix} e^{j(\alpha_1+\beta_1)} & e^{j(\alpha_1+\beta_2)} & \dots & e^{j(\alpha_1+\beta_m)} \\ e^{j(\alpha_2+\beta_1)} & e^{j(\alpha_2+\beta_2)} & \dots & e^{j(\alpha_2+\beta_m)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e^{j(\alpha_n+\beta_1)} & e^{j(\alpha_n+\beta_2)} & \dots & e^{j(\alpha_n+\beta_m)} \end{bmatrix} = \\ &= [e^{j\beta_1} \quad e^{j\beta_2} \quad \dots \quad e^{j\beta_m}] = Z. \end{aligned} \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) в итоге реализуют ассоциативную память.

Тот же результат можно получить инверсным способом, что эквивалентно позитивному и негативному фотопроцессу в ОГС. Для этого с целью формирования инверсной корреляционной матрицы  $\bar{R}$  выражение (6) представляется в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \bar{Y}^T Z = \begin{bmatrix} e^{-j\alpha_1} \\ e^{-j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{-j\alpha_n} \end{bmatrix} [e^{j\beta_1} \quad e^{j\beta_2} \quad \dots \quad e^{j\beta_m}] = \\ &= \begin{bmatrix} e^{j(\beta_1-\alpha_1)} & e^{j(\beta_2-\alpha_1)} & \dots & e^{j(\beta_m-\alpha_1)} \\ e^{j(\beta_1-\alpha_2)} & e^{j(\beta_2-\alpha_2)} & \dots & e^{j(\beta_m-\alpha_2)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e^{j(\beta_1-\alpha_n)} & e^{j(\beta_2-\alpha_n)} & \dots & e^{j(\beta_m-\alpha_n)} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\bar{Y}^T$  - эрмитово-сопряженная матрица.

Восстановления объектного вектора в этом случае осуществляется «позитивной» опорной волной (вектором):

$$Z = \frac{1}{n} Y \bar{R}. \quad (9)$$

Матрица (8) интересна тем, что с помощью ее диагональных элементов можно оценивать подобие или близость векторов  $Y$  и  $Z$  по величине разности их угловых значений:

$$|\beta_i - \alpha_i| \leq \delta; \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (10)$$

где  $\delta$  – величина отклонения, характеризующая близость или подобие векторов  $Y$  и  $Z$ .

Применение голографической нейронной сети как ассоциативной памяти перспективно во многих практических задачах и, в частности, для прогнозирования поведения временных рядов методом локальной аппроксимации (LA) [6].

Первой задачей в метода LA является нахождение локальных областей или интервалов (периодов) временного ряда, подобных области или периоду, предшествующему прогнозируемому периоду. Это требует применения методов определения близости векторов, сформированных из значение временного ряда интервале, предшествующему прогнозируемому периоду, и векторов такой же размерности, сформированных их ретроспективных данных этого ряда.

На втором этапе осуществляется аппроксимации, например, методом наименьших квадратов, с помощью которой корректируется влияние на прогноз отклонения подобных векторов и векторов, сформированных из интервалов временного ряда, равных по длительности прогнозируемому периоду и последующим периодов после подобных.

Для прогнозирования для аппроксимации методом наименьших квадратов с использованием подобных векторов можно записать следующее уравнение регрессии:

$$\begin{bmatrix} z_1^k \\ z_2^k \\ \vdots \\ z_n^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} a_0 + \begin{bmatrix} x_1^{l-1} & x_1^{r-1} & \dots & x_1^{v-1} & x_1^{k-1} \\ x_2^{l-1} & x_2^{r-1} & \dots & x_2^{v-1} & x_2^{k-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^{l-1} & x_n^{r-1} & \dots & x_n^{v-1} & x_n^{k-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} z_1^l & z_1^r & \dots & z_1^v \\ z_2^l & z_2^r & \dots & z_2^v \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ z_n^l & z_n^r & \dots & z_n^v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_{m-1} \end{bmatrix}, \quad (11) \text{ где } z_i^k -$$

элементы прогнозируемого вектора для  $k$  – того интервала;

$x_i^{j-1}$ - элементы подобных векторов предшествующих периодов

$j = l, r, \dots, k$  общим число, равным  $m$ ;

$z_i^j$  элементы векторов последующих периодов;

$a_0, a_1, \dots, a_m, b_1, b_2, \dots, b_{m-1}$  – коэффициенты аппроксимации.

Эффективность такой технологии была проверена на задаче прогнозирования электроэнергии на сутки вперед, которое нужно для формирования тарифной политики и проведения мероприятий по энергосбережению. При прогнозировании потребления электроэнергии «на сутки вперед», очевидно, должны формироваться вектора из элементов временного ряда, равных количеству часов в сутках:  $n = 24$ .

С помощью специально разработанной программы на языке Python реализована голографическая нейронная сеть, с помощью которой определяются векторы, состоящие из ретроспективных данных почасовых электропотреблений за сутки, близкие или подобные вектору почасового потребления, предшествующему прогнозному дню. При использовании ретроспективных данных за три года при  $\delta_a \leq 0,1$  радиан было определено семь дней с подобными почасовыми графиками и методом наименьших квадратов определены коэффициенты аппроксимации.

Среднеквадратическая ошибка прогнозирования составляет порядка 2% и максимальна ошибка, которая получилась одномоментно в 18 часов дня не превышает 4%. Это свидетельствует о перспективности рассмотренного метода прогнозирования с помощью голографической нейронной сети.

**Список литературы**

1. *Оссовский С.* Нейронные сети для обработки информации / пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с
2. *Василенко Г.И., Цибулькин Л.М.*, «Голографические распознающие устройства», М., Радио и связь, 1985. – 312с.
3. *Жилякова Л.Ю.* Проблемы квазиголографической организации символьной памяти. // Материалы Второй международной конференции по когнитивной науке, СПб., 2006. Т. 2. С. 610 - 612.
4. *Перминов А.В., Файзрахманова И.С.* Прикладная голография. – Пермь 2017, 89 стр.
5. *Draper N., Smith H.* Applied regression analysis. New York: Wiley, In press, 1981. 693 p.
6. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Основы теории сложных систем. — М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. — 620 с.

## 2.3.1.

**А.Ю. Степаненко канд. техн. наук**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Прикладная информатика»,  
Москва, ste@inmas.ru

### **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ВОПРОСАХ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ**

*В статье рассматриваются вопросы применимости современных систем искусственного интеллекта (ИИ) для определения предметной области в сфере материально-технического снабжения (МТС). В статье не рассматриваются вопросы автоматизации бизнес-процессов в сфере МТС с применением ИИ.*

*Ключевые слова: материально-техническое снабжение, система искусственного интеллекта, методы планирования потребности в материалах.*

Рассмотрим для начала задачи, которые ставит перед собой обобщенная коммерческая организация, а также то, как эти задачи находят свое отражение в функциях, выполняемых подразделением (департаментом, отделом) материально-технического обеспечения такой организации. При этом нас будут интересовать используемые стандартизованные методы выполнения соответствующих операций, приводящих к достижению поставленных целей, а также функциональные объекты и сопровождающие бизнес-процессы материально-технического снабжения документы. Затем обратимся к общедоступным в настоящее время средствам искусственного интеллекта (ИИ) для (предположительно) верификации вышеуказанных целей, задач и средств их решения (процессов и логистических документов). На самом деле, последующий экспертный анализ призван оценить адекватность результатов, получаемых с помощью соответствующей реализации искусственного интеллекта в предлагаемой предметной области.

В качестве системы искусственного интеллекта в приводимых ниже примерах будет использована наиболее цитируемая в последнее время система ChatGPT [1], доступная в режиме WEB-приложения [2].

Итак, каковы задачи, стоящие перед коммерческой организацией, занятой в сфере материального производства и/или в сфере предоставления услуг и предлагающей свою продукцию/услуги рынку потребителя (в широком смысле)? На поставленный вопрос в экспертном сообществе принято отвечать достаточно односложно: задачей любой коммерческой организации является получение прибыли. Если указанный вопрос адресовать системе искусственного интеллекта, получаем следующий результат:

*«Коммерческая организация, занятая в сфере материального производства и/или предоставления услуг, сталкивается со множеством задач, включая:*

*Планирование производственных процессов и управление производственными затратами: Организация должна планировать производственные процессы, управлять запасами и расходами, чтобы максимизировать свою прибыль и удовлетворять потребности клиентов.*

*Улучшение качества продукции/услуг: Организация должна стремиться улучшить качество своей продукции/услуг, чтобы удовлетворить потребности клиентов и повысить свою конкурентоспособность.*

*Разработка и реализация маркетинговых и продажных стратегий: Организация должна разрабатывать маркетинговые и продажные стратегии, чтобы увеличить свою долю на рынке, привлечь новых клиентов и удержать существующих.*

*Управление бюджетом и финансовыми процессами: Организация должна управлять*

бюджетом и финансовыми процессами, включая расчеты и анализы финансовых показателей, автоматизацию бухгалтерских процессов и т.д.

*Разработка и внедрение инноваций:* Организация должна стремиться к разработке новых технологий, продуктов или услуг, чтобы оставаться конкурентоспособной на рынке.

*Управление персоналом:* Организация должна управлять своим персоналом, обеспечивать его квалификацию и мотивировать на достижение общих целей.» [1]

Как можно заметить, основная задача – получение прибыли – не входит в спектр решаемых задач, с точки зрения системы ИИ, при том, что сам перечень в остальном можно считать в той или иной степени полным, хотя и не исчерпывающим, уж если переходить к перечню всех основных решаемых коммерческой организацией задач. И здесь с очевидностью возникает вопрос: насколько корректно сформулирован запрос/вопрос к системе искусственного интеллекта, и не кроется ли в этом причина получаемого неудовлетворительного результата?

Модифицируем вопрос, заменив в нем лишь один термин «задача» на термин «цель» и посмотрим на получаемый в этом случае результат:

*«Цели коммерческой организации, занятой в сфере материального производства и/или в сфере предоставления услуг, направлены на:*

*Повышение качества продукции/услуг:* Организация должна стремиться улучшить качество своей продукции/услуг, чтобы удовлетворить потребности клиентов и повысить свою конкурентоспособность.

*Расширение рынка:* Организация должна стремиться увеличить свою долю на рынке или выйти на новые рынки, расширив свой ассортимент или увеличивая количество клиентов.

***Максимизация прибыли:* Организация должна стремиться максимизировать свою прибыль через увеличение продаж, оптимизацию затрат и управление инвестициями.**

*Инновации:* Организация должна стремиться разрабатывать новые технологии, продукты или услуги, чтобы оставаться конкурентоспособной на рынке.

*Забота о клиентах:* Организация должна стремиться удовлетворять потребности клиентов, предоставляя высокий уровень сервиса и поддержки.

*Улучшение эффективности производственных процессов:* Организация должна стремиться улучшить производственные процессы, чтобы снизить затраты, повысить эффективность и качество продукции/услуг.

*Увеличение уровня автоматизации:* Организация должна стремиться повысить уровень автоматизации производственных процессов и управления бизнес-процессами, чтобы снизить затраты и повысить эффективность.» [1]

Как можно видеть, модифицированный ответ системы ИИ в значительной степени повторяет задачи, перечисленные в первом ответе, но теперь содержит то искомое совпадение с экспертным мнением.

Внесем еще одну модификацию в запрос к системе ИИ:

**«Какова основная цель, стоящая перед коммерческой организацией, занятой в сфере материального производства и/или в сфере предоставления услуг и предлагающей свою продукцию/услуги рынку потребителя?»**

Получаемый ответ, и это следует признать, пусть и является развернутым, тем не менее вполне адекватен формулировке реальной цели:

**«Основная цель коммерческой организации заключается в получении прибыли путем производства и/или предоставления качественных услуг для удовлетворения потребностей своих клиентов. В процессе этого организация стремится увеличить долю на рынке, улучшить репутацию и развиться в новых направлениях. Для достижения этих целей организация должна постоянно улучшать свой продукт или услуги, а также поддерживать хорошие отношения с клиентами и партнерами.» [1]**

Таким образом, промежуточный вывод, касающийся аспектов использования систем искусственного интеллекта для получения понятийной информации верхнего уровня в

заданной предметной области, можно сформулировать следующим образом: при должном внимании к тому, как именно формулируется запрос, от современной системы искусственного интеллекта можно ожидать вполне адекватных формулировок. Следует отметить, что оба приведенных вывода, касающихся как формулировки запроса, так и адекватности реакции системы ИИ, были вполне ожидаемы, поскольку речь здесь шла именно о понятийной информации верхнего уровня. Каковы же будут результаты, если спуститься с верхнего уровня на уровень более конкретных понятий и используемых объектов и инструментов в сфере материально-технического снабжения производства?

Рассмотрим вопрос, касающийся определения потребности в материалах, которые используются организацией для производства готовой продукции, на примере одного из методов – так называемого детерминированного метода планирования потребности в материалах. Область применения метода ограничена определением потребности в тех материалах (включая сырье, полуфабрикаты), которые входят в состав готовой продукции. Необходимым условием для использования этого метода является наличие в автоматизированной системе информации о составе всех изделий, относящихся к категории готовой продукции. Такая информация содержится в конструкторской документации готового изделия, называемой спецификацией. Для определения не только количественных характеристик потребного «сырья», но и временных, то есть, данных о том, к какому времени требуется очередная порция комплектующих, необходимо наличие в автоматизированной системе еще одного конструкторско-технологического документа на каждое готовое изделие и продукт промежуточного передела – технологической карты. В ней содержится информация о необходимых операциях обработки, а также об их длительности. При выполнении этих двух условий, а также при наличии программы (графика) выпуска готовой продукции расчет потребности в материалах детерминированным методом сводится к простым арифметическим действиям. [3]

Как выглядит определение детерминированного метода планирования потребности в материалах в рассматриваемой системе ИИ:

*«Детерминированное планирование потребности в материалах (Deterministic Material Requirement Planning) – это метод управления запасами и планирования ресурсов, который используется для определения необходимого количества сырья и компонентов, которые требуются для производства продукта.*

*Данный метод основан на точных прогнозах продаж и производственных планах, а также на данных о времени производства и поставки материалов. Он использует математические алгоритмы для определения времени и объема закупок, чтобы обеспечить наличие необходимых материалов в нужное время и с минимальными запасами.*

*Основными преимуществами детерминированного планирования потребности в материалах являются более точное прогнозирование спроса на продукцию, уменьшение затрат на запасы и снижение риска простоя производства из-за нехватки материалов.*

*Недостатком метода может быть его сложность в реализации и требование точности в прогнозировании спроса на продукцию и времени поставки материалов». [1]*

Очевидно, что при переходе к уровню планирования потребности у эксперта появляются претензии к «выдаче» системы ИИ. Во-первых, метод планирования потребности не является методом управления запасами. Также, метод не зависит от точности прогноза продаж, а лишь использует данные прогноза или производственной программы в качестве входных. К основным преимуществам метода отнесено «более точное прогнозирование спроса на продукцию», что на самом деле неверно (метод не связан с прогнозом спроса). Что касается сложности реализации метода, то это можно отнести к сложности подготовительной работы – ведению спецификаций и технологических карт. Сам же метод, как указывалось выше использует простые арифметические расчеты. При этом в данном примере не получится добиться лучшего результата, переформулировав запрос – здесь он сформулирован однозначно и корректно.

Таким образом, общий вывод о применимости систем ИИ для формулирования

предметной области в МТС на современном этапе: результат требует в общем случае экспертного осмысления и корректировки, что, очевидно, может измениться в ходе совершенствования соответствующих систем ИИ в недалекой перспективе.

#### ***Список литературы***

1. *Internet-ресурс* <https://ChatGPT.ai> , версия gpt-3.5-turbo
2. *Гинзбург И.Б., Смирнов О.Л., Степаненко А.Ю.* Решение логистических задач в ERP-системах с использованием веб-клиентов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – №5. – С. 32-34.
3. *Степаненко А.Ю.* Логистика снабжения: методы расчета потребностей в материалах // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – №11. – С. 255-257.

2.3.1.

**<sup>1</sup>Е.М. Тарасов, <sup>1</sup>В.А. Надежкин, <sup>2</sup>А.Л. Золкин, <sup>1</sup>С.А. Сарычева**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»,  
кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Самара,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника»,  
Самара, tarasov53em@yandex.ru, vadim\_nadezhkin@mail.ru, alzolkin@list.ru,  
snezhana.sarycheva.97@mail.ru

### **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАБОТЕ С СОВРЕМЕННЫМИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ ВУЗА**

*В статье рассматриваются основные тенденции развития социально-экономической жизни людей, связанные с активным внедрением и совершенствованием цифровой экономики. Также работа посвящена актуальным проблемам подготовки специалистов по вопросам использования современных телекоммуникационных систем в условиях вуза. Приводится примерный комплекс мероприятий по работе с современными телекоммуникационными системами в условиях высшей школы. Представлен расчет экономической эффективности покупки сетевого оборудования Cisco на программных и физических носителях.*

*Ключевые слова: системы передачи информации, устойчивость сетей, телекоммуникационные системы, системы коммутации, конфигурирование устройств, передача информационно-данных.*

В настоящее время передача обширной информации обеспечивается благодаря сети Интернет. Интернет представляет собой глобальную информационную сеть, которая функционирует с помощью IP-технологий. IP-технологии используются для передачи данных (аудио и видеoinформации), для связи компьютеров друг с другом. TCP/IP (протокол управления передачей) обеспечивает передачу данных по сети Интернет. Коммутаторы и маршрутизаторы компании Cisco являются оборудованием, благодаря которому реализуется протокол TCP/IP.

Глобальные и локальные вычислительные сети. Компьютерные сети подразделяются на глобальные и локальные. Локальной сетью называется сеть, которая расположена на ограниченной территории, к примеру, в аудитории, в помещении и на станции. Данная сеть на железной дороге формируется благодаря технологиям FastEthernet, GigabitEthernet [1,3].

Глобальной вычислительной сетью (WideAreaNetwork-WAN) называется сеть, которая расположена на широком пространстве, к примеру, на нескольких станциях. Данная сеть используется для применения совместных информационных данных о перевозочных процессах. Сеть internet является составной, т.е. состоит из совокупности нескольких сетей. Составная сеть формируется с использованием подсетей различных технологий, таких как локальная и глобальная.

История вопроса. Большие компании формируют собственные сети, используя глобальные и локальные сети. ОАО «РЖД» применяет сеть internet и является ведомственной сетью, так как использует WAN и LAN-технологий [2,3].

Глобальная сеть формируется с использованием разнообразных сетевых технологий, к примеру, таких как аналоговые сети с применением модемов и с коммутацией каналов, а также цифровые сети интегральных служб.

Технологии PDH, SDH являются высокоскоростными. Технология PDH передает данные со скоростью до 34 Мбит/с на железнодорожном транспорте; а технология SDH имеет

скорость от 155 Мбит/с до 2,488 Гбит/с. Мультиплексоры являются средствами технологий PDH, SDH.

Технологии виртуальной реальности (X.25, FrameRelay) используются в глобальных вычислительных сетях. Однако технология X.25 имеет низкую скорость передачи информации, так как применяет ненадежные аналоговые линии связи. Эта технология применяется и в настоящее время, потому как аналоговые сети используются во всей железной дороге.

В отличие от вышеописанной технологии, FrameRelay имеет относительно высокую скорость передачи данных до 2 Мбит/с. Самую большую скорость передачи информации имеет сеть АТМ, но она не широко распространена, так как имеет высокую стоимость [4].

Методы исследования. Задача современных телекоммуникационных систем связи в том, чтобы согласовать трафик большого количества пакета данных от пункта А до пункта Б самым быстрым способом, наиболее дешевым методом, а также соблюдать качественным приемом этой информации. Поэтому ведется активная разработка технических средств передачи пакетов данных [7].

Ежесекундный обмен данными производят коммутаторы и маршрутизаторы, которые позволяют наладить грамотную авторизованную работу по обмену так называемых IP адресов [8]. Инженеры по связи производят конфигурацию маршрутизаторам и коммутаторам, задают им алгоритмы выполнения работ по распределению серверов между активными и неактивными, чтобы общая сеть не нагружалась и освобождала места для работоспособных каналов [9].

Результаты исследования. Сеть передачи информации (инфокоммуникационную сеть) образуют множество источников и приемников сообщений (абонентов), соединенных между собой аппаратными средствами и средой передачи сигналов – линиями связи (рис. 1).

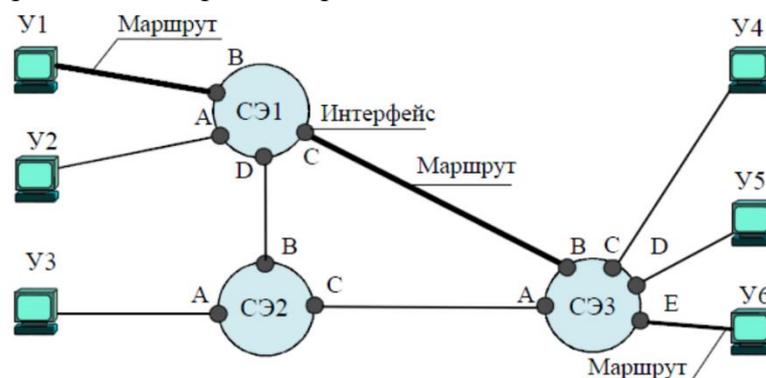


Рис. 1 – Простейшая сеть передачи сообщений

Оборудование коммутации и передачи информации. Чтобы передача сообщений была адресной, всем узлам в сетях с коммутацией пакетов должны быть присвоены сетевые IP-адреса. Промежуточные устройства осуществляют грамотную переадресацию, проверяют работу соседних устройств, а также фильтруют большой объем данных.

К промежуточным устройствам относят коммутаторы и маршрутизаторы. Коммутатор осуществляют подключение множества абонентов (ПК) с одним устройством, которое переадресовывается в маршрутизатор.

Коммутатор (или switch) представляет собой устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного или нескольких сегментов сети (2960 использует до 24 портов входа). Коммутатор работает на канальном (втором) уровне сетевой модели OSI. Коммутаторы были разработаны с использованием мостовых технологий и часто рассматриваются как многопортовые мосты. Для соединения нескольких сетей на основе сетевого уровня служат маршрутизаторы (3 уровень OSI).

В симуляторе Cisco Packet Tracer коммутатор выглядит как коробка, которую конфигурируют под нужды серверов и определенных типов сетей. Например, при

виртуальных сетях Vlan используются коммутаторы как соединительный элемент. В лабораторной работе используется коммутаторы производства Cisco модели 2960.

Маршрутизатор (роутер или route) – это устройство, которое проводит оптимальный выбор наиболее выгодного пути от одного ПК-пользователя к другому через независимые локальные сети [2,4]. Маршрутизаторы являются маяком в миллионах каналах, который за секунды может осуществлять коммутацию одной сети с другой. В 70-х годах работу маршрутизаторов делали вручную.

С помощью устройств (маршрутизаторов) и протоколов сетевого уровня 3 семиуровневой эталонной модели OSI или уровня межсетевого взаимодействия модели TCP/IP происходит соединение локальных сетей LAN различных технологий (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring и др.) в глобальную (распределенную) WAN-сеть. При пересылке пакетов адресату назначения маршрутизатор реализует две основные функции [4]:

- выбирает наилучший (оптимальный) путь к адресату, анализируя логический адрес назначения передаваемого пакета данных;
- производит коммутацию принятого пакета с входного интерфейса на выходной для пересылки адресату.

Процесс выбора наилучшего пути получил название маршрутизация. Маршрутизаторы принимают решения, базируясь на сетевых логических адресах (IP-адресах), находящихся в заголовке пакета. Для определения наилучшего пути передачи данных через связываемые сети, маршрутизаторы строят таблицы маршрутизации и обмениваются сетевой маршрутной информацией с другими сетевыми устройствами [5,6].

Все маршрутизаторы Cisco ISR серии 2900 поддерживают встроенные средства аппаратного ускорения шифрования, слоты цифровых сигнальных процессоров (DSP) для обработки голоса и видео, дополнительный межсетевой экран, систему предотвращения вторжений, систему обработки вызовов, средства голосовой почты и сервисы приложений. Кроме того, платформы поддерживают широчайший спектр проводных и беспроводных интерфейсов, таких как T1/E1, T3/E3, xDSL, медный и оптоволоконный GE [6].

Трансформация высшего образования в условиях цифровизации – вот что позволяет развивать профессиональные компетенции специалистов, обеспечивать высокий уровень подготовки квалифицированных кадров в высших учебных заведениях, оснащать рабочий процесс обучающихся обновленной и модернизированной материально-технической базой [7].

Именно поэтому первостепенной целью работы является выявление особенностей инновационного развития вузовского учебно-лабораторного комплекса.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

- определение уровня востребованности инновационной деятельности в настоящее время;
- анализ этапов развития и становления образовательного пространства в связи с внедрением современных телекоммуникационных систем.

Актуальность темы обусловлена стремительным развитием цифровой экономики, которая представляет собой инновационную ступень модернизации и трансформации телекоммуникационных технологий, а также информатизацию систем образования.

В современных условиях, при которых востребованность информационных технологий выходит на первый план, цифровая трансформация неизбежна. Она подразумевает собой качественное изменение сферы производства и образования. Благодаря активному внедрению инновационных технологий в учебный процесс, повышается уровень доступности и качества образования, студенты повышают собственный интеллектуальный потенциал и практические навыки при работе с сетевым оборудованием и коммуникационными технологиями.

Учебно-лабораторный комплекс дает возможности обучающимся выполнять методический материал на реальной аппаратуре, которым оснащены учебные аудитории. Таким образом, студенты закрепляют практические навыки в области пакетной коммутации,

телефонии, сетевых технологий, учатся принципу работы IP-сетей и настройке механизмов безопасности сетевой инфраструктуры. Это позволяет им развивать профессиональные компетенции в области телекоммуникационных систем.

Проведение лабораторных и практических работ в программном эмуляторе сети Cisco Packet Tracer в учебных лабораториях связано с настройкой сетевого оборудования: коммутаторов, маршрутизаторов, - ознакомлением с многоканальным телекоммуникационным оборудованием, цифровыми системами передачи информации и т.д.

Расчет экономической эффективности покупки сетевого оборудования Cisco на программных и физических носителях.

Задача заключается в определении инвестиций, вкладываемых на приобретение оборудования для модернизации лабораторного стенда «Моделирование протокола прикладного уровня»; определение разовых затрат на оборудование; сравнение экономической эффективности использования в лабораторном классе физического и программного оборудования.

Реализация задачи может быть выполнена следующим образом: в ходе работы высчитывается себестоимость всего оборудования на физических носителях, затем учитываются дополнительные расходы (затраты на запасные детали, монтажные работы, энергопотребление и т.д.). Далее идет подсчет по такому же плану, но с учетом программного носителя, под ПН принимается комплект персональных компьютеров на один лабораторный класс.

Для расчета физических устройств в лабораторной работе используются приборы на рис. 2.

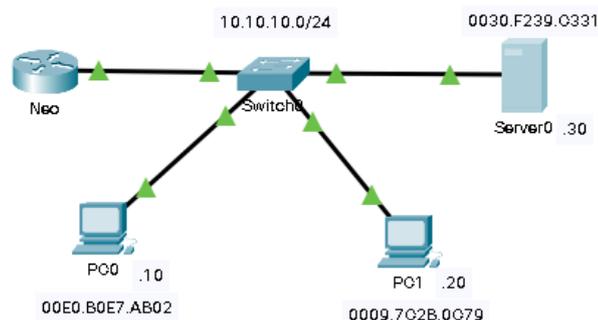


Рис. 2 – Устройства лабораторной работы в симуляторе

Из рис. 2 видно, что для расчета себестоимости оборудования на физических носителях необходимо закупить: 1 маршрутизатор модели 2911, 1 коммутатор модели 2960, 2 персональных компьютера, сервер Server0, а также кабели.

Стоимость одного маршрутизатора 2911: 74 824 руб.

Стоимость одного коммутатора 2960: 28 504 руб.

Стоимость кабеля типа copper straight-through за одно соединение: 1 129 руб.

Стоимость одного сервера: 81 460 руб.

В лабораторной работе используются 4 кабеля CST. Следовательно, стоимость кабелей рассчитывается по формуле:

$$K = 1129 * 4 = 4 516 \text{ руб.}$$

Устройства выше предоставляются по фиксированной сумме с учетом всех экономических издержек. Для расчета персонального компьютера можно ограничиться лишь монитором, клавиатурой, компьютерной мыши, а также системным блоком. Звуковое оборудование можно убрать из комплекта, сэкономив на результате. Так же можно ограничиться маломощным системным блоком.

Стоимость одного монитора: 8 990 руб.

Стоимость одной компьютерной мыши: 290 руб.

Стоимость одной клавиатуры: 344 руб.

Стоимость кабелей: 800 руб.

Расчет стоимости полного комплекта одного персонального компьютера

$$\text{ПК} = 30714 + 8990 + 290 + 344 + 800 = 47\,634 \text{ руб.}$$

Дополнительные расходы включают: расходы на запасные части, таможенные расходы, расходы за электропотребление, заготовительно-складские работы, расходы на запасные части.

Ремонтные (монтажные) работы РР составляют 5% от стоимости оборудования и рассчитываются по формуле 1:

$$\text{РР} = 284\,572 * 0,05 = 14\,229 \text{ руб.} \quad (1)$$

Транспортно-заготовительные расходы ТЗР составляют 4% от стоимости и оборудования рассчитываются по формуле 2:

$$\text{ТЗР} = 284\,572 * 0,04 = 11\,383 \text{ руб.} \quad (2)$$

Заготовительно-складские расходы ЗСР составляют 2% от стоимости оборудования и рассчитываются по формуле 3:

$$\text{ЗСР} = 284\,572 * 0,02 = 5\,691 \text{ руб.} \quad (3)$$

Расходы на запасные части РЗЧ составляют 1% от стоимости оборудования и рассчитываются по формуле 4:

$$\text{РЗЧ} = 284\,572 * 0,01 = 2\,846 \text{ руб.} \quad (4)$$

Для расчета сметной стоимости оборудования необходимо суммировать расходы на закупку оборудования с дополнительными, за исключением расходов на ремонт и рассчитываются по формуле 5:

$$\text{СС} = 284\,572 + 11\,383 + 5\,691 + 2\,846 = 304\,492 \text{ руб.} \quad (5)$$

Расчет общих затрат на закупку оборудования учитывает сметную стоимость оборудования и расходы на ремонтные работы и рассчитываются по формуле 6:

$$\text{КВ} = 304\,492 + 14\,229 = 318\,721 \text{ руб.} \quad (6)$$

Далее необходимо рассчитать расходы на электроэнергию всего оборудования.

Расчет расхода на электроэнергию и рассчитывают по формуле 7:

$$\text{Эоб} = \text{Роб} \cdot \text{Цэ} \cdot \text{тоб}, \quad (7)$$

где Эоб это расходы на электропотребление оборудования за 60 минут, измеряется в Вт;

тоб = время работы оборудования;

Цэ - тариф на 1 кВт · час.

Допустим, в один день приходится по 4 занятия, каждый по 1.5 часа (90 минут), соответственно всего тоб = 6 часов в день. За это время происходит активная работа ПК, это значит, что он потребляет около 300 Вт/час, маршрутизатор около 40 Вт/час, коммутатор около 20 Вт/час. В Самарской области коэффициент тарифного плана составляет 8,47. Соответственно, затраты на электроэнергию лаборатории за 1 день и рассчитываются по формулам 8 и 9:

$$\text{Роб} = 4 * 6 * 300 + 40 * 6 * 4 + 20 * 6 * 5 = 8760 \text{ Вт/час} \quad (8)$$

$$\text{Эоб} = 8760 * 8,47 * 10^{-3} * 6 = 445,18 \text{ рублей/сутки} \quad (9)$$

За один месяц затраты на электроэнергию лаборатории рассчитываются по формуле 10:

$$\text{Эоб в мес.} = 445,18 * 30 = 13\,355 \text{ руб.} \quad (10)$$

Из расчетов видно, что расходы на закупку физического оборудования для лаборатории обойдется в 318 721 руб. с переменными расходами в 13 355 рублей/месяц. Из-за дорогостоящего оборудования Cisco маршрутизаторов и коммутаторов, а так же достаточно мощные ПК обходятся в такую немаленькую сумму. Суммарные расходы на закупку физического оборудования с учетом годового использования и рассчитываются по формуле 11:

$$\text{СР} = 318\,721 + (13\,355 * 12) = 478\,981 \text{ руб.} \quad (11)$$

Теперь нужно посчитать расходы на программное оборудование лаборатории. Это второй экономически выгодный вариант подразумевает замещение физического оборудования на программное, то есть на лабораторию с преимущественно лишь ПК оборудованием. Для расчета будем иметь ввиду, что компьютерный класс для лаборатории имеет 12 мест. Тогда суммарные затраты на компьютеры рассчитываются по формуле 12:

$$ПК = 12 \cdot 47\,634 = 571\,608 \text{ руб.} \quad (12)$$

Методика расчета дополнительных затрат аналогично расчету физическому оборудованию и рассчитываются по формуле 13:

$$PP = 571\,608 \cdot 0,05 = 28\,580 \text{ руб.} \quad (13)$$

Транспортно-заготовительные расходы ТЗР составляют 4% от стоимости оборудования и рассчитываются по формуле 14:

$$ТЗР = 571\,608 \cdot 0,04 = 22\,864 \text{ руб.} \quad (14)$$

Заготовительно-складские расходы ЗСР составляют 2% от стоимости оборудования и рассчитываются по формуле 15:

$$ЗСР = 571\,608 \cdot 0,02 = 11\,432 \text{ руб.} \quad (15)$$

Расходы на запасные части РЗЧ составляют 1% от стоимости оборудования и рассчитываются по формуле 16:

$$РЗЧ = 571\,608 \cdot 0,01 = 5\,716 \text{ руб.} \quad (16)$$

Для расчета сметной стоимости оборудования необходимо суммировать расходы на себестоимость оборудования с дополнительными, за исключением расходов на ремонт и рассчитываются по формуле 17:

$$СС = 571\,608 + 22\,864 + 11\,432 + 5\,716 = 611\,620 \text{ руб.} \quad (17)$$

Расчет общих затрат на закупку оборудования учитывает сметную стоимость оборудования и расходы на ремонтные работы и рассчитываются по формуле 18:

$$КВ = 611\,620 + 28\,580 = 640\,201 \text{ руб.} \quad (18)$$

Расчет затрат на электроэнергию оборудования за 1 сутки и рассчитываются по формулам 19 и 20:

$$Роб = 12 \cdot 300 \cdot 6 = 21\,600 \text{ Вт/час;} \quad (19)$$

$$Сэл.об. = 7\,560 \cdot 4,5 \cdot 8,47 \cdot 10^{-3} = 288,15 \text{ рублей/сутки} \quad (20)$$

Из расчетов видно, что расходы на закупку программного оборудования для лаборатории обойдется в 640 201 руб. с переменными расходами в 16 796 рублей/месяц. Суммарные расходы на энергопотребление в год и инвестиционные затраты и рассчитываются по формуле 21:

$$СР = 640\,201 + (16\,796 \cdot 12) = 841\,793 \quad (21)$$

На рис. 3 показан график инвестиций в 2 вида закупок.

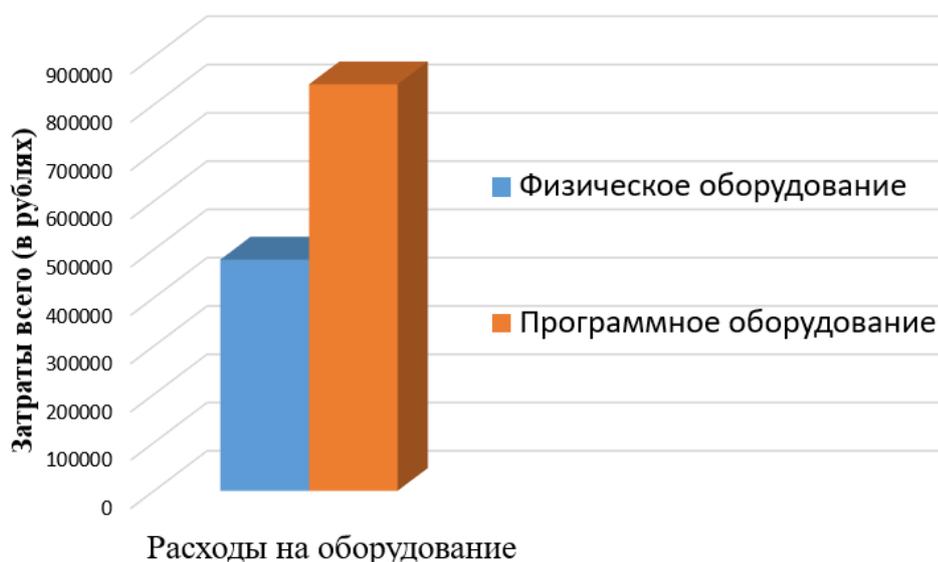


Рис. 3 – Диаграмма расходов себестоимости оборудования

Исходя из вышеуказанных расчетов, можно привести оценку двух методик проведения закупки оборудования.

На рис. 3 показан график сравнения затрат на энергопотребление за 12 месяцев при использовании чисто компьютерного класса (программное оборудование), или физического.

Исходя из рис. 3 можно сделать вывод: затраты на энергопотребление в год программное оборудование тратит меньше, чем физическое. Это связано с большой выделительной мощностью ПК и их количеством. Для повышения экономической эффективности следует уменьшить мощность ПК, что уменьшит затраты на электричество.

Итог: расчет экономической эффективности использования программного и физического оборудования, необходимого для лаборатории и введения лабораторных работ показал, что при выборе типа закупки физического оборудования экономическая эффективность будет больше в связи с меньшими затратами по сравнению с программным оборудованием, так  $FO < PO = 478981 < 841793$ . Хотя для изучения и самой сути обучения лучше изучать технику вживую, экономически выгодно изучать лабораторную работу на ПК, используя средства виртуальной симуляции пакет телекоммуникационных сетей Cisco Packet Tracer.

Выводы. Таким образом, проведен анализ основных принципов построения инфокоммуникационных систем, подробно рассмотрена классификация сетей передачи информации. На базе этого можно сделать вывод, что настройка сетевого оборудования, знание общих сведений о построении рабочих сетей является актуальным на сегодняшний день.

По итогу, на основе предлагаемого инновационного развития учебно-лабораторного комплекса обучающиеся имеют возможность приобретения знаний в области современных информационно-телекоммуникационных систем, основ пакетной коммутации и сетевых технологий. Это обеспечивает должный уровень развития их профессиональных компетенций, позволяет им спокойно ориентироваться в системе обеспечения защищенности от угроз конфиденциальности компьютерных сетей, а также функционировании сетевой инфраструктуры.

#### *Список литературы*

1. Сарычева, С. А. Разработка комплекса лабораторных работ по технологиям компьютерных сетей для изучения передачи пакетной коммутации / С. А. Сарычева, А. О. Кочетова, А. Е. Тарасова // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05-16 апреля 2022 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. – 166 с.
2. 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.
3. 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». – Санкт-Петербург: Форапринт, 2020. - С. 7-12.
4. Васин, Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. – М.: ИНТУИТ. 2017. – 408 с.
5. Исайчева, А. Г. Техническое диагностирование станционных информационных систем / А. Г. Исайчева, А. Е. Тарасова // Перспективные информационные технологии : труды Международной научно-технической конференции, Самара, 26-28 апреля 2016 года. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2016. – С. 641-644.
6. Мунистер, В.Д., Золкин, А.Л., Тормозов, В.С., Стригин, Б.С. Управление информационными процессами информационно-аналитической системы с применением граничных вычислений/ Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 2. С.31-42.
7. Васин Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 284 с.

8. Yumashev, A., Koneva, E., Borodina, M., Lipson, D., Nedosugova, A. (2019). Electronic apps in assessing risk and monitoring of patients with arterial hypertension. *La Prensa Medica Argentina*, 105(4): 235-245.
9. Lavrov, E., Pasko, N., Krivodub, A., Barchenko, N., Kontsevich, V. Ergonomics of IT outsourcing. Development of a mathematical model to distribute functions among operators (2016) *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4), pp. 32-42. doi: 10.15587/1729-4061.2016.66021
10. Васин Н.Н. Основы построения сетей пакетной коммутации [Электронный ресурс]. Учебное пособие. М.: ИНТУИТ <https://intuit.ru/studies/courses/3645/887/info> (Дата обращения: 21.11.2022).
11. Надежкин, В. А. Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Надежкин, А. С. Хохрин, В. Б. Тепляков // *Образование - Наука - Производство: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции*, Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2020. – С. 169-173

2.3.1.

<sup>1</sup>Е.М. Тарасов, <sup>1</sup>В.А. Надежкин, <sup>2</sup>А.Л. Золкин,  
<sup>1</sup>С.А. Сарычева, <sup>1</sup>А.О. Кочетова

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»,  
кафедра «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Самара,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики», кафедра «Информатика и вычислительная техника»,  
Самара, tarasov53em@yandex.ru, vadim\_nadezhkin@mail.ru, alzolkin@list.ru,  
snezhana.sarycheva.97@mail.ru, alyona\_kochetova@mail.ru

### **ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ТЕНДЕНЦИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*В статье отмечено, что эффективность работы железнодорожного транспорта напрямую связана с обновлением инфраструктуры, в том числе устройств связи, отвечающих за обеспечение безопасного перевозочного процесса. Выявлено, что для безотказного функционирования железнодорожного комплекса необходимо внедрять новейшие разработки в области сетевых технологий. Для достижения такой цели следует автоматизировать соответствующие процессы систем обеспечения движения поездов. Однако, это возможно при работе в железнодорожном комплексе специалистов высшего уровня квалификации, практические и профессиональные навыки которых приобретаются в высших учебных заведениях. Авторами сделан вывод, что одним из наиболее успешных способов подготовки специалистов в сфере телекоммуникационных технологий для железнодорожного транспорта является сотрудничество с образовательными учреждениями, специализирующимися на обучении в этой области.*

Ключевые слова: *телекоммуникационные системы, железнодорожный транспорт, информационные технологии, транспортная система, сетевые технологии, безопасность движения поездов.*

Железнодорожный транспорт является главной транспортной системой, которая отвечает за безопасность движения поездов, качественное обслуживание пассажиров, перевозку грузов на разные расстояния [1].

Эффективная деятельность холдинга ОАО «РЖД» зависит от реализации и внедрения новых разработок в инфраструктуру железнодорожного комплекса, а также оборудование связи, являющимся приоритетной технологией в обеспечении безопасной системы движения поездов [2]. Обеспечение безопасности движения поездных составов содержит в себе совокупность технических и организационных методов, которые направлены на уменьшение уровня вероятности появления внештатных ситуаций, таких как угроза здоровью пассажиров, повреждение перевозимых товаров и подвижного состава. Одним из главных критериев для эффективного управления перевозочным процессом является надёжность оборудования связи.

Сетевые технологии – программно-аппаратные средства, которые поддерживают работоспособную сеть при минимальном наборе стандартных протоколов. Сетевые технологии позволяют повысить эффективность применения поездного состава и производительность трудовой деятельности сотрудников железнодорожного комплекса при минимальных затратах [3].

Именно поэтому целью работы является анализ применения телекоммуникационных систем в работе железнодорожного транспорта, а также на основе этого выявления необходимости обучения сетевым технологиям будущих инженеров-железнодорожников.

**Востребованность сетевых технологий на железнодорожном транспорте.** Важность применения сетевых технологий в холдинге ОАО "Российские Железные Дороги" обуславливается масштабной протяжённостью территорий, обеспечивающих перевозочный процесс, в которых необходимо обеспечивать взаимодействие со всеми типами транспорта, а также с соответствующими государственными организациями [4]. Для обеспечения взаимодействия необходимо применение технологии оперативной передачи информации, быстрого обмена данными, совместного использования соответствующих ресурсов. Кроме того, сетевые технологии позволяют оперативно принимать технические и организационные решения в области управления железнодорожным комплексом, от уровня линейных структурных подразделений до сетевых задач. Таким образом, развитие сетевых технологий является одной из главных задач в железнодорожном комплексе [5].

В настоящее время стратегия развития железнодорожного комплекса заключается в применении систем радиосвязи. В проектах, которые направлены на развитие ОАО "РЖД", а именно соответствующих станций и участков железнодорожного комплекса, рассматривается применение проектных идей с целью модернизации систем радиосвязи.

Основными задачами реализации и внедрения систем радиосвязи являются:

- формирование общенациональной беспроводной технологической сети с широкой полосой пропускаемых частот, учитывая стратегическую значимость комплекса железных дорог для развития страны;
- реализация и внедрение современных технологий управления в холдинге ОАО "Российские Железные Дороги";
- развитие высокоскоростных железных дорог;
- внедрение проекта "цифровая железная дорога".

**Возможности пакетной коммутации.** Модернизация сетевых технологий обуславливается развитием телекоммуникационных сетей и вычислительного оборудования. Сетевые технологии позволяют передавать необходимые данные на большие расстояния, благодаря кодированию и мультиплексированию информации.

Пакетная коммутация передаёт необходимую информацию путем передачи данных в небольших пакетах. Данные пакеты передаются по различным маршрутам [6]. Главной целью маршрутизации трафика является определение наиболее оптимального маршрута и оперативной доставки данных. Кроме того, маршрутизация трафика даёт возможность передавать объем данных с различной скоростью, в виде последовательной передачи пакетов по сети, распределяющей данные с применением динамического распределения и статического мультиплексирования. При передаче данных через оборудование сети, таких как маршрутизатор и коммутатор, пакеты с необходимой информацией принимаются, отправляются в буфер и ожидают повторной передачи, которая приводит к переменным задержкам в соответствии с пропускной способностью сети и нагрузки трафика в канале. В обычном режиме пакеты пересылаются асинхронно через промежуточные сетевые узлы с применением буфера [7].

Пакетная коммутация выделяет соответствующую полосу частот пропускания в зависимости от вида связи, который имеет определённую скорость и задержку между сетевыми узлами. К примеру, при применении услуг сотовой связи, коммутация необходимых каналов определяется оплатой за единицу времени соединения [8,9]. Однако, коммутация пакетов обуславливается оплатой за единицу передаваемых данных, таких как символы, сообщения.

Пакетная коммутация является способом решения задач передачи информации в различных сетевых технологиях [10]. Совокупность решений обобщенной задачи передачи необходимой информации включает в себя частные задачи сетей.

Примеры частных задач передачи данных:

- распознавание совокупности данных и передача информации между интерфейсами соответствующего устройства;
- определение потоков информации и выделение оптимальных маршрутных путей;

– фиксирование маршрута в показателях конфигурации и таблиц соответствующих устройств;

– мультиплексирование и демultipлексирование сетевых потоков [11].

Метод коммутации соответствующих каналов направлен на снижение количества случайных происшествий в сети [12]. Именно по этой причине обмен необходимой информации формируется до начала процесса передачи данных. На первом этапе происходит проверка доступности соответствующих каналов от отправителя до получателя по заданному адресу.

В пакетной коммутации одной из главных характеристик является указание адреса в пакетах, поскольку каждый отдельный пакет проходит обработку коммутатором в независимости от остальных пакетов, которые составляют сетевой трафик [13].

Все вышесказанное приводит к тому, что востребованность сетевых технологий возрастает с каждым днем. Именно поэтому важно формировать кадры с целью повышения качества специалистов в области телекоммуникации.

**Необходимость в формировании инженеров-железнодорожников в области пакетной коммутации.** За счет активного развития сетевых технологий возникает большая ответственность перед обслуживанием телекоммуникационных устройств и систем. Именно поэтому важно трансформировать образовательный процесс, внедрив в него больше дисциплин, связанных с изучением функционала сетевого оборудования, приобретением практических навыков по эксплуатации устройств.

Для обучения студента основам пакетной коммутации необходимо учитывать множество факторов. С целью изучения работы сетевых устройств важно отталкиваться от нужных расходов на закупку оборудования, в них входят:

- затраты на необходимое оборудование;
- затраты на транспортные расходы;
- затраты на установку и монтаж необходимого оборудования;
- затраты на оплату труда сетевого системного администратора;
- затраты на электроэнергию.

**Расчет себестоимости оборудования для формирования специалистов в области сетевых технологий.** Выполним расчет себестоимости оборудования и программного обеспечения для развития профессиональных компетенций обучающегося в сфере сетевых технологий.

Для начала необходимо произвести расчет затрат на сетевое оборудование, поскольку именно с него начинается знакомство студента с базовыми настройками и принципами работы устройств.

Проведем расчет затрат на оборудование. Пересылку необходимо осуществить между четырьмя виртуальными локальными сетями. В каждую виртуальную локальную сеть входит по одному или два компьютера. Необходимо использование 4 коммутаторов и 4 маршрутизаторов. Расчет затрат на оборудование производится по формуле:

$$C_{об} = N_K \cdot S_K + N_M \cdot S_M + N_{ПК} \cdot S_{ПК}, \quad (1.1)$$

где  $N_{ПК}$ ,  $N_K$ ,  $N_M$  – необходимое количество компьютеров, коммутаторов, маршрутизаторов соответственно;

$S_{ПК}$ ,  $S_K$ ,  $S_M$  – средняя стоимость компьютеров, коммутаторов, маршрутизаторов соответственно.

$$C_{об} = 6 \cdot 25000 + 4 \cdot 228579 + 4 \cdot 42548 = 150000 + \text{рублей} \quad (1.1)$$

$$+ 914316 + 170192 = 1234508$$

где  $N_{ПК}$ ,  $N_K$ ,  $N_M$  – необходимое количество компьютеров, коммутаторов, маршрутизаторов соответственно;

$S_{ПК}$ ,  $S_K$ ,  $S_M$  – средняя стоимость компьютеров, коммутаторов, маршрутизаторов соответственно.

Изучив особенности современного рынка, была создана таблица 1 для наглядного представления финансового расчета стоимости оборудования.

Таблица 1 – Финансовый расчет стоимости оборудования

Наименование оборудования	Количество	Сметная стоимость, рублей	
		За единицу товара	Общая
Персональный компьютер	6	25 000	150 000
Коммутатор Cisco WS-C2960X-24PD-L	4	228 579	914 316
Маршрутизатор CISCO 2911 модульный LAN	4	42 548	170 192
Итого:	14	296 127	1 234 508

Рассчитаем дополнительные затраты, такие как монтажные работы ( $C_{уст}$ ), транспортные расходы ( $C_{тр}$ ).

Подставив найденные значения в выражение 1.1, получаем:

$$C_{об} = 6 \cdot 25000 + 4 \cdot 228579 + 4 \cdot 42548 = 150000 + 914316 + 170192 = 1234508 \text{ рублей.}$$

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = C_{об} + C_{уст} + C_{тр}, \quad (1.2)$$

где  $K$  – капиталовложения;

$C_{об}$  – затраты на оборудование;

$C_{тр}$  – затраты на транспортные расходы;

$C_{уст}$  – затраты на установку и монтаж оборудования.

Транспортные расходы рассчитываются в размере 3% от рыночной стоимости оборудования, таким образом, транспортные расходы рассчитываются по формуле:

$$C_{тр} = 3\% \cdot C_{об}, \quad (1.3)$$

Подставив значения в выражение 1.3, получаем:

$$C_{тр} = 3\% \cdot 1234 \cdot 508 = 37036 \text{ рублей.}$$

Затраты на установку и монтаж оборудование рассчитываются в размере 5% от рыночной стоимости оборудования:

$$C_{уст} = 5\% \cdot C_{об}, \quad (1.4)$$

Подставив значения в выражение 1.4, получим:

$$C_{уст} = 5\% \cdot 1234 \cdot 508 = 61726 \text{ рублей.}$$

Таким образом, капитальные вложения, согласно формуле 1.2, составляют:

$$K = 1234508 + 37036 + 61726 = 1333270 \text{ рублей.}$$

Необходимо учесть затраты на оплату труда сетевого системного администратора.

Фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{зн} = H_{пл} \cdot Ч \cdot З_{пл}, \quad (1.5)$$

где  $H_{пл}$  – количество месяцев в планируемом периоде;

$Ч$  – количество работников;

$З_{пл}$  – заработная плата одного работника.

Согласно бирже труда, средняя заработная плата системного администратора составляет 25 000 рублей.

Подставив значения в выражение (1.5), получим:

$$\Phi_{зн} = 12 \cdot 1 \cdot 25000 = 300000 \text{ рублей.}$$

Рассчитаем так же премиальные выплаты работнику ( $P_p$ ), страховые взносы ( $CB$ ), амортизационные отчисления ( $AO$ ), непредвиденные расходы ( $HP$ ).

Премия для работника составляет 20% от месячной заработной платы:

$$P_p = 25000 \cdot 20\% = 5000 \text{ рублей.}$$

Страховые взносы в размере 30,2% от фонда оплаты труда:

$$CB = 30,2\% \cdot 300000 = 90600 \text{ рублей.}$$

Расходы на амортизационные отчисления ( $AO$ ) принимаем равными 3,6% от рыночной стоимости оборудования:

$$AO = 1234508 \cdot 3,6\% = 44442,288 \text{ рублей.}$$

Рассчитаем затраты на непредвиденные расходы (принимаются равными 3% от стоимости оборудования):

$$HP = 1234508 \cdot 3\% = 37035,24 \text{ рублей.}$$

Определим расходы на электроэнергию, потребляемую лабораторным оборудованием:

$$C_n = (C \cdot P_{об} \cdot T \cdot \Phi_s) / 1000, \quad (1.6)$$

где  $C$  – стоимость электроэнергии 1 кВт·час;

$P_{об}$  – потребляемая мощность оборудованием в час, Вт;

$T$  – время работы в сутки, час;

$\Phi_s$  – годовой фонд энергии, сутки.

Тарифный план электроэнергии на территории города Самара составляет 8,74 руб./кВт·час. Средняя мощность одного компьютера приблизительно 420 Вт/час, маршрутизатор потребляет примерно 35 Вт/час, а мощность коммутатора составляет 250 Вт/час.

Подставив значения в выражение (1.6), получим:

$$C_n = 8,74 \cdot 365 \cdot 24 \cdot (6 \cdot 420 + 4 \cdot 250 + 4 \cdot 35) / 1000 = \text{рублей.}$$

$$= 280218,384$$

Эксплуатационные расходы составляют:

$$C = 300000 + 90600 + 44442 + 37035 + \text{рублей.}$$

$$+ 280218 = 752295$$

Для того, чтобы оценить экономический эффект от внедрения сетевого оборудования в образовательный процесс необходимо рассчитать минимум приведенных затрат. Данный параметр рассчитывается по формуле:

$$P_p = C + E_n \cdot K, \quad (1.7)$$

где  $K$  – капиталовложения;

$C$  – эксплуатационные расходы;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (принимается равным 0,5).

Подставив значения в формулу 1.7, получим:

$$P_p = 0,15 \cdot 1333270 + 752295 = 199990 + \text{рублей.}$$

$$+ 752295 = 952285$$

**Результаты исследования.** Таким образом, для внедрения сетевого оборудования в образовательный процесс с целью развития профессиональных компетенций обучающегося в качестве специалиста в области сетевых технологий в реальных условиях необходимо потратить 952 285 рублей. Стоимость оборудования слишком высока, поэтому, чтобы снизить эти затраты, нужно проводить занятия в программе Packet Tracer. Это наиболее практично и удобно, к тому же, каждый студент сможет познакомиться с работой любого оборудования, а именно изменить состояние сети, количество устройств, их вид и, конечно же, количество устройств, которые нужны для использования в лабораторных работах.

**Расчет затрат на проведения лабораторной работы для обучающихся в виртуальной среде.**

Важно рассмотреть ситуацию, в которой разработка лабораторной работы будет производиться посредством программы – Cisco Packet Tracer.

Для выполнения этой задачи, необходимо рассчитать:

- затраты на электроэнергию;
- затраты на оплату труда работника.

Тарифный план электроэнергии на территории города Самара составляет 8,74 руб./кВт\*час. Средняя мощность одного компьютера приблизительно 420 Вт/час.

Подставив значения в выражение (1.6), получим:

$$C_d = 8,74 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 1 \cdot 400 / 100 = 30624,96 \text{ рублей.}$$

Согласно бирже труда, средняя заработная плата системного администратора составляет 25 000 рублей.

Подставив значения в выражение 1.5, получим:

$$\Phi_{zn} = 12 \cdot 1 \cdot 25000 = 300000 \text{ рублей.}$$

Рассчитаем так же премиальные выплаты работнику ( $P_p$ ), страховые взносы ( $CB$ ).

Премия для работника составляет 20% от месячной заработной платы:

$$P_p = 25000 \cdot 20\% = 5000 \text{ рублей.}$$

Страховые взносы в размере 30,2% от фонда оплаты труда:

$$CB = 30,2\% \cdot 300000 = 90600 \text{ рублей.}$$

К указанным выше расчетам мы добавляем стоимость компьютера, с которого проводится вся работа, цена самого дешевого компьютера составляет 25 000 р. Операционная система Windows 10, цена активации которой составляет 15 000 р, тоже принимается во внимание.

Программа Packet Tracer оказалась бесплатной, поэтому расходов на нее не предвидится.

Итого считаем все вышеуказанные суммы:

$$P_d = 30624 + 300000 + 5000 + 90600 + 15000 + \\ + 25000 = 466224 \text{ рублей.}$$

После проведения расчетов, можно увидеть, что работа с применением виртуальных технологий обойдется выгоднее, также работа в программе Packet Tracer будет более эффективна в плане обучения, чем работа на оборудовании.

**Заключение.** Железнодорожный транспорт является основой транспортной системы страны, поскольку железнодорожная сеть востребована для большинства людей, а также компаний в плане доступности и скорости перевозки грузов и пассажиров из одного места в другое на различные расстояния. Современные экономические требования и ограниченность в ресурсах для осуществления масштабных задач в области железнодорожного транспорта приводят к необходимости использования сетевых технологий.

Современное развитие телекоммуникаций и компьютерных технологий позволяет передавать информацию на большие расстояния с высокой надежностью. А надежность средств связи, в свою очередь, является важным критерием автоматизации и эффективного управления транспортным процессом.

С целью повышения эффективности управления транспортными потоками, увеличения уровня защиты среды передачи данных на железнодорожном транспорте не менее важно развитие профессиональных компетенций в области сетевых технологий. Необходимо внедрение телекоммуникационных оборудования в образовательный процесс для формирования специалистов в области пакетной коммутации.

Таким образом, на основе расчета себестоимости оборудования и программного обеспечения для развития профессиональных компетенций обучающегося в сфере сетевых технологий, и подведения итогов о востребованности специалистов в работе железнодорожного транспорта, приходим к выводу, что процесс модернизации

образовательного процесса необходим. Студентам важно знать базовые настройки сети пакетной коммутации, уметь находить ошибки в построении сети, устранять неполадки. Для этого нужно внедрение сетевых устройств, а также установка программных эмуляторов сети для формирования профессиональных навыков в области телекоммуникации.

### Список литературы

1. Сарычева С.А. Особенности обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта / С.А. Сарычева, В.А. Надежкин // Проблемы безопасности на транспорте : Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги. В 2-х частях, Гомель, 24-25 ноября 2022 года / Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко. – Гомель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", 2022. – С. 348-350.
2. Надежкин В.А. К вопросу инновационных технологий интервального регулирования движения поездов на примере системы управления движением на Московском Центральном кольце / В.А. Надежкин, С.А. Сарычева // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2022. – Т. 1. – С. 133-136.
3. Васин Н.Н. Технологии пакетной коммутации: Учебник. – М.: ИНТУИТ, 2017. – 408 с.
4. 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». – Санкт-Петербург: Форапринт, 2020. – С. 7-12.
5. Кораблев, А.В., Петрушова, М.В., Золкин, А.Л., Скибин, Ю.В. Современный подход к формированию информационного обеспечения системы управления предприятием// Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 10-1. С. 41-46.
6. 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.
7. Васин Н.Н. Основы построения сетей пакетной коммутации [Электронный ресурс]. Учебное пособие. – М.: ИНТУИТ <https://intuit.ru/studies/courses/3645/887/info> (Дата обращения: 05.03.2023).
8. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб: Издательство «Питер», 2011. – 944 с.
9. Назаров А.Н., Разживин И.А., Симонов М.В. АТМ: технические решения создания сетей. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 216 с.
10. Куроуз Д. Ф., Росс К. В. Компьютерные сети. Нисходящий подход/ Д. Ф. Куроуз, К. В. Росс. – М.: Эксмо, 2016. – 912 с.
11. Максимов Н. В., Попов И. И. Компьютерные сети: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / Н. В. Максимов, И. И. Попов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. – 448с.
12. Нейман В.И. Новое поколение систем коммутации // Электросвязь. – №1. – 2001. – С. 32-34.
13. Васин Н.Н. Основы сетевых технологий на базе коммутаторов и маршрутизаторов / Н.Н. Васин. – Москва: Машиностроение, 2017. – 272 с.

2.3.1.

**В.А. Тепцов**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»,  
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,  
Москва, teptsov604@yandex.ru

## **ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СБЛИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТЬ I. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ КОРРЕКЦИИ**

*Статья посвящена постановке задачи оптимизации управления двигательными установками активного космического аппарата при сближении с пассивным космическим аппаратом, чьи кинематические параметры измеряются с изменяющимися по времени ошибками. Получена оптимальная по быстрдействию программа управления тягой поперечных двигателей.*

*Ключевые слова: сближение космических аппаратов, программирование оптимального управления, критерий быстрдействия, принцип максимума Понтрягина.*

На околоземных орбитах функционирует множество спутников, которые могут подвергаться обслуживанию или сами в состоянии проводить операции сближения с другими аппаратами [1]. Встреча и стыковка на орбите являются сложнейшим этапом совместного функционирования космических аппаратов, решение задач которого динамически развивается и не имеет единой формализации. Исторически операции встречи делят на несколько общих этапов [2]: подготовка, старт и выведение на орбиту (в том числе - в зону встречи), поиск и захват цели, сближение, причаливание и стыковка. В частном случае активный аппарат, осуществляющий сближение и стыковку находится на целевой орбите, однако может быть выведен непосредственно ракетой-носителем с поверхности Земли в интересах сближения и экстренного обслуживания отказавших КА [3].

В статье анализируется задача управления динамикой системы из активного космического аппарата (далее – *инспектор*) для обеспечения сближения с пассивным неуправляемым аппаратом (далее – *КА*) при следующих условиях:

1) в качестве информационного обеспечения рассматриваются два источника: внешний, характеризующейся переменной по времени ошибкой определения координат и скоростей КА, и собственные информационные средства инспектора, точность которых достаточна для проведения сближения и стыковки с КА;

2) инспектор оснащён поперечными двигателями, реализующими поперечное ускорение  $n$ , а также тормозными двигателями, реализующими продольное ускорение  $P$ , с ограничениями;

$$n \in [0; n_{max}] \quad (1)$$

$$P \in [-P_{max}; 0] \quad (2)$$

3) пренебрегается влиянием ускорения двигателей на перпендикулярные проекции скорости;

4) рассматривается движение аппаратов в одной плоскости; при этом, на рассматриваемом участке орбиты дальность между инспектором и КА достаточно мала, чтобы считать движение аппаратов прямолинейным, а скорости инспектора и КА - постоянными по направлению; кроме того, будем считать скорость КА постоянной по величине; величины скоростей приняты относительно начального положения инспектора.

В начале операции сближения КА обнаруживается и сопровождается внешними информационными средствами с некоторыми ошибками по положению  $\varepsilon_x$  и по скорости  $\varepsilon_v$ , меняющимися во времени по экспоненциальному закону с известными параметрами:

$$\varepsilon_x(t) = e^{-a_x t} + \mu_x \tag{3}$$

$$\varepsilon_v(t) = e^{-a_v t} + \mu_v$$

где  $a_x, a_v, \mu_x, \mu_v$  характеристики функции, описывающей точность измерения координат и скоростей КА. На практике ошибка определения координат объекта означает область неопределённости, где КА находится в данный момент времени с некоторой вероятностью. Наличие скоростных ошибок приводит к увеличению прогнозируемой области неопределённости (рис. 1). В рассматриваемой задаче относительно области неопределённости будем рассматривать худший с точки зрения устранения ошибки случай, когда КА находится на краю области неопределённости и, соответственно, на краю прогнозируемой области.

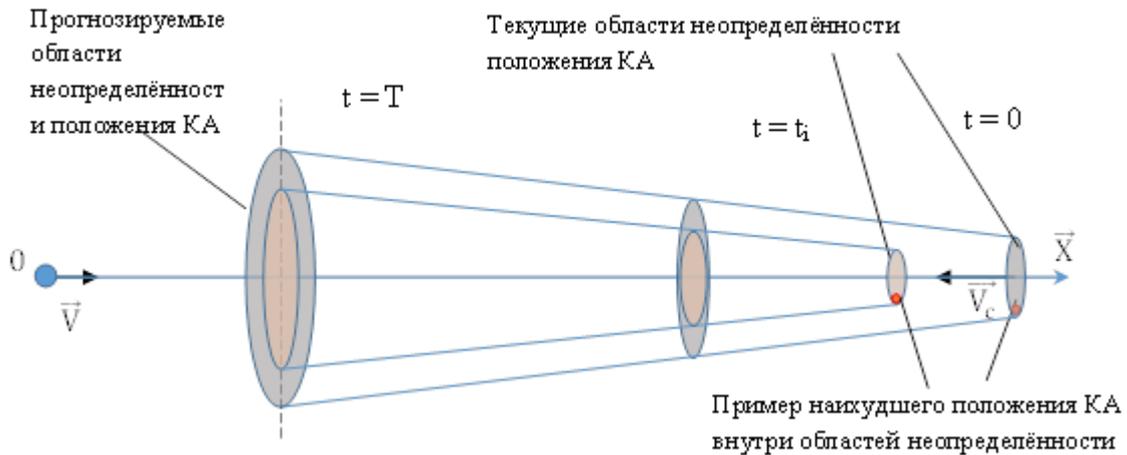


Рис. 1 – Прогнозирование областей неопределённости положения КА

В соответствии с принятыми допущениями прогноз ошибки с момента  $t$  на некоторый нефиксированный момент  $T$  определяется как:

$$\varepsilon(t) = e^{-a_x t} + \mu_x + (e^{-a_v t} + \mu_v)(T - t) \tag{4}$$

Скорость изменения этой ошибки по времени:

$$\dot{\varepsilon}(t) = -a_x e^{-a_x t} - (e^{-a_v t} + \mu_v) - a_v e^{-a_v t}(T - t) \tag{5}$$

В момент времени  $t_0$  начинается устранение ошибки экстраполяции положения КА по данным информационных средств инспектора

$$\varepsilon(t_0) = e^{-a_x t_0} + \mu_x + (e^{-a_v t_0} + \mu_v)(T - t_0) \tag{6}$$

Здесь  $T$  – момент времени, соответствующий сближению инспектора и КА. Первая производная величины  $h_v(t)$  или вторая производная обрабатываемого промаха  $h(t)$  равна:

$$\dot{h}_v(t) = n(t) \tag{7}$$

Траекторию инспектора при отсутствии управления ( $n = 0$ ), будем называть *опорной*; смещение относительно неё, вызванное управлением, будем называть *обрабатываемым промахом*:

$$h(t) = \iint_0^T n(t) d^2t \tag{8}$$

При описании динамики системы производную  $h(t)$  по времени обозначим как  $h_v(t) = \int_0^T n dt$ . С учётом (4) и (7) введём величину  $\Delta\varepsilon$ , описывающую разницу между промахом, обрабатываемым инспектором, и ошибкой экстраполяции КА на момент встречи  $T$ . Её производная определяется как:

$$\Delta\dot{\varepsilon}(t) = -a_x e^{-a_x t} - e^{-a_v t} - \mu_v - a_v e^{-a_v t}(T - t) - h_v(t) \tag{9}$$

Продольное ускорение инспектора с учётом управления  $P$ :

$$\dot{V}_s(t) = P \tag{10}$$

Для встречи инспектора с КА в некоторый нефиксированный момент времени  $T$  необходимо совместное списание ошибки экстраполяции КА двигателями поперечной коррекции инспектора и списание разницы относительных дальности и скорости, реализующихся в момент встречи  $T$ .

При решении данной задачи определим оптимальную по быстродействию программу управления поперечными двигателями:

$$J = -T \rightarrow \max \quad (11)$$

Составим систему дифференциальных уравнений, для краткости опустив зависимость переменных от  $t$ .

$$\begin{cases} \Delta \dot{\varepsilon} = -a_x e^{-a_x t} - e^{-a_v t} - \mu_v - a_v e^{-a_v t} (T - t) - h_v \\ \dot{h}_v = n \\ \dot{V}_s = P \\ \Delta \dot{D} = -V_c - V_s \end{cases} \quad (12)$$

В Таблице 1 приведены граничные условия сближения.

Таблица 1 – Граничные условия вектора состояния в задаче сближения

Начальные условия, $t = 0$	Конечные условия, $t = T$
$\Delta \varepsilon(0) = 1 + \mu_x + T(1 + \mu_v)$ $h_v(0) = 0$ $V_s(0) = V_{s0}$ $\Delta D(0) = D_{c0}$	$\Delta \varepsilon(T) = \varepsilon(T) - h(T) = 0$ $h_v(T) = \int_0^{T-t_0} n_x(t) dt$ $V_s(T) = V_{sT}$ $\Delta D(T) = D_c(T) - D_s(T)$

Будем говорить о следующей постановке задачи: для системы, динамика которой описывается (12), определить управление поперечными двигателями, обеспечивающее движение из начального состояния в конечное (Таблица 1) при ограничениях (1), (2) с максимальным значением критерия (11). Составим гамильтониан [4] для системы (12).

$$H = \psi_1(-a_x e^{-a_x t} - e^{-a_v t} - \mu_v - a_v e^{-a_v t} (T - t) - h_v) + \psi_2 n + \psi_3 P - \psi_4 (V_c + V_s) \quad (13)$$

Система дифференциальных уравнений для сопряжённого вектора:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_1 = -\frac{\partial H}{\partial \Delta \varepsilon} = 0 \rightarrow \psi_1 = \psi_{10} - const \\ \dot{\psi}_2 = -\frac{\partial H}{\partial h_v} = \psi_1 \rightarrow \psi_2 = \psi_{20} + \psi_{10} t \\ \dot{\psi}_3 = -\frac{\partial H}{\partial V_s} = \psi_4 \rightarrow \psi_3 = \psi_{30} + \psi_{40} t \\ \dot{\psi}_4 = -\frac{\partial H}{\partial \Delta D} = 0 \rightarrow \psi_4 = \psi_{40} - const \end{cases} \quad (14)$$

С учётом ограничения (1) из выражения для гамильтониана (13) получаем выражение для оптимального управления поперечных двигателей в поставленной задаче:

$$\max_{n_x} H : \begin{cases} n_x = 0, \psi_2 < 0 \\ n_x = n_{x\max}, \psi_2 > 0 \\ n_{x\_особое}, \psi_2 = 0 \end{cases} \quad (15)$$

Исследуем задачу на наличие *особого управления*, когда оптимальное управление не может быть найдено непосредственно с помощью принципа максимума [5]. Особое управление в рассматриваемой задаче существует, если существует некоторый конечный интервал  $[t_a; t_b] \in [0; T]$ , где  $\psi_2(\forall t \in [t_a; t_b]) = 0$ , что означает:

$$\dot{\psi}_2(\forall t \in [t_a; t_b]) = 0 \rightarrow \frac{d}{dt}(\psi_{20} + \psi_{10} t) = \psi_{10}(\forall t \in [t_a; t_b]) = 0 \quad (16)$$

С учётом постоянства  $\psi_{10}$  это означает, что  $\psi_{10} = 0$  на всём интервале  $t \in [0; T]$ , что не допускается принципом максимума [6]. Следовательно, в рассматриваемой задаче особого оптимального управления не существует. Таким образом, для поперечной тяги оптимальным является управление, когда инспектор с некоторого момента  $t = t_0$  реализует максимальную тягу поперечных двигателей для списания ошибки экстраполяции по данным собственных информационных средств.

С учётом граничных условий из уравнений 1 и 2 системы уравнений (12) следует:

$$e^{-a_x t_0} + \mu_x + (e^{-a_v t_0} + \mu_v)(T^* - t_0) - n_{xmax} \frac{(T^* - t_0)^2}{2} = 0 \quad (17)$$

Если длительность сближения  $T^*$  задана, численное решение трансцендентного уравнения (17) позволяет получить момент включения поперечных двигателей инспектора  $t_0$ .

С учётом проведённой декомпозиции задачи и полученной оптимальной программы управления поперечными двигателями можно формулировать задачу оптимизации управления тягой тормозных двигателей в зависимости от начальных условий.

### Заключение

В статье рассмотрена задача сближения управляемого инспектора с пассивным КА в условиях наличия ошибок прогнозирования положения. Получена оптимальная по быстродействию программа управления поперечными двигателями, определён момент включения двигателей, потребный для списания ошибки экстраполяции пассивного КА.

### Список литературы

1. Филипп Терехов. Космические инспекторы [Электронный ресурс] // Habr; URL: <https://habr.com/ru/post/370949/> (дата обращения: 19.01.2023).
2. А.А. Лебедев, В.Б. Соколов. Встреча на орбите. Машиностроение, М. – 1969.
3. В.А. Тепцов, А.В. Малышев. Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов. – М.: Изд-во МАИ, 2016. –184 с. – с. 40-41.
4. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. – 4-е изд. – М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 392 с.
5. В.В. Малышев Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.
6. А.М. Летов Динамика полёта и управление. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1969, 360 стр.

2.3.1.

**В.А. Тепцов**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»,  
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,  
Москва, teptsov604@yandex.ru

**ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СБЛИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ  
ЧАСТЬ II. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДОЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ**

*Статья посвящена решению задачи оптимального управления двигательными установками активного космического аппарата при сближении с пассивным космическим аппаратом. чьи кинематические параметры измеряются с изменяющимися по времени ошибками. Проводится анализ задачи с точки зрения удовлетворения требованиям к безударной стыковке аппаратов. Получены программы управления тягой тормозных двигателей, оптимальные по быстрдействию и по критерию расхода энергии.*

*Ключевые слова: сближение космических аппаратов, программирование оптимального управления, критерий быстрдействия, критерий минимума расхода энергии, принцип максимума Понтрягина.*

В статье решается задача оптимизации управления тормозными двигателями активного космического аппарата (далее – *инспектор*) в задаче сближения с пассивным неуправляемым аппаратом (далее – *КА*) с учётом требований к безударной стыковке. Безударной стыковке соответствует нулевое значение дальности при нулевой относительной скорости между инспектором и КА в конечный момент времени. Граничные условия приведены в Таблице 1, длительность сближения свободна, длительность списания ошибки экстраполяции КА поперечными двигателями инспектора задана.

Таблица 2 – Граничные условия вектора состояния в задаче сближения.

Начальные условия, $t = 0$	Конечные условия, $t = T$
$\Delta\varepsilon(0) = 1 + \mu_x + T(1 + \mu_v)$	$\Delta\varepsilon(T) = \varepsilon(T) - h(T) = 0$
$h_v(0) = 0$	$h_v(T) = \int_0^{T-t_0} n_x(t) dt$ – свободно
$V_s(0) = 0$	$V_s(T) = -V_c$
$\Delta D(0) = D_c(0) = D_{c0}$	$\Delta D(T) = D_c(T) - D_r(T) = 0$

Динамика системы из инспектора и КА описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} \Delta\dot{\varepsilon} = -a_x e^{-a_x t} - e^{-a_v t} - \mu_v - a_v e^{-a_v t} (T - t) - h_v \\ \dot{h}_v = n \\ \dot{V}_s = P \\ \Delta\dot{D} = -V_c - V_s \end{cases} \quad (18)$$

Определим оптимальную по быстрдействию программу управления тормозными двигателями:

$$J = -T \rightarrow \max \quad (19)$$

Гамильтониан [4] для системы (1) имеет вид:

$$H = \psi_1(-a_x e^{-a_x t} - e^{-a_v t} - \mu_v - a_v e^{-a_v t} (T - t) - h_v) + \psi_2 n + \psi_3 P - \psi_4 (V_c + V_s) \quad (20)$$

Система дифференциальных уравнений для сопряжённого вектора:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_1 = -\frac{\partial H}{\partial \Delta \varepsilon} = 0 \rightarrow \psi_1 = \psi_{10} - const \\ \dot{\psi}_2 = -\frac{\partial H}{\partial h_v} = \psi_1 \rightarrow \psi_2 = \psi_{20} + \psi_{10}t \\ \dot{\psi}_3 = -\frac{\partial H}{\partial V_s} = \psi_4 \rightarrow \psi_3 = \psi_{30} + \psi_{40}t \\ \dot{\psi}_4 = -\frac{\partial H}{\partial \Delta D} = 0 \rightarrow \psi_4 = \psi_{40} - const \end{cases} \quad (21)$$

Если тяга тормозных двигателей ограничена  $P \in [-P_{max}; 0]$ , то из гамильтониана (2) получаем выражение для оптимального управления в поставленной задаче быстродействия:

$$\max_P H : \begin{cases} P = 0, \psi_3 > 0 \\ P = -P_{max}, \psi_3 < 0 \\ P_{\text{особое}}, \psi_3 = 0 \end{cases} \quad (22)$$

Можно показать, что особого управления в задаче не существует. Тогда для тормозных двигателей в задаче быстродействия оптимальным является управление, когда инспектор с некоторого момента  $t = t_1$  до момента  $t = T$  реализует максимальную тягу тормозных двигателей. Определим момент включения тормозных двигателей в задаче быстродействия. Рассматривая 3 и 4 уравнения системы уравнений (1) для интервала  $t = [t_1; T]$  при оптимальном торможении, получаем значение переменных для конечного момента времени  $t = T$ :

$$V_s(T) = V_{s0} - P_{max}(T - t_1) \quad (23)$$

$$\Delta D(T) = D_0 - (V_c + V_{s0})T + \frac{P_{max}(T - t_1)^2}{2} \quad (24)$$

Используя граничные условия, получим момент включения  $t_1^*$  и длительность работы  $T^*$  тормозных двигателей для поставленной задачи быстродействия:

$$t_1^* = \frac{2D_0P_{max} - (V_c + V_{s0})^2}{2P_{max}(V_c + V_{s0})} \quad (25)$$

$$T^* = \frac{2D_0P_{max} + (V_{s0} + V_c)^2}{2P_{max}(V_c + V_{s0})} \quad (26)$$

Полученное оптимальное управление (5) приведёт к сближению с КА с устранением ошибки экстраполяции его положения, если длительность работы поперечных двигателей меньше длительности сближения с учётом торможения. Однако, возможна и обратная ситуация, возникающая, например, если возможности инспектора по списанию промаха меньше, чем прогнозируемая ошибка положения КА, или скорость сближения сравнительно велика. В таком случае включение поперечных двигателей инспектора происходит в момент  $t_0 = 0$ , а длительность списания ошибки экстраполяции  $T$  определяется из уравнения:

$$1 + \mu_x + (1 + \mu_v)T - n_{xmax} \frac{T^2}{2} = 0 \quad (27)$$

Приходим к задаче перевода системы из начального состояния в конечное за фиксированное время  $T$ . В качестве критерия оптимальности примем минимальный расход энергии тормозных двигателей инспектора:

$$J = -\int_0^T P^2 dt \rightarrow \max \quad (28)$$

Будем рассматривать только 3 и 4 уравнения системы (1) ввиду независимости их от первых двух уравнений.

$$\begin{cases} \dot{V}_s = P \\ \Delta \dot{D} = -V_c - V_s \end{cases} \quad (29)$$

Составим гамильтониан для системы уравнений (12):

$$H = -P^2 + \psi_1 P - \psi_2 (V_c + V_s) \quad (30)$$

Система дифференциальных уравнений для сопряжённого вектора:

$$\begin{cases} \dot{\psi}_1 = -\frac{\partial H}{\partial V_s} = \psi_2 \rightarrow \psi_1 = \psi_{10} + \psi_{20}t \\ \dot{\psi}_2 = -\frac{\partial H}{\partial \Delta D} = 0 \rightarrow \psi_2 = \psi_{20} - const \end{cases} \quad (31)$$

Выражение для оптимального управления в поставленной задаче:

$$\frac{\partial H}{\partial P} = 0 \rightarrow -2P + \psi_1 = 0 \rightarrow P^* = \frac{\psi_1}{2} \quad (32)$$

$$\begin{cases} P^* = \frac{\psi_1}{2}, \psi_1 \neq 0 \\ P_{\text{особое}}, \psi_1 = 0 \end{cases} \quad (33)$$

Можно показать, что особого управления в рассматриваемой задаче не существует. Из (14) видно, что функция  $\psi_1(t)$  линейна по  $t$ , а значит, и управление  $P^*$  линейно зависит от времени:

$$P^* = \frac{\psi_{10} + \psi_{20}t}{2} \quad (34)$$

Определим значения  $\psi_{10}$ ,  $\psi_{20}$ , для чего проинтегрируем уравнения системы (12) на участке управления  $t \in [0; T]$  с учётом выражения для оптимального управления (17).

$$\begin{aligned} V_s(T) &= V_{s0} + \int_0^T P^* dt = \\ &= V_{s0} + \frac{1}{2} \int_0^T (\psi_{10} + \psi_{20}t) dt = V_{s0} + \frac{\psi_{10}}{2} T + \frac{\psi_{20}}{4} T^2 \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \Delta D(T) &= D_0 - (V_c + V_{s0})T \\ &+ \iint_0^T P^* dt = D_0 - (V_c + V_{s0})T + \frac{1}{2} \iint_0^T (\psi_{10} + \psi_{20}t) dt = \\ &= D_0 - (V_c + V_{s0})T + \frac{\psi_{10}}{4} T^2 + \frac{\psi_{20}}{12} T^3 \end{aligned} \quad (36)$$

С учётом граничных условий (Таблица 1) получаем систему из двух алгебраических уравнений относительно  $\psi_{10}$ ,  $\psi_{20}$ :

$$\begin{cases} V_{s0} + \frac{\psi_{10}}{2} T + \frac{\psi_{20}}{4} T^2 = -V_c \\ D_0 - (V_c + V_{s0})T + \frac{\psi_{10}}{4} T^2 + \frac{\psi_{20}}{12} T^3 = 0 \end{cases} \quad (37)$$

Решение (20) позволяет получить начальные значения компонент сопряжённого вектора и определить искомую программу оптимального управления (17).

На рисунках 1, 2, 3 показаны результаты моделирования операции сближения при полученной оптимальной по быстродействию программе управления тормозными двигателями.

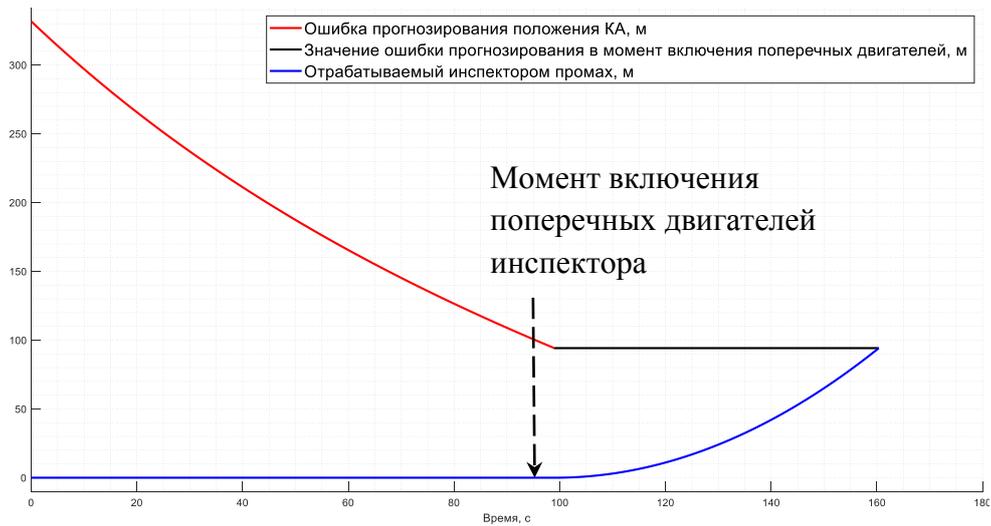


Рис. 2 – Динамика ошибок экстраполяции КА и отработываемого инспектором промаха

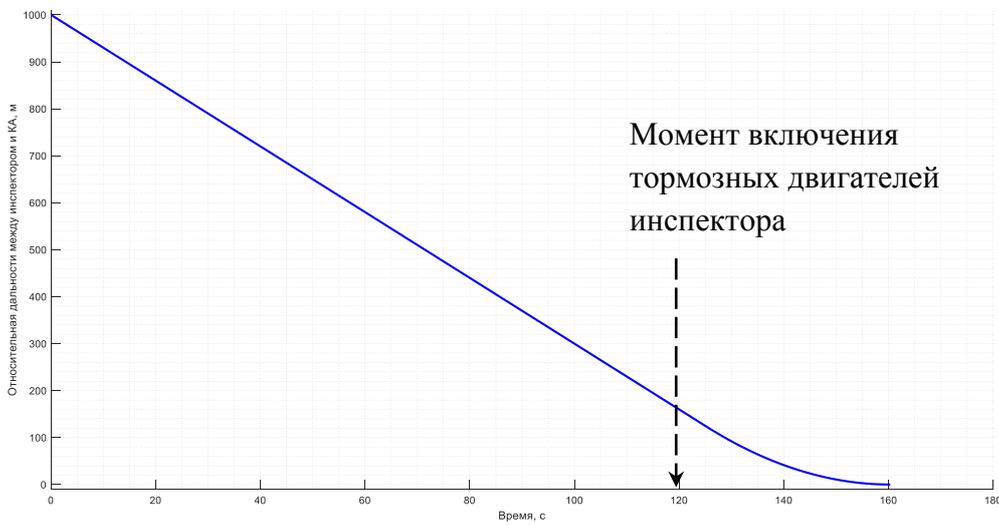


Рис. 3 – Динамика относительной дальности между КА и инспектором

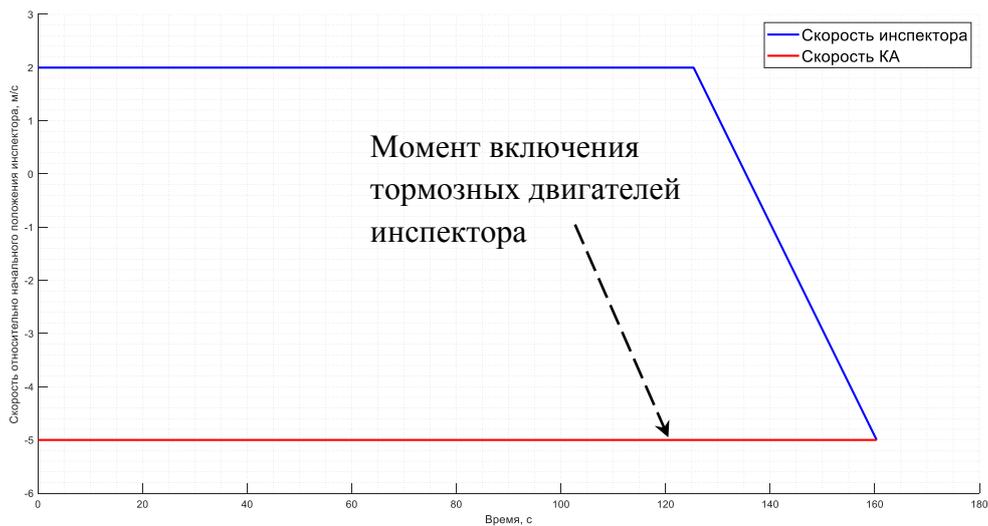


Рис. 4 – Динамика скорости инспектора при торможении

На рисунках 4, 5, 6 показаны результаты моделирования операции сближения при полученной оптимальной по минимуму расхода энергетике программе управления тормозными двигателями.

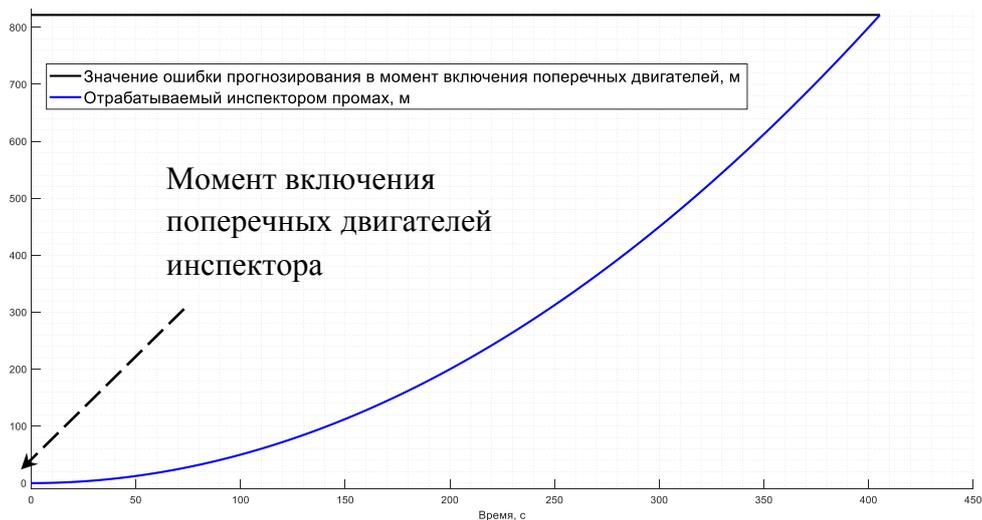


Рис. 5 – Динамика отработываемого инспектором промаха

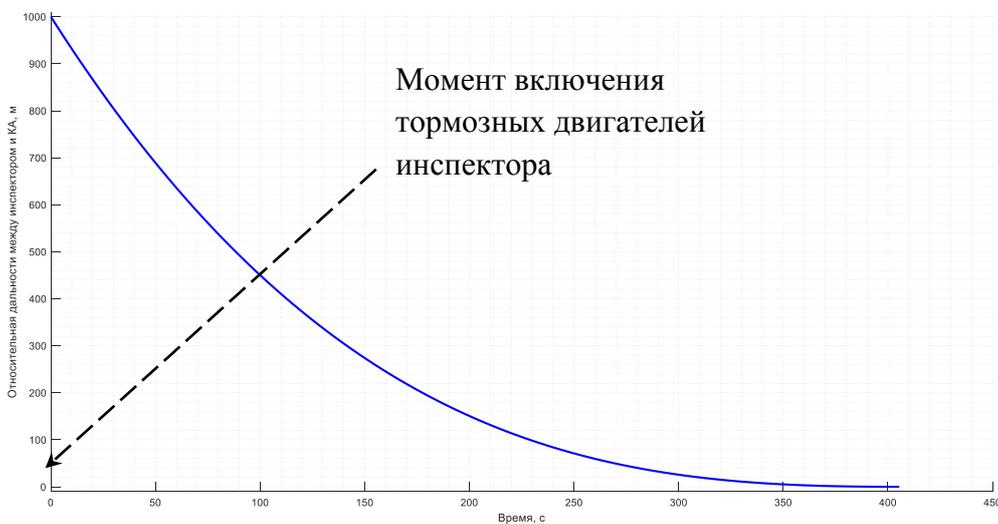


Рис. 6 – Динамика относительной дальности между КА и инспектором

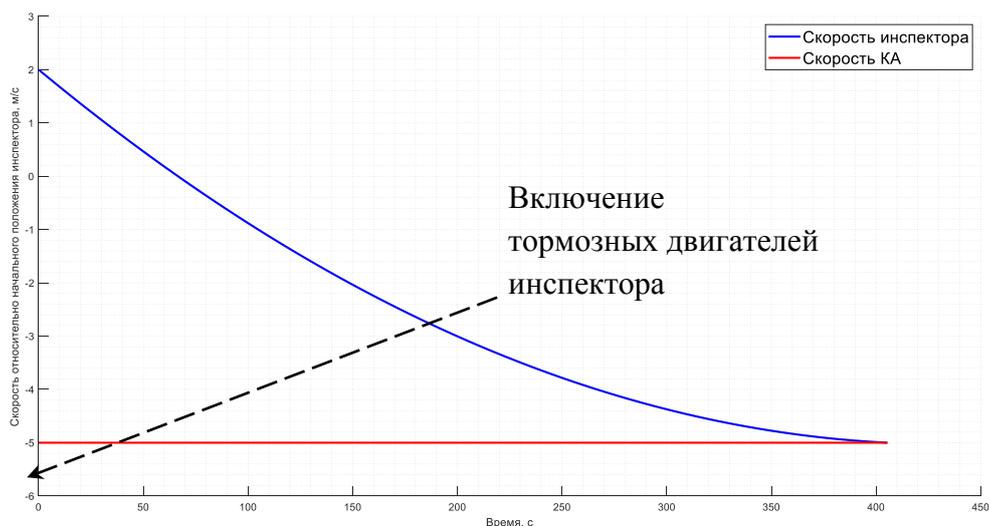


Рис. 7 – Динамика скорости инспектора при торможении

### **Заключение**

В статье получены оптимальные программы управления тормозными двигателями в задаче сближения управляемого КА с неуправляемым КА для критерия быстродействия и критерия минимума потребной энергетике, проведено подтверждение работоспособности полученных алгоритмов путём математического моделирования динамики рассматриваемой системы.

### **Список литературы**

1. *Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко.* Математическая теория оптимальных процессов. – 4-е изд. – М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 392 с.
2. *В.В. Малышев* Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.
3. *А.М. Летов* Динамика полёта и управление. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», М., 1969, 360 стр.

## 2.3.1

**Н.А. Тоичкин канд. техн. наук**

Мурманский арктический государственный университет,  
доцент кафедры информатики и вычислительной техники,  
Апатиты, toichkin@list.ru

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

*Современные системы обеспечения безопасности промышленных производств являются сложными человеко-машинными системами, состоящими из информационной подсистемы диагностики состояний технологических процессов (ТП) и организационно-технологической подсистемы управления технологической безопасностью. Целью проекта является решение проблемы обеспечения безопасности технологических процессов путем разработки архитектуры системы интеллектуальной диагностики состояний в рамках информационной системы обеспечения промышленной безопасности.*

*Ключевые слова. Информационная система, технологический процесс, управление безопасностью, агентные технологии, интеллектуальные системы, диагностика состояний.*

**1. Введение**

Разработка автоматизированных информационных систем диагностики состояний и управления безопасностью технологических объектов является сложной и трудоемкой задачей [1]. Сложность вызывается четырьмя основными причинами:

- сложностью реальной предметной области, из которой исходит заказ на разработку;
- трудностью управления процессом разработки;
- необходимостью обеспечить достаточную гибкость программы;
- неудовлетворительными способами описания поведения больших дискретных систем.

При создании таких систем требуется применять современные методы, основанные на соединении отдельных блоков через унифицированные интерфейсы, что позволяет создавать модель будущей системы, на нескольких уровнях абстракции и существенно упрощает дальнейшую эксплуатацию, модификацию и масштабирование [2].

**2. Общие требования к системам управления безопасностью**

В условиях промышленного производства, реализация системы систем диагностики состояний и управления безопасностью технологических объектов, должна соответствовать ряду следующих требований [3]:

- сбор и мониторинг данных – получение массивов данных от технических устройств;
- организация хранения собранных данных;
- построение модели функционирования объекта управления;
- обеспечение процедур технической диагностика объекта управления;
- создание отчетов на всех стадиях процесса технической диагностики;
- формирование экспертных выводов о техническом состоянии объекта управления;
- оперативное выявление аварийных ситуаций в максимально короткие сроки на основе прогнозирования поведения объекта управления;
- организация взаимодействия между различными подсистемами;
- масштабируемость и расширяемость – добавление отдельных узлов в систему и распределение ресурсов по назначению предприятия.



Рис. 1 - Обобщенная схема автоматизированной системы диагностики состояний технологических объектов

Учитывая приведенные требования необходимо проектировать систему технической диагностики как распределенную, состоящую из пула устройств, разнесенных в пространстве, каждое из которых не зависит от остальных, но взаимодействует с ними для выполнения общих задач (рис. 1).

### 3. Основные структурные элементы систем управления безопасностью

Перечислим основные элементы автоматизированной системы диагностики состояний технологических объектов.

Общая шина *RS-485/CAN* – используется интерфейсный протокол *RS-485* (стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса) для организации каналов связи и объединения в единую сеть датчиков, исполнительных устройств и сервера управления. Каждое из устройств, подключенных к такой сети, содержит набор драйверов, обеспечивающих протокол взаимодействия, между датчиками/исполнительными устройствами и сервером управления.

Сервер управления – главный координирующий компьютер системы, который через плату преобразования интерфейсов *USB-RS485* (предназначенной для взаимного преобразования сигналов интерфейса *USB* и сигналов двухпроводного магистрального интерфейса *RS-485*) подключается к промышленной сети, и обеспечивает доступ к высокоуровневым сервисам: серверу БД, серверу приложений, серверу файловой системы, *Web*-серверу.

Сервер Базы данных (БД) включает базу исходных и базу результатов. База исходных содержит список вычисленных значений параметров технологического процесса (ТП) на предыдущем шаге расчета. Список записей разделяется по времени и имеет следующий вид:  $L = \{(P^1, t_1); (P^2, t_2); \dots; (P^n, t_n)\}$ ; где  $(P^i, t_i)$  – упорядоченный набор (кортеж), в котором  $P^i = \{p_1^i, p_2^i, \dots, p_k^i\}$  – список значений параметров ТП, вычисленных в точке времени  $t_i$ ,  $k$  – количество технологических параметров процесса.

База результатов содержит список вычисленных значений параметров ТП на текущем шаге расчета. Для вычисления значений использует последний записанный в базу исходных, кортеж значений. Результаты заносятся в список кортежей, аналогичный базе исходных.

Сервер приложений содержит компилируемые/интерпретируемые программные приложения (созданные на языках высокого уровня), реализующие: расчетные модели технических процессов/устройств, модели контроля и оценки состояний:

- модель процессов и технических устройств – математические модели, основанные на уравнениях, описывающих физико-химические процессы технологических устройств, входящих в данную систему;
- модель контроля – логическая модель системы на основе механизма нечеткого вывода (правило Мамдани, и другие) и базы экспертных правил;
- модель оценки и диагностики состояний – логическая модель оценки технологических состояний технологических аппаратов на основе индекса безопасности.

Файловый сервер – выделенный сервер, предназначенный для выполнения файловых операций ввода-вывода и хранящий файлы любого типа. Для обеспечения надежной и бесперебойной работы файловых серверов применяются RAID-массивы, с программируемыми механизмами резервного копирования и восстановления данных, для чего разрабатывается определенная стратегия осуществления таких операций и подготовка пула необходимых носителей.

Web сервер – сервер, предназначенный для осуществления удаленного взаимодействия по протоколу *HTTP*.

#### **4. Проектирование архитектуры системы управления безопасностью**

Одним из направлений развития объектно-ориентированной технологии, ориентированной на сложные распределенные системы, является технология программных агентов и мультиагентных систем. В которой под агентом понимается программная (реже аппаратная) сущность, способная действовать в интересах достижения целей, поставленных перед ним владельцем и/или пользователем. При этом распределенная система, реализованная через взаимодействие программных агентов, опирается на статический подход, при котором между автономными агентами передаются только данные, без возможности передачи программного кода [4].

Рассмотрим проектирование информационной системы диагностики состояний и управления технологической безопасностью, на основе объектно-ориентированного подхода и агентных технологий, для четырехкорпусной выпарной установки [5].

В функции агента «*формирование программной модели объекта управления*» входит декомпозиция объекта управления, на отдельные подсистемы согласно описанию технологического процесса и связей вход-выход, между отдельными подсистемами.

Агент «*формирование сбора первичных данных*» выполняет роль поставщика данных для программной модели объекта управления, т.е. осуществляет наполнение фактическими данными о текущих значениях параметров технологического процесса.

Ответственность агента «*менеджер мониторинга и диагностики*», заключается в осуществлении мониторинга текущих параметров ТП, реализации функционала детектирования текущих состояний, выдаче рекомендаций обслуживающему персоналу и протоколировании текущих событий. Рассмотрим протокол возможного сценария функционирования агента *менеджер мониторинга и диагностики*, описывающий его реакцию на внешние события, возникающие в системе.

Основной поток событий:

1. После запуска агент настраивает свое программное и аппаратное окружение.
2. Агент включает цикл опроса первичных данных с различных измерительных устройств (датчиков), взаимодействия при этом с агентом *формирования сбора первичных данных*.
3. Агент формирует серии данных, сохраняя значения параметров в базу данных технологических параметров, и передает их на слой представления для отображения изменений графиков на мониторах операторов.
4. Используя алгоритмы нечеткого вывода, агент выполняет расчеты текущих состояний и осуществляет прогноз их изменений, применяя дискретные модели функционирования непрерывного ТП и базу экспертных знаний.
5. Если диагностическая модель сигнализирует о возможной внештатной ситуации, то выполняется альтернативный поток А1, иначе осуществляется управление ТП в обычном режиме.
6. Переход к шагу 3.

Альтернативный поток А1: программная оценка предиктивной информации, представленной дискретной моделью, о предполагаемой внештатной ситуации диагностируемой в процессе функционирования ТП.

1. Вычисление индекса безопасности технологического процесса и сохранение его значения в базу данных.

2. Определение функционала ошибки для вычисленного индекса безопасности, по формуле среднеквадратичного отклонения (или другими способами), где в качестве эталонного сравниваемого значения применяется индекс безопасности, полученный для области, являющейся центром безопасности. Т.е. такой области, в которой с точки зрения заложенной модели и экспертных знаний, функционирование процесса является наиболее оптимальным в контексте безопасности его функционирования.

3. Сравнение полученного значения функционала с заданным порогом: если ниже нормы, то осуществляется выполнение альтернативного потока А2.

4. Выполнение действий аналогичных шагам 1 – 3 для параметров состояния систем управления и оборудования.

5. Переход к шагу 3 основного потока.

Альтернативный поток А2: значение функционала ошибки ниже порога.

1. Фиксация в базе данных информации о возникших отклонениях.

2. Проведения ряда диагностических мероприятий по поиску первичной неисправности.

3. Выдача рекомендаций для устранения причин неисправности.

4. Сохранение в базе данных информации о проведенных мероприятиях.

На рисунке 2 представлена диаграмма классов агента «Менеджер мониторинга диагностики», выполненная по стандартам унифицированного языка моделирования *UML*, а ниже приводится описание ряда классов.

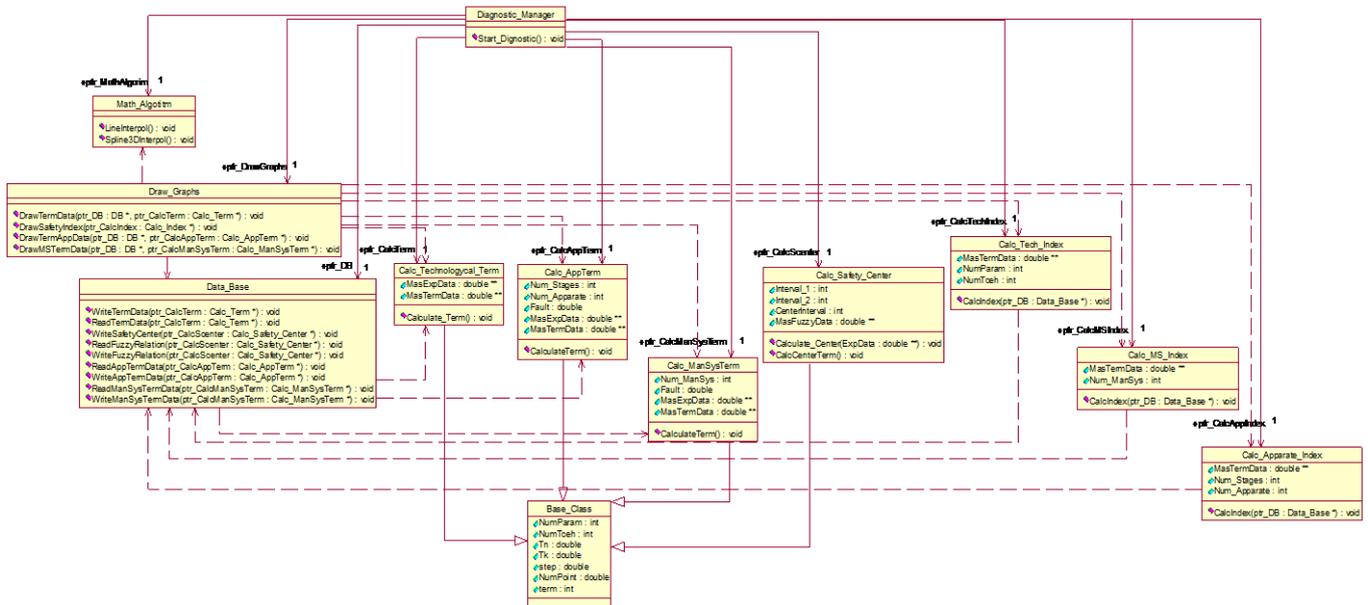


Рис. 2 – Диаграмма классов агента «Менеджер мониторинга и диагностики»

*Diagnostic\_Manager* – класс, представляет систему мониторинга и диагностики в целом.

*Draw\_Graphs* - класс отвечает за связь со слоем представления, передает данные для отображения графиков и других данных.

*Data\_Base* - класс содержит методы, для работы с базой данных.

*Calc\_Technological\_Term/Calc\_AppTerm/Calc\_ManSysTerm* - классы инкапсулируют методы, связанные с вычислениями функций термов для технологических параметров, оборудования и систем управления.

*Calc\_Safety\_Center* - класс инкапсулирует методы по расчету области центра безопасности технологических параметров и центра безопасности.

*Calc\_Tech\_Index/Calc\_Apparate\_Index/Calc\_MS\_Index* - классы инкапсулируют действия по вычислению индекса безопасности технологических параметров, оборудования и систем управления.

## 5. Заключение

В работе описаны требования, предъявляемые к информационным системам диагностики состояний и управления безопасностью технологических объектов, приведена базовая архитектура подобных систем и представлен проект системы, на основе объектно-

ориентированного подхода и агентных технологий.

Рассмотренная в работе архитектура представляет эффективный инструмент для оценки состояний технологических процессов и принятия решений по управлению их безопасностью.

**Финансирование:** исследование выполнено в рамках инициативной НИОКР № 122060900083-7 государственной регистрации в ЕГИСУ НИОКТР.

#### **Список литературы**

1. Построение систем обеспечения безопасности на основе нечётко-определённых дискретных моделей / С.Р. Бакасов, И.Е. Кириллов, Н.А. Тоичкин [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 12-1. – С. 48-54.
2. *Бертран Мейер*. Объектно-ориентированное конструирование программных систем. – М.: Издательство. Русская редакция, 2005. – 768 с.
3. Комплексный мониторинг технологических объектов опасных производств / В. Н. Костюков [и др.] // Контроль и диагностика. - 2008. - № 12. - С. 8-18.
4. *Массель Л.В., Гальперов В.И.* Проектирование и разработка многоагентной системы оценивания состояний электроэнергетических систем. Вестник ИрГТУ №10 (105) 2015. – С.27-32.
5. *Тоичкин, Н.А.* Диагностика состояний и управление технологической безопасностью с использованием индекса безопасности (на примере цеха выпарки производства хлора и каустика): специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тоичкин Николай Александрович. – Апатиты, 2006. – 20 с.

## 2.3.1

**Н.А. Тоичкин канд. техн. наук,**  
Мурманский арктический государственный университет,  
доцент кафедры информатики и вычислительной техники,  
Апатиты, toichkin@list.ru

**В.Н. Богатиков д-р техн. наук**  
Тверской государственный технический университет,  
профессор кафедры «Информационные системы»,  
Тверь, vnbgtk@mail.ru

## МЕТОД РАСЧЕТА ИНДЕКСА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

*Нечеткость критериев выбора при проведении процедур диагностирования состояний технологических процессов зачастую приводит к необходимости использования экспертных оценок, которые в случае невозможности создания сложных аналитических моделей становятся основной базой принятия решения. Таким образом, возникает задача разработки эффективных способов обработки нечетких экспертных данных. В статье рассмотрено развитие метода разделения состояний к решению данной задачи с использованием оценки безопасности состояний на основе нечетких отношений предпочтения.*

Ключевые слова: *Технологический процесс, метод разделения состояний, центр безопасности, нечеткое равенство, индекс безопасности, функция принадлежности, лингвистическая переменная, диагностика состояний.*

### 1. Введение

Содержание работы основано на концепции технологической безопасности как функционального показателя свойств системы выполнять свои функции без причинения ущерба окружающей среде, здоровью человека, оборудованию и системам управления, и их функционирование без нарушения регламентов ведения производственного процесса [1].

В работе используется следующее формализованное представление технологической безопасности  $S_T$  (1):

$$S_T = \langle O, U, R, B \rangle \quad [1]$$

где:  $O$  - множество опасностей;  $U$  - совокупность управлений, направленных на нейтрализацию опасности;  $R \subseteq O \times O$  – отношения на множестве опасности;  $B$  - набор оценок уровня безопасности.

Важным является тот факт, что характерной чертой проявления опасностей, потенциально возникающих в сложных технологических системах, является их стохастический и нечеткий характер, усложняющий детектирование и последующий анализ. Следствием чего становится необходимость исследования статистических закономерностей возникновения опасностей, и использование математического аппарата нечетких множеств.

Одним из математических методов, используемых в процессе моделирования безопасности, является метод разделения состояний, позволяющий выделить непересекающиеся области дискретных состояний технологического процесса. В силу специфики функционирования технологического процесса, а именно наличия случайных нарушений и изменений режимов производства, возможно пересечение областей различных состояний процессов, не отраженных в дискретной модели, в основе которой лежит линеаризация поверхностей отклика [2]. Для объяснения возникающей неопределенности построена модель, основанная на использовании понятия области, наиболее безопасного состояния технологического процесса (центра безопасности), определяемого на основе

экспертных оценок с использованием математического аппарата теории нечетких множеств. Количественную оценку сдвига текущего состояния технологического процесса из области центра безопасности будем называть индексом безопасности.

## 2. Центр безопасности

Рассмотрим метод определения центра безопасности для состояний технологического процесса, который основывается на анализе нечеткого отношения предпочтения (Рис. 1).

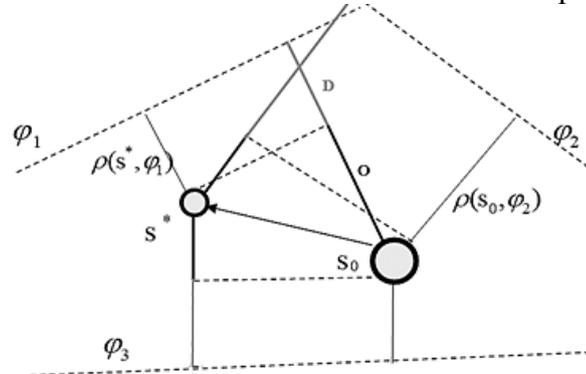


Рис. 1 – Центр безопасности и индекс безопасности технологического параметра

Построение нечеткого отношения предпочтения осуществим на множестве значений параметров заданного технологического процесса. Зафиксируем диапазоны изменения значений, представляющие технологические режимы и получим множество интервалов:  $X = \{x^{Tp}_{Kp}\}$ , где  $T_p$  – индекс параметра,  $K_p$  – индекс интервала.

На множестве интервалов значений технологического параметра  $P_i$ , можно задать нечеткое отношение нестрогого предпочтения  $R(\mu_R)$ , с функцией принадлежности  $\mu_R(x_1, x_2)$ , интерпретируемое как: «интервал  $x_1$  безопаснее интервала  $x_2$ , для значений  $P_i$ ».

Для выявления наилучшего значения среди альтернатив, построим отношение не доминируемых интервалов: « $x_1$  строго безопаснее  $x_2$ » для значений  $P_i$  если  $(x_1, x_2) \in R$  и  $(x_2, x_1) \notin R$ . Совокупность полученных пар даст отношение строгого предпочтения на  $X$ , и кортеж  $(X, R(\mu_{R^D}))$  назовем моделью выбора наиболее безопасных интервалов для  $P_i$ .

Нечеткое множество не доминируемых альтернатив  $X_R^{nD}$  в модели выбора  $(X, R(\mu_R))$ , будет определяться через функцию принадлежности (2):

$$\mu_R^{H.D.}(x) = \min_{d \in X} (1 - \mu_{R^D}(d, x)) = 1 - \max_{d \in X} (\mu_{R^D}(d, x)) \quad (2)$$

$X_R^{nD}$  покажет предпочтительность выбора альтернативы с точки зрения безопасности. Наиболее рациональным выбором при этом становится степень принадлежности близкая к значению:

$$O_{Tp} = \sup_{x_i \in X} (\mu_R^{H.D.}(x_i)) \quad (3)$$

Значения  $P_i$ , дающие в точности величину (3), будут максимально не доминируемыми в заданной модели выбора:

$$X^{H.D.} = \{x | x \in X, \mu_R^{H.D.}(x) = \sup \mu_R^{H.D.}(z), z \in X\} \quad (4)$$

Выбор интервала с максимальной степенью недоминируемости для значений  $P_i$ , позволяет выделить интервал  $O_{Tp}$ , являющийся наиболее предпочтительным в контексте безопасности.

Определим центр безопасности как набор интервалов, характеризующих данное состояние для всех технологических параметров:  $O_T = \{O_{P1}, O_{P2}, \dots, O_{Pk}\}$ .

## 3. Определение индекса безопасности

Определим нечеткую ситуацию, представляющую некоторое состояние технологического процесса, как:  $\{\langle \langle x_{11}/T_{11} \rangle, \langle x_{12}/T_{12} \rangle \rangle / P_1; \dots; \langle \langle x_{i1}/T_{21} \rangle, \dots, \langle x_{ij}/T_{ij} \rangle \rangle / P_i; \langle \langle x_{n1}/T_{n1} \rangle, \langle x_{n2}/T_{n2} \rangle, \langle x_{n3}/T_{n3} \rangle \rangle / P_n\}$ , где:

$P_i$  – некоторый технологический параметр;

$T_{ij}$  –  $j$ -ый терм  $i$ -го технологического параметра;

$x_{ij}$  – значение  $i$ -го технологического параметра на  $j$ -ом терме.

При этом идентификация текущей нечеткой ситуации, может определяться путем ее сравнения с ситуацией, выбранной экспертами в качестве эталонной. Для этого используется сравнение ситуаций по степени нечеткого равенства  $\mu(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j)$  [3], определяемого набором формул 5-8.

$$v(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) = \&_{t_i \in T} v(\mu_{\tilde{s}_i}(t_i), \mu_{\tilde{s}_j}(t_j)) \tag{5}$$

где:

$$v(\mu_{\tilde{s}_i}(t_i), \mu_{\tilde{s}_j}(t_j)) = \&_{E_k^l \in E_k} (\mu_{\mu_{\tilde{s}_i}(t_i)}(E_k^l) \rightarrow \mu_{\mu_{\tilde{s}_j}(t_j)}(E_k^l)) \tag{6}$$

$$\mu_{\mu_{\tilde{s}_i}(t_i)}(E_k^l) \rightarrow \mu_{\mu_{\tilde{s}_j}(t_j)}(E_k^l) = \max\{1 - \mu_{\mu_{\tilde{s}_i}(t_i)}(E_k^l), \mu_{\mu_{\tilde{s}_j}(t_j)}(E_k^l)\} \tag{7}$$

$$\mu(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) = v(\tilde{s}_i, \tilde{s}_j) \& v(\tilde{s}_j, \tilde{s}_i) \tag{8}$$

Можно легко проверить что формула 8 задает на множестве нечетких ситуаций, отношение нечеткой эквивалентности, и может применяться для идентификации текущей ситуации  $\tilde{s}^*$ .

Вычислим степень нечеткого равенства текущей ситуации  $\tilde{s}^*$  и нечеткой ситуации характеризующей центр безопасности  $\tilde{s}_0$  и определим полученную величину как индекс безопасности состояния технологического процесса:

$$Ind(\tilde{s}^*)_{\tilde{s}_0} = v(\tilde{s}^*, \tilde{s}_0) \& v(\tilde{s}_0, \tilde{s}^*) \tag{9}$$

Естественным свойством рассматриваемых в работе функций принадлежности  $\mu_{\tilde{x}}(x)$ , заданных на некотором множестве  $X$  является их унимодальность – наличие единственного максимума в области своего носителя (части базового множества  $X$ , для которой значения функции принадлежности  $\mu_{\tilde{x}}(x)$  положительны) (рис. 2).

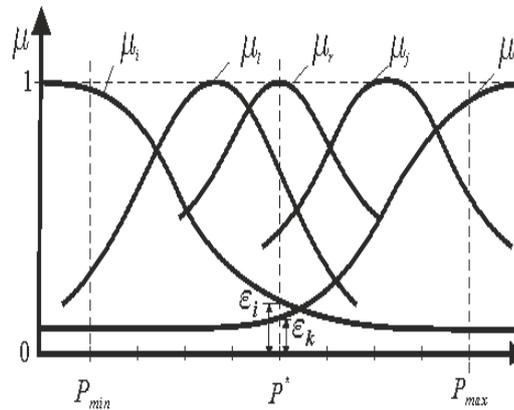


Рис. 2 - Унимодальность функции принадлежности

#### 4. Вычислительный эксперимент по расчету индекса безопасности

Рассмотрим вычислительный эксперимент расчета индексов безопасности, для параметров четырехкорпусной выпарной установки, входящей в состав цеха выпарки хлорного производства, используя экспертные знания специалистов и механизм нечеткого вывода.

Многокорпусные выпарные установки (МВУ) распространены в различных отраслях промышленности (химической, пищевой, металлургической и др.). Эти установки состоят из следующих элементов: выпарных аппаратов, конденсаторов смешения, поверхностных теплообменников, термокомпрессоров, конденсатоотводчиков, насосов; а в случае хлорных заводов необходимым элементом МВУ являются также центрифуги, растворители и осадители соли [4].

Основные процессы данной сложной химико-технологической системы следующие: тепловые процессы, солеотделение (центрифугирование, осаждение), солерастворение. Соответствующее аппаратное оформление и системы управления, находятся при этом в тесной взаимосвязи, действуя как единое целое для получения каустической соды.

Для вычисления индекса безопасности необходимо выполнить отображение множества значений функций принадлежности термов  $T_i$ , взятых в области центра безопасности, на единственное значение. Можно рассмотреть по крайней мере два варианта: среднее значение по всем термам; максимум по среднему терму (в случае четного количества термов – среднее значение из двух центральных) – что соответствует выбору наилучшего значения для заданной лингвистической переменной. Далее вычисляем значение индекса безопасности, на значимом интервале значений заданного технологического параметра.

Для расчета индекса безопасности потребуется текущее значение технологического параметра. Рассмотрим пять расчетных параметров, имеющих определяющее значение для диагностики состояния данного технологического процесса:

- $B_{in\_i}/B_{out\_i}$  - вход/выход концентрации  $NaOH$  в  $i$ -ом ВА;
- $S_{in\_i}/S_{out\_i}$  - вход/выход потока электрощелочов  $NaOH$  в  $i$ -ом ВА;
- $P_{in\_i}/P_{out\_i}$  - вход/выход давления греющего пара в  $i$ -ом ВА;
- $T_{in\_i}/T_{out\_i}$  - вход/выход температуры электрощелочов в  $i$ -ом ВА;
- $F_{in\_i}/F_{out\_i}$  - вход/выход концентрации  $NaCl$  в  $i$ -ом ВА.

При этом  $i$  принимает значения от 1 до 4, и выходные значения  $i$ -ого аппарата являются входными для  $i+1$ . В силу сложности получения адекватных аналитических формул для вычисления зашумленных выходных значений технологических параметров, выполним расчет этих значений с помощью блока, нечетких правила вывода типа «если то», основанного на схеме Мамдани.

Рассмотренные выше параметры выпарных аппаратов и их термы ( $T_1, T_2, T_3$ ) применяются для генерации списка нечетких правил, по которым будет происходить фиксация динамики изменения состояний системы, в некоторой конкретной точке ее пространства состояний.

Полученные нечеткие правила, дополненные по необходимости экспертными, позволят выполнить расчет выходных значений технологических параметров (рис. 3).

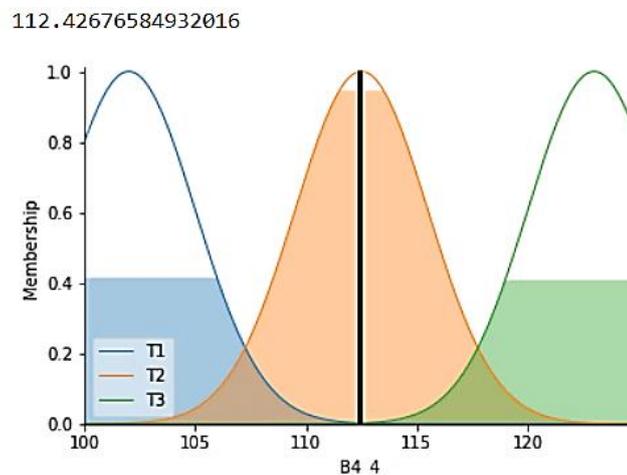


Рис. 3 – Графическое представление нечеткого вывода

На основе, полученных в результате проведения эксперимента, выходных значений технологических параметров, далее вычисляются индексы безопасности технологических параметров  $P_1, \dots, P_7$  для каждого из 4-ех выпарных аппаратов. В качестве расчетной ситуации рассматривается некоторое типичное состояние МВУ. Для наглядности построены графики функции индекса безопасности и ее производной, с использованием варианта среднего значения (*mean*) для отображения области центра безопасности, на одно единственное значение (рис. 4).

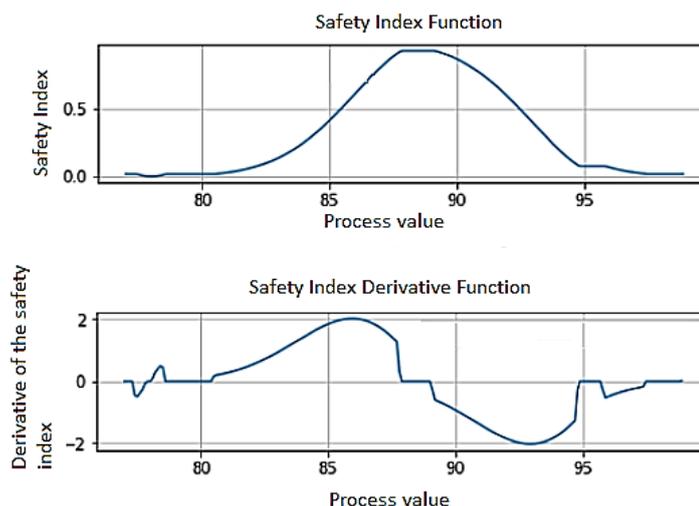


Рис. 4 – Графики функций: индекс безопасности и производная индекса безопасности

## 5. Заключение

В статье представлен вычислительный эксперимент по расчету индекса безопасности четырех корпусной выпарной установки, входящей в состав выпарного цеха хлорного производства. Программная реализация вычислительного эксперимента выполнена на языке программирования Python с использованием библиотеки вычислений Scikit-Fuzzy.

Представленный в работе метод позволит разработать комплекс мероприятий, направленных на управление безопасностью производственных процессов и технологий.

Дальнейшие исследования в рамках данной проблемы могут быть направлены, на включение метода, рассмотренного в работе, в контур информационной системы диагностики внештатных ситуаций на объекте управления.

**Финансирование:** исследование выполнено в рамках инициативной НИОКР № 122060900083-7 государственной регистрации в ЕГИСУ НИОКТР.

## Список литературы

1. Кафаров В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Москва, Химия, 1971, 496 с.
2. Разработка интеллектуального управления в многоуровневых промышленных системах в условиях неполной информации на основе нечёткой формализации представлений о параметрах технологических процессов / В. Н. Богатиков, Г. П. Виноградов, В. Ю. Волков [и др.]; Новомосковский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». – Новомосковск: Новомосковский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», 2022. – 374 с.
3. Мелихов А., Бернштейн Л., Коровин С. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. Москва, Наука, 1990, 272 с.
4. Управление технологической безопасностью промышленных процессов на основе нечетко-определенных моделей / Д. П. Вент, В. И. Ерофеев, В. Н. Богатиков [и др.]. – Новомосковск: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт (филиал), 2019. – 208 с.

## 2.3.1.

**А.Д. Фатыхов, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына, Л.З. Гумерова, Г.Н. Аглямзянова**

Набережночелнинский институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
Набережные Челны, larisa\_u\_g@mail.ru

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ ИГРОВОЙ СТРАТЕГИИ**

*В работе исследуется возможность применения нейросетевого алгоритма обучения с подкреплением для обучения интеллектуальных агентов. Действия программного агента по поиску оптимальной стратегии реализуются в игровой среде. Проводится сравнительный анализ и выявляются приоритетные параметры настройки нейронной сети.*

Ключевые слова: *интеллектуальные агенты, искусственные нейронные сети, обучение с подкреплением.*

**Введение.** В настоящее время на первый план выходит концепция интеллектуального агента как имитационной модели поведения активного элемента в сложных ситуациях и стратегиях взаимодействия с другими активными элементами и средой для достижения цели. В общей концепции интеллектуального агента и агентных технологий имитации взаимодействия динамических объектов в направлении достижения цели предлагается метод структурнопараметрического моделирования интеллектуальных агентов и мультиагентных систем с алгоритмами идентификации и прогнозирования состояния агентов, а также программная реализация мультиагентных имитационных моделей производственных, социальных и маркетинговых систем [1]. В этой связи актуальность работы обуславливается необходимостью повышения эффективности мультиагентного обучения с подкреплением в теоретико-игровых задачах поиска оптимальных стратегий.

**Разработка структуры нейронных сетей для выбора стратегий поведения агента.** В данной работе осуществляется исследование и программная реализация алгоритмов обучения с подкреплением для выбора оптимальной игровой стратегии.

Под агентом будем понимать систему, которая выполняет действия в игровой среде, получая положительную награду за «правильное» действие, и отрицательную за «неправильное». Метод обучения с подкреплением программирует агента на поиск максимального общего вознаграждения, причем со временем система учится избегать «неправильных» действий, совершая «правильные».

Для реализации игровой среды и алгоритмов обучения агента был выбран язык программирования Python. Он имеет ряд библиотек, предназначенных для построения нейронных сетей, а также разработки компьютерных игр [2].

Опишем концепцию игры и действия агента. На борту космического корабля расположена турель, которая может двигаться по одной оси (влево, вправо), а также стрелять. В сторону корабля летят астероиды. Требуется производить управление турелью, сбивать астероиды, не позволяя им достигнуть корпуса корабля. Управление может осуществлять как сам игрок (ручной режим игры), так и интеллектуальный программный агент (программный режим). Действиями программного агента будет управлять нейронная сеть, в основе работы которой лежит алгоритм обучения с подкреплением.

Данные, подаваемые на вход нейронной сети – наличие астероида (1- да, 0 – нет), координата астероида по оси  $x$ , координата астероида по оси  $y$ . Информацию о наличии и положении астероида агент будет получать с помощью сканирующих лучей. На выходе получаем управляющий сигнал, реализующий действие агента: «движение влево», «движение вправо», «выстрел».

Структура разработанной нейронной сети имеет следующий вид [3]:

- Входной слой –  $(N*3+1)$  нейронов, где  $N$  – количество лучей.
- Два скрытых слоя по  $A$  (регулируемое значение) нейронов, функция активации  $\text{relu}$ .
- Выходной слой – 3 нейрона, функция активации  $\text{softmax}$ .

Реализация структуры нейронной сети представлена ниже.

```
model = tf.keras.models.Sequential ([
tf.keras.layers.Dense(8, activation='relu', input_shape=(3, )),
tf.keras.layers.Dense(8, activation='relu'),
tf.keras.layers.Dense(8, activation='relu'),
tf.keras.layers.Dense(3, activation='softmax')])
model.compile (
optimizer='Adam',
loss='mse',
metrics=['mean_absolute_error'])
```

Для обучения нейронной сети нужны наборы входных и выходных значений. Входные значения получаем с помощью лучей, затем нейронная сеть производит вычисления, а агент совершает действие. Оценим с помощью награды совершенное агентом действие. Начальная суммарная награда равна 0. Если агент приблизился к астероиду, который находится ближе всего к платформе корабля, то дается незначительная положительная награда, иначе – незначительная отрицательная. Если агент произвел выстрел, и на линии огня был астероид, то к суммарной добавляется значительная положительная награда. Если агент произвел выстрел, и на линии огня не было астероида, то дается незначительная отрицательная награда. Если на линии огня был астероид, а агент не произвел выстрел, то дается незначительная отрицательная награда. Если астероид достиг платформы корабля, то к суммарной награде прибавляется значительная отрицательная награда. После получения суммарной награды, корректируется вектор выходных значений следующим образом:  $c = [R/2; R/2; R/2]$ ;  $c(i) = R$ ;  $y = y + c$ , где  $c$  – вектор наград,  $y$  – вектор выходных значений,  $i$  – индекс совершенного действия,  $R$  – общая награда за совершенное действие. Обучение агента производится на основе скорректированного вектора выходных значений [4, 5].

Интерфейс пользователя разработанного игрового приложения представлен на рисунке 1. Фрагмент игры, иллюстрирующий начальные действия необученного игрового агента представлен на рисунке 2.

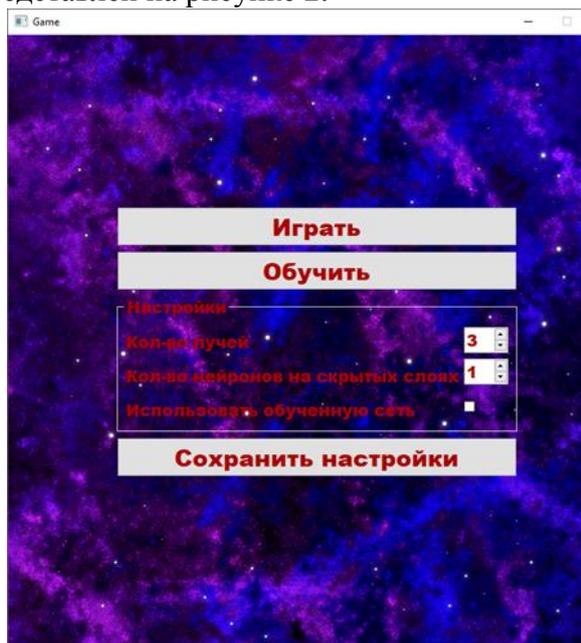


Рис. 1 – Интерфейс пользователя

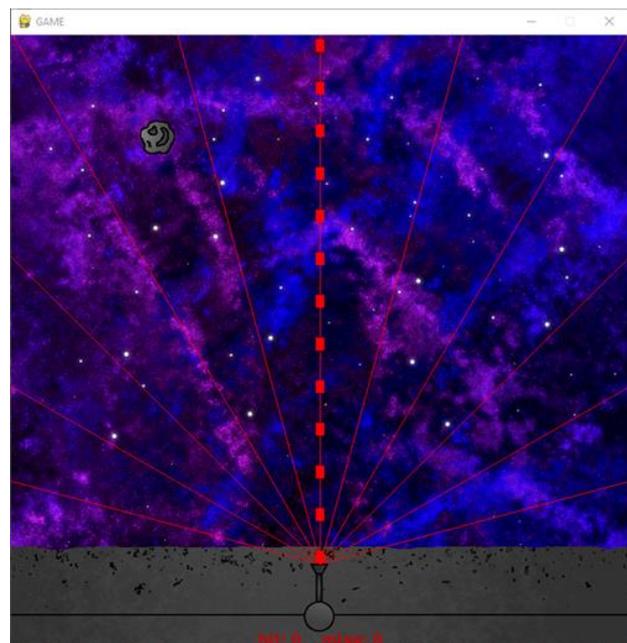


Рис. 2 – Фрагмент игры

Проанализируем работу агента, варьируя два параметра настройки нейронной сети – количество нейронов в скрытых слоях и количество сканирующих лучей. Результаты представлены в таблице, где числитель дроби представляет процент сбитых астероидов во время обучения, а знаменатель – после проведенного обучения.

Таблица – Результаты обучения агента

Количество лучей	Количество нейронов в скрытых слоях			
	3	8	32	64
3	46 / 84	77 / 78	65 / 74	
31	64 / 90	95 / 88	93 / 88	
61	59 / 100	92 / 99	94 / 100	

Исходя из проведенных тестов можно сказать, что увеличение числа лучей ожидаемо влияет на результаты обучения. По мнению авторов наиболее результативными агентами после обучения во всех тестах стали нейронные сети с 8 нейронами в скрытых слоях. Невысокий процент сбитых астероидов во время обучения для этих агентов может означать, что агент умеет обучаться на своих ошибках.

**Заключение.** В представленной работе реализовано игровое приложение, позволяющее пользователю подбирать оптимальную стратегию игры путем корректировки поведения игрового агента. За обучение игрового агента отвечает нейронная сеть, использующая алгоритм обучения с подкреплением SARSA. Код программы написан на языке Python с применением библиотек Pygame, Tensorflow, Keras. Графический интерфейс пользователя разработан в Qt Designer. Анализ полученных результатов показал, что количество сканирующих лучей значительно влияет на результаты обучения, в отличие от количества нейронов на скрытых слоях.

Дальнейшее развитие работы авторам видится в улучшении модели путем распараллеливания вычислений, т.к. обучение с подкреплением требует вычислительных ресурсов и времени. Результаты исследования могут быть использованы для поиска стратегии поведения программных агентов в системах искусственного интеллекта.

#### **Список литературы**

1. *Ржевский Г.А., Скобелев П.О.* Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. – Самара: Офорт, 2015. – 290 с.
2. *Плас Дж. Вандер* Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 576 с.
3. *Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А.* Глубокое обучение. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
4. Обучение с подкреплением на языке Python [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/piter/blog/434738> (дата обращения 24.02.2023).
5. Gentle Introduction to the Adam Optimization Algorithm for Deep Learning [Электронный ресурс]. – URL: <https://machinelearningmastery.com/adam-optimization-algorithm-for-deep-learning/> (дата обращения: 24.02.2023).

2.3.1.

**Е.Г. Царькова**

Тверской государственной университет, математический факультет,  
Тверь, university69@mail.ru;

Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт Федеральной  
службы исполнения наказаний», НИЦ-1, Москва

### **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБУЧЕНИЕМ ОСЦИЛЛЯТОРНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРА**

*В работе рассматривается математическая модель осцилляторной нейронной сети (ИНС), предназначенной для управления разведывательным мобильным колесным роботом, используемым для сбора данных при проведении работ по ликвидации пожара. Процесс обучения введенной в рассмотрение ИНС сводится к решению задачи оптимального управления, которая имеет запаздывания как в функциях состояния, так и в функциях управления. Приводится результат апробации разработанного численного алгоритма обучения ИНС, предназначенной для использования в составе мобильного робототехнического комплекса.*

*Ключевые слова: задача оптимального управления, пожарная безопасность, ликвидация пожара, разведывательные работы, сбор данных о пожаре, искусственная нейронная сеть, необходимые условия оптимальности.*

Рассматривается математическая модель обучения искусственной нейронной сети (ИНС), используемой для управления колесным наземным робототехническим комплексом пожарной разведки (РТК ПР), целью которого является определение требуемого местоположения (дверного проема) для измерения сенсорной системой РТК ПР параметров пожара [1]. Предусматривается возможность получения роботом обратной связи для корректировки направления его перемещения. Управление РТК обученной нейронной сетью обеспечивает возможность автоматического управления направлением движения и линейными скоростями приводов колес робота. При этом для описания процессов в произвольной технической системе необходим учет запаздываний, возникновение которых связано, в том числе, с наличием естественных временных задержек при передаче управляющих сигналов к исполняющим устройствам.

Рассмотрим математическую модель обучения ИНС, образованной  $N$  нейронами. В силу отсутствия исчерпывающей информации относительно обрабатываемых робототехнической системой данных используем модель осцилляторной нейронной сети с применением модели колебательного процесса для описания суммарных воздействий на нейроны. Пусть состояние рассматриваемой ИНС описывается системой дифференциальных уравнений (ДУ) с запаздываниями [2, 3]:

$$\ddot{x}_i(t) + \varepsilon(1 - \beta_i x_i^2(t)) + v_i^2 x_i(t) = u_i(t) + \sum_{j=1}^N w_{ij}(t) (\dot{x}_j(t - h_j) - \dot{x}_i(t)), \quad i = 1, \dots, N, t \in [0, T]. \quad (1)$$

Обозначим:  $\dot{x}_i(t) = y_i(t)$ ,  $z_j(t) = y_j(t - h_j)$ ,  $i, j = 1, \dots, N, t \in [0, T]$ . Получим систему следующего вида:

$$\begin{aligned} \dot{x}_i(t) &= y_i(t), \quad j = \overline{1, N}, t \in [0, T], \\ \dot{y}_i(t) &= -v_i^2 x_i(t) - \varepsilon(1 - \beta_i x_i^2(t)) + u_i(t) + \sum_{j=1}^N w_{ij}(t) (y_j(t - h_j) - y_i(t)). \end{aligned} \quad (2)$$

Для состояний нейронов и внешних воздействий на начальном интервале времени заданы соотношения:

$$\begin{aligned} x_i(0) &= a_i, \quad \dot{x}_i(t) = \varphi_i(t), \quad i = \overline{1, N}, t \in [-\max\{h_j\}, 0], \\ u_i(t) &= \psi_i(t), \quad i = \overline{1, N}, t \in [-\max\{h_j\}, 0]. \end{aligned} \quad (3)$$

Величина управляющего воздействия ограничена:  $|u_i(t)| < B_i, |w_{ij}(t)| < C_{ij}$ .

Пусть ИНС имеет в скрытом слое  $N$  нейронов. Обозначим через  $T$  время протекания процесса,  $x_i(t)$  – значение амплитуды колебания  $i$ -го нейрона,  $y_i(t)$  – скорость изменения амплитуды колебания, через  $v_i$  – величину частоты колебания  $i$ -го нейрона. Введем в рассмотрение коэффициенты  $\varepsilon > 0, \beta$ , определяющие значение суммарного воздействия совокупности других нейронов на  $i$ -ый нейрон. Архитектура ИНС описывается с использованием весовых коэффициентов совокупности нейронов  $w_{ij}(t)$ ,  $i, j = \overline{1, N}$ , и функций управляющего внешнего воздействия  $u_i(t), i = \overline{1, N}$ , на ансамбль нейронов. Для реализации процесса обучения ИНС требуется построить оптимальное управление совокупностью нейронов с учетом терминальных условий в целевом функционале, поскольку характеристики ИНС в конечный момент времени должны достигать заданных значений. Для учета указанных ограничений введем весовые коэффициенты  $M_1, M_2, M_3$ . Обучение осцилляторной нейронной сети сводится к задаче оптимального управления:

$$I(u) = \int_0^T \left( M_1 \sum_{i=1}^N u_i^2(t) + M_2 \sum_{i,j=1}^N w_{ij}^2(t) \right) dt + M_3 \sum_{i=1}^N (x_i(T) - A_i)^2 \rightarrow \inf, \quad (4)$$

при заданных ограничениях (2), (3).

Для нахождения оптимального управления применяем необходимые условия оптимальности (принцип максимума Понтрягина) [3, 4]. Пусть  $z_j(t) = y_i(t - h_j), i, j = 1, \dots, N, t \in [0, T]$ ,  $p(t), q(t)$  – введенные в рассмотрение сопряженные вектор-функции. Функция Понтрягина запишется в виде:

$$\begin{aligned} H(\lambda_0, x, y, z, p(t), q(t), u, w) &= -\lambda_0 M_1 \sum_{i=1}^N u_i^2(t) - \lambda_0 M_2 \sum_{i,j=1}^N w_{ij}^2(t) + \sum_{i=1}^N p_i(t) y_i + \\ &+ \sum_{i=1}^N q_i(t) \left( -(v_i)^2 x_i - \varepsilon (1 - \beta_i x_i^2) + u_i + \sum_{j=1}^N w_{ij} (z_j - y_i) \right). \end{aligned}$$

Функции  $p(t), q(t)$  удовлетворяют сопряженной системе:

$$\begin{aligned} &-\lambda_0 \left( M_1 \sum_{i,j=1}^N u_i^2(t) + M_2 \sum_{i,j=1}^N w_{ij}^2(t) \right) + \sum_{i=1}^N p_i(t) y_i + \\ &+ \sum_{i=1}^N q_i(t) \left( -v_i^2 x_i - \varepsilon (1 - \beta_i x_i^2) + u_i + \sum_{j=1}^N w_{ij} (z_j - y_i) \right) = \\ &= \sum_{i=1}^N p_i(t) \bar{y}_i + \sum_{i=1}^N q_i(t) \left( -v_i^2 \bar{x}_i - \varepsilon (1 - \beta_i \bar{x}_i^2) \right) + \max_{u \in U} \left[ -\lambda_0 M_1 \sum_i u_i^2(t) + \sum_{i,j=1}^N q_i(t) u_i \right] + \\ &+ \max_{w \in W} \left[ -\lambda_0 M_2 \sum_i w_{ij}^2(t) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left( q_i(t) w_{ij} (\bar{z}_j - \bar{y}_i) \right) \right]. \end{aligned}$$

Для нахождения приближенного решения задачи оптимального управления используем дискретную аппроксимацию [3]. Разобьем отрезок  $[0, T]$  равномерно точками на  $q$  частей. Для построения дискретной задачи оптимального управления (ДЗОУ) применяем схему Эйлера второго порядка точности и формулы левых прямоугольников. Получаем ДЗОУ:

$$I(u, w) = \left( M_1 \sum_{i=1}^N (u^i)^2 + M_2 \sum_{i,j=1}^N (w^{ij})^2 \right) \Delta t + M_2 \Phi(x^q) \rightarrow \inf, \tag{5}$$

$$x_i^{l+1} = x_i^l + \Delta t y_i^l, i = \overline{1, N}, l = \overline{1, q}, \tag{6}$$

$$y_i^{l+1} = y_i^l + \Delta t \left( -(v_i^l)^2 x_i^l - \varepsilon (1 - \beta_i (x_i^l)^2) + u_i^l + \sum_{j=1}^N w_{ij}^l (y_j^{l-\tau_j} - y_i^l) \right), \tag{7}$$

$$x_i^0 = a_i, y_i^l = \varphi_i^l, l \in [-\max\{v_j\}, 0], |u_i^l| < B_i. \tag{8}$$

Здесь  $i = \overline{1, N}$ , – номер координаты вектора,  $l$  – номер слоя ИНС. Для решения полученной ДЗОУ применяем метод быстрого автоматического дифференцирования [5]. На основе полученных соотношений разработан и реализован в среде IDE Lazarus вычислительный алгоритм. При  $M_1 = M_2 = M_3 = 1000$  достигнута точность  $eps = 10^{-6}$  за 13957 итераций численного метода. На рис. 1, 2 приведены графики вычисленных функций.

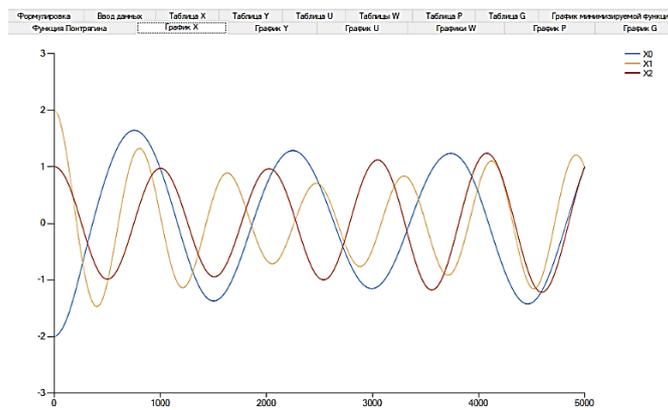


Рис. 1. – Графики функций состояния  $x$

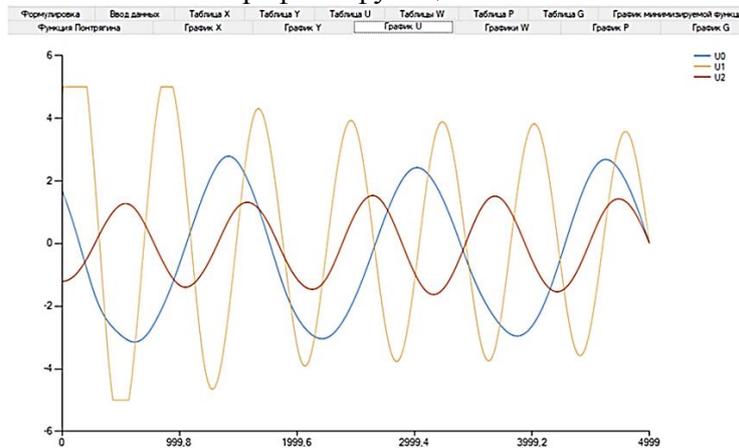


Рис. 2. – Графики управлений  $u$

Разработанный численный метод обеспечивает возможность получения приближенного оптимального решения при реализации процесса обучения рассматриваемой ИНС. Полученная динамическая модель может быть использована для обучения осцилляторной ИНС, применяемой в системе управления робототехнической системой, предназначенной для проведения разведки при пожаре и сбора данных в автоматическом режиме. Выбранная архитектура ИНС и разработанный вычислительный алгоритм обеспечивает гибкость и устойчивость рассматриваемой модели к изменению внешних условий и является перспективным средством обучения ИНС при решении широкого класса прикладных задач, связанных с управлением сложными техническими системами.

**Список литературы**

1. *Царькова Е.Г.* Динамическая модель управления надежностью автоматизированных систем специального назначения // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2022. № 7. С. 61-64.
2. *Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A.* Optimal management of website under adverse impacts conditions. В сборнике: *Journal of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems*. 2020. С. 012113.
3. *Андреева Е.А., Кратович П.В.* Оптимизация нейронных сетей. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. 116 с.
4. *Галушкин А.И.* Нейронные сети. Основы теории. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 496с.
5. *Евтушенко Ю.Г.* Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации. М.: 1982. 432 с.

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

2.3.3.

<sup>1</sup>Д.Г. Алленов канд. техн. наук, <sup>1</sup>К.Б. Дейнова, <sup>1</sup>Н.А. Яковлева, <sup>2</sup>Ю.А. Аганин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет дружбы народов",  
инженерная академия,

<sup>1</sup>базовая кафедра машиностроительных технологий,<sup>2</sup>департамент механики и процессов управления,

Москва, allenov\_dg@pfur.ru

**ВЛИЯНИЕ ВЫЛЕТА ИНСТРУМЕНТА ИЗ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ  
НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ**

*Представлено исследование влияния жёсткости технологической системы на качество поверхностного слоя при различных величинах вылета инструмента из резцедержателя. В качестве оцениваемых параметров использованы амплитуда колебаний и среднее квадратическое отклонение профиля. Получены результаты, позволяющие в дальнейшем вывести аналитическое соотношение, связывающее шероховатость поверхности, вибрации и вылет резца.*

Ключевые слова: *вибрации, шероховатость, вылет инструмента, амплитуда колебаний, жесткость технологической системы.*

Для изготовления деталей типа тел вращения используют токарную обработку. В процессе обработки заготовка вращается, а фиксированный инструмент снимает стружку с заготовки [1]. Одной из наиболее важных проблем при точении является нестабильный процесс резания из-за вибраций, возникающих в следствии трения режущей кромки инструмента и обрабатываемой поверхности, что приводит к поломке, износу инструмента, размерным ошибкам, повышенным силами резания, снижению производительности и низкому качеству обработанной поверхности.

Вредные периодические механические колебания упругого тела, возникающие при потере устойчивости процесса резания, или вибрации (от лат. vibratio – колебание, дрожание), обладают исключительно одиозными характеристиками, которые негативным образом сказываются на качестве поверхностного слоя, поскольку из-за возникших в системе СПИД колебаний создаётся ряд трудностей по сохранению в постоянстве толщины срезаемого слоя; кроме того, снижается стойкость режущего инструмента, возрастают динамические нагрузки на станок, уменьшается несущая способность обрабатываемых заготовок, появляются шумовые эффекты, увеличивается склонность к образованию трещин и возникают усталостные напряжения. [2] Вибрации не позволяют в полном объёме контролировать изменение сил резания, а также характер появившихся при подобной обработке нагрузок, отсюда и появляется необходимость в ущерб качеству обработки снижать режимные параметры, чтобы, сохранив в постоянстве усилие резания, максимально приблизить характер процесса точения к нормальному, снизить вероятность порчи резца и заготовки.

Шероховатость поверхности имеет преобладающее влияние на такие эксплуатационные свойства деталей, как: износостойкость трущихся поверхностей, усталостная прочность, устойчивость к коррозии, поэтому данный параметр геометрической точности, в технической характеристике изделия, имеет важное значение в оценке его качества [3].

Экспериментальная часть включает в себя изучение влияния возникающих в процессе резания при различных положениях резца колебаний на качество поверхностного слоя: осуществлена динамическая нагрузка инструмента при обтачивании стального (Сталь 3) цилиндрического проката диаметром 30 мм на токарно-винторезном станке модели 16К20. В качестве режущего инструмента рассмотрен правый токарный проходной упорный резец Sandvik Coromant для наружного точения с механическим креплением марки PCLNR 2525M 12 со сменными пластинами из твёрдого сплава T15K6 (рис. 1). Для изменения параметра жёсткости системы были выбраны пять вылетов резца.

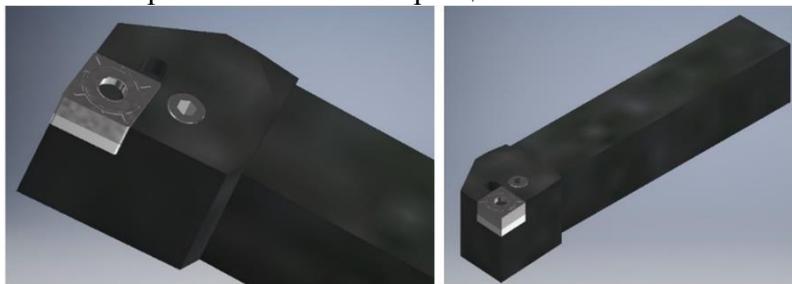


Рис. 1 – Резец для наружного точения PCLNR2525M12

Для проведения эксперимента предварительно были определены необходимые режимные параметры обработки:  $s=0,2$  мм/об,  $n=1000$  об/мин,  $t=1$  мм соответственно. В данном случае фактическая скорость резания составит  $v_f=155$  м/мин, сила резания  $P=532$  Н и мощность  $N=1,2$  кВт. [4]

Резец, размеры державки которого составляют 25x25 мм, крепился в поворотном резцедержателе двумя болтами диаметром 16 мм. В работе рассмотрено 5 положений резца – 5 вылетов (длина первого равнялась 35 мм, остальные выполнены с шагом 10 мм), – для чего рассматриваемый пруток предварительно был разделён на участки длиной 40 мм.

Изменение при разных вылетах инструмента такого показателя качества поверхностного слоя, как шероховатость, которая оценивалась высотным критерием  $R_z$  и средним арифметическим отклонением  $R_a$  профиля, – изучено контактным способом на профилометре модели 130 с управляющим компьютером. По полученным данным с помощью Microsoft Excel был построен 2-D график зависимости параметра шероховатости  $R_a$  от величины вылета инструмента из резцедержателя (рис. 2).

По полученным данным с помощью Microsoft Excel строился 2-D график изменения амплитуды при различных вылетах резца: максимальные и усреднённые спектры в сравнении с заданным спектром (нормой, уровень) (рис. 3). Общие данные по влиянию вылета режущего инструмента на качество поверхностного слоя приведены в таблице 1.

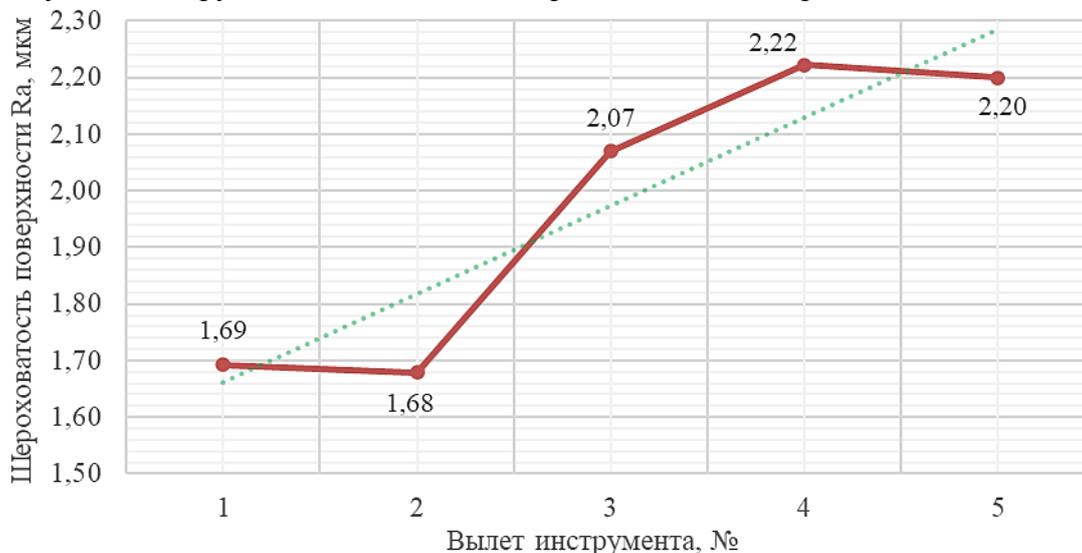


Рис. 2 – Зависимость параметра шероховатости  $R_a$  от величины вылета инструмента

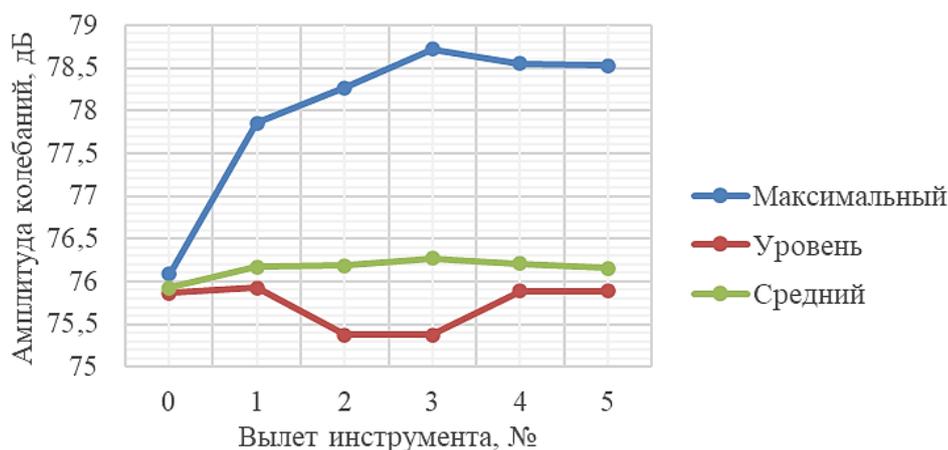


Рис. 3 – Изменение амплитуды при различных вылетах резца

Таблица 1 – Вибрации и параметры шероховатости

Положение резца	Амплитуда колебаний, дБ			Параметры шероховатости, мкм	
	Сред.	Уровень	Макс.	$R_a$	$R_z$
без обточки	75,924	75,862	76,083	-//-//-	-//-//-
1 вылет	76,169	75,928	77,855	1,693±0,016	8,31±0,35
2 вылет	76,183	75,379	78,270	1,679±0,011	8,39±0,11
3 вылет	76,273	75,375	78,719	2,070±0,260	10,84±0,86
4 вылет	76,212	75,885	78,552	2,223±0,084	12,06±0,31
5 вылет	76,152	75,889	78,530	2,200±0,250	11,17±0,38

Как видно из графика (рис. 2.) шероховатость поверхностного слоя увеличивается по мере снижения жёсткости технологической системы. Незначительные уходы от прямой зависимости при вылетах резца 2 и 5 на величину параметра среднеквадратического отклонения профиля не превышают погрешность измерения. По таблице 1 видно, что параметр  $R_z$  увеличивается по мере увеличения вылета резца.

При больших вылетах (№4 и №5) большее влияние на шероховатость оказывает амплитуда колебаний режущего инструмента. Наглядно это продемонстрировано на графике (рис. 3): от вылета резца 1 до вылета 3 замечен явный рост амплитуды колебания, что совпадает с ростом шероховатости  $R_a$ .

Таким образом, вибрации технологической системы находятся в прямой зависимости от величины вылета инструмента из резцедержателя о чём свидетельствуют результаты динамического экспериментального исследования.

### Список литературы

1. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей / А. Г. Суслов - Москва : Машиностроение, 2008. - 320 с.
2. Абрамов Ф.Н. Справочник по обработке металлов резанием / Ф.Н. Абрамов, В.В. Коваленко, В.Е. Любимов. – К.: Техника, 1983. – 239 с.
3. Алленов Д.Г., Дейнова К.Б., Соломатин С.В., Лазаренко О.И. Влияние вылета резца и глубины резания при токарной обработке на качество поверхностного слоя деталей машин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. - 2020. - Т. 21. - №2. - С. 105-112. doi: 10.22363/2312-8143-2020-21-2-105-112
4. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя / А.Г. Косилова, Р.К. Мещерякова – М.: Машиностроение, 1985. – 261-275 с.
5. Причины вибрации в станках и методы их устранения. URL: <https://gigabaza.ru/doc/91259-rall.html>. Дата обращения: 15.04.2021.
6. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1986. – 186 с.

2.3.3.

**В.А. Егоров канд. техн. наук, А.Э. Алиев**

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,  
факультет энергетики и управления,  
кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок,  
Комсомольск-на-Амуре, egoroff\_v@list.ru, ahliman1998@gmail.com

**ВЕКТОРНО-МАТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ**

*Описан способ линеаризации нелинейной модели синхронной машины. Получено векторно-матричное описание синхронной машины, позволяющее использовать при синтезе системы управления электроприводом, теорию модального управления и наблюдающих устройств. Выполнен расчёт и моделирование системы стабилизации скорости с использованием предложенной модели. Показана адекватность предлагаемой модели синхронной машины, путем сравнения переходных характеристик систем стабилизации скорости с полной и линеаризованной моделями синхронной машины.*

Ключевые слова: *синхронная машина, векторно-матричное описание, система стабилизации скорости, расчёт, моделирование.*

Любое современное высокотехнологичное производство не может обойтись без прецизионной приводной техники. В случаях, когда требуется высокоточное и глубокое регулирование скорости или прецизионное позиционирование рабочего органа машины, следует использовать регулируемый электропривод на основе синхронной машины.

Математическое описание магнитоэлектрической синхронной машины в координатах d и q имеет вид [1]:

$$\left. \begin{aligned} i_d &= \frac{1/R_s}{T_d p + 1} (U_d + L_q p_0 \omega_r i_q); \\ i_q &= \frac{1/R_s}{T_q p + 1} (U_q - L_d p_0 \omega_r i_d - p_0 F_0 \omega_r); \\ M_d &= \frac{3}{2} p_0 (F_0 i_q + (L_d - L_q) i_d i_q); \\ \omega_r &= \frac{1}{J p} (M_d - M_n), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $R_s, L_d, L_q$  – активное сопротивление и собственная индуктивность обмоток статора;  $T_d, T_q$  – электромагнитные постоянные времени обмоток статора;  $p_0$  – число пар полюсов машины;  $F_0$  – амплитуда потока магнитного поля ротора, сцепленного с обмотками статора;  $J$  – момент инерции ротора;  $U_d, U_q, i_d, i_q$  – проекции векторов напряжения и тока статора на оси d и q;  $\omega_r$  – скорость ротора;  $M_d, M_n$  – моменты двигателя и нагрузки;  $p$  – оператор Лапласа.

Модель (1) является нелинейной, так как содержит произведения координат. Для линеаризации модели, проекцию тока статора на ось d стремятся сделать равной нулю. Для этого, организуют контур тока по координате d и задают на его вход сигнал задания  $i_{dz}$ , равный нулю. Если, быстродействие контура тока по координате d на порядок выше быстродействия контура по координате q, то можно считать, что проекция тока статора по координате d равна нулю. Тогда система уравнений (1) преобразуется к виду:

$$\left. \begin{aligned} i_q &= \frac{1/R_s}{T_q p + 1} (U_q - p_0 F_0 \omega_r); \\ M_d &= \frac{3}{2} p_0 F_0 i_q; \\ \omega_r &= \frac{1}{J p} (M_d - M_n), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Объект управления системы автоматизированного электропривода, будет содержать силовой преобразователь и синхронную машину. В электроприводах переменного тока малой и средней мощности, в качестве силового преобразователя используется трёхфазный автономный инвертор. Частота широтно-импульсной модуляции у современных типов автономных инверторов, в среднем, составляет 10000 герц. Инерционность такого преобразователя, характеризуется постоянной времени с величиной, обратно-пропорциональной частоте модуляции. Из сказанного следует, что инерционность преобразователя проявляется на частотах, на два или три порядка превышающих полосу пропускания системы. В этом случае, можно считать преобразователь безинерционным звеном, с коэффициентом передачи  $K_p$ . Тогда, с учетом выражений (2), объект управления системы автоматизированного электропривода описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} i'_q &= \frac{1}{T_q} \left[ \frac{1}{R_s} (K_p U_c - p_0 F_0 \omega_r) - i_q \right]; \\ \omega'_r &= \frac{1}{J} \left( \frac{3}{2} p_0 F_0 i_q - M_n \right). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $U_c$  – управляющий сигнал на входе силового преобразователя.

Уравнения векторно-матричной модели объекта, в общем случае, имеют вид [2]:

$$\left. \begin{aligned} x' &= Ax + Bu; \\ y &= Cx. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Если принять, вектор состояния объекта

$$x = \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_r \end{bmatrix}$$

и вектор входов объекта

$$u = U_c,$$

то, в соответствии с системами (3) и (4), матричная запись уравнений объекта управления может быть представлена так:

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} i'_q \\ \omega'_r \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_q} & -\frac{p_0 F_0}{T_q R_s} \\ \frac{3 p_0 F_0}{2 J} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{K_p}{T_q R_s} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot U_c; \\ \omega_r &= [0 \quad 1] \cdot \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_r \end{bmatrix}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Система уравнений (5) является векторно-матричной моделью синхронного электродвигателя, с силовым преобразователем на входе. Модель применима при выполнении следующих условий:

- выполнена компенсация проекции тока статора на координатную ось d;
- полоса пропускания электропривода, не превышает 100 герц.

Проверку справедливости модели (5) можно выполнить путем расчёта модального регулятора скорости и сравнения переходных характеристик систем стабилизации скорости для модели (5) и полной модели синхронной машины (1).

Для определения коэффициентов модального регулятора скорости, необходимо получить полином [3]:

$$\det(pI - (A - BK)), \tag{6}$$

где  $K = [K_i \quad K_w]$  – матрица коэффициентов регулятора скорости.

Матрица замкнутой системы:

$$A - BK = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_q} & -\frac{p_0 F_0}{T_q R_s} \\ \frac{3p_0 F_0}{2J} & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{K_p}{T_q R_s} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot [K_i \quad K_w] = \\ = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_q} \left( \frac{K_p K_i}{R_s} + 1 \right) & -\frac{1}{T_q R_s} (p_0 F_0 + K_p K_w) \\ \frac{3p_0 F_0}{2J} & 0 \end{bmatrix}.$$

Тогда, полином (6):

$$\det(pI - (A - BK)) = p^2 + \frac{1}{T_q} \left( \frac{K_p K_i}{R_s} + 1 \right) p + \frac{3p_0 F_0}{2J T_q R_s} (p_0 F_0 + K_p K_w). \tag{7}$$

При настройке на форму Баттерворта, характеристический полином замкнутой системы:

$$H(p) = p^2 + 1.4\omega_0 p + \omega_0^2. \tag{8}$$

Приравнявая коэффициенты, при одинаковых степенях полиномов (7) и (8), можно получить коэффициенты регулятора скорости:

$$\left. \begin{aligned} K_i &= \frac{R_s}{K_p} (1.4T_q \omega_0 - 1); \\ K_w &= \frac{1}{K_p} \left( \frac{2J T_q R_s}{3p_0 F_0} \omega_0^2 - p_0 F_0 \right). \end{aligned} \right\} \tag{9}$$

Структурная схема рассчитанной системы стабилизации скорости приведена на рисунке 1.

На рисунке 2, показана структурная схема системы стабилизации скорости с полной моделью синхронной машины (1).

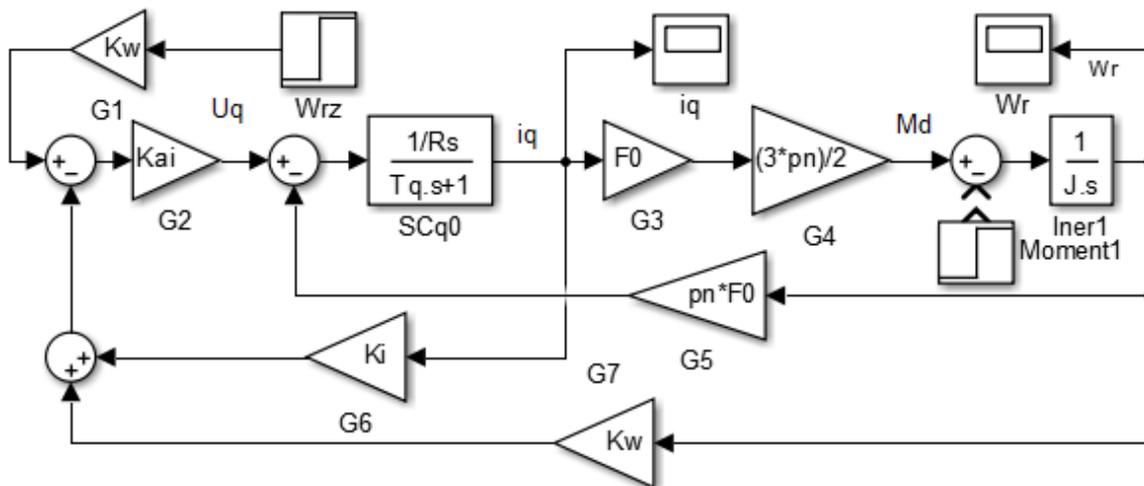


Рис. 1 – Структурная схема системы стабилизации скорости на основе модели (5)



Результаты моделирования систем стабилизации скорости показаны на рисунке 3. Из рисунка 3 следует, что переходные характеристики систем стабилизации скорости практически идентичны. Следовательно, модель синхронной машины (5) может использоваться при расчётах систем автоматизированного электропривода, при соблюдении перечисленных выше условий.

#### ***Список литературы***

1. *Герман-Галкин С.Г.* Matlab/Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин – С.– Пб.: КОРОНА – Век, 2008. – 368 с.
2. *Башарин А.В.* Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
3. *Кузовков Н.Т.* Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.

2.3.3.

**С.М. Кривенцов, В.К. Шумилин**

МИРЭА – Российский технологический университет,  
институт радиоэлектроники и информатики,  
кафедра инженерной экологии техносферы,  
Москва, 5162436@rambler.ru

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВЛАЖНЫМ СПОСОБОМ**

*В статье рассмотрен принцип работы пылеуловителей, для очистки воздушных выбросов промышленных предприятий мокрым методом. Оценены параметры процесса пылеулавливания влажным способом.*

Ключевые слова: *пылеулавливающее оборудование, система очистки, эффективность процесса пылеулавливания.*

В настоящее время метод очистки газоздушных выбросов промышленных предприятий от пыли влажным (мокрым) способом широко применяется в промышленности для обеспечения экологической безопасности. Осаждение частиц пыли на жидкости происходит под действием сил инерции и броуновского движения [1-3]. Процесс мокрого пылеулавливания основан на реализации контакта частичек пыли с жидкостью, в результате чего образуется шлам (водная суспензия с частицами пыли, извлеченной из очищаемого газопотока), который затем выводится из пылеуловителя. Существуют различные физические механизмы процесса мокрого улавливания [4-6]:

- 1) гравитационная седиментация;
- 2) центробежное осаждение;
- 3) инерция;
- 4) броуновская диффузия;
- 5) электростатическое осаждение.

Метод улавливания пыли влажным способом является весьма эффективным. Мокрые пылеуловители имеют ряд преимуществ по сравнению с аппаратами сухой очистки выбросов от пыли, так как имеется возможность улавливания взрывоопасных и пожароопасных пылей, а также есть возможность очистки газов, нагретых до высоких температур и пылегазовых смесей со значительной влажностью. Кроме того, мокрые пылеуловители отличаются сравнительно небольшой стоимостью и более высокой эффективностью улавливания взвешенных частиц по сравнению с сухими механическими пылеуловителями, а также могут быть применены для очистки газов от частиц размером менее 0,1 мкм [4]. К некоторым недостаткам мокрых пылеуловителей можно отнести необходимость очистки отводимого шлама, что вызывает удорожание процесса очистки, а также возможен механический унос из газоочистного оборудования газовым потоком капель жидкости, которая затем может осаждаться в газопроводах, системах вентиляции и т.д.

Для очистки пылевоздушных выбросов промышленных предприятий влажным способом применяются скрубберы, барботажные и пенные пылеуловители, аппараты ударно-инерционного действия, оборудование центробежного действия и др. Мокрые пылеуловители подразделяются также по затратам энергии на низконапорные (менее 1500 Па), средненапорные (от 1500 до 3000 Па) и высоконапорные (свыше 3000 Па) [4].

Методы расчета параметров мокрых пылеуловителей, основаны на допущении о возможности линейной аппроксимации зависимости степени очистки от диаметра частиц, поскольку единственным и наиболее важным параметром, определяющим сложность

удаления частиц из газа и рабочие характеристики оборудования, является размер частиц, эффективность улавливания которых составляет 50 % и более, т. е. диаметр отсекания  $d_{50}$ . При анализе диапазона размеров общая эффективность улавливания зависит от доли каждой фракции и от эффективности улавливания частиц каждого размера.

В энергетических методах расчета предполагается, что зависимость фракционных коэффициентов очистки  $\varepsilon$  от энергозатрат  $A$  можно выразить логарифмически нормальным законом и аппроксимировать график зависимости  $\varepsilon = f(A)$  [4].

Полному коэффициенту осаждения частиц в аппаратах придается вид экспоненциальной функции энергозатрат:

$$\varepsilon = 1 - e^{-B \cdot A^k},$$

где  $A$  - удельные энергозатраты на осаждение частиц загрязнителя, Дж/м<sup>3</sup>;

$B$  и  $k$  - эмпирические коэффициенты.

Степень очистки связана с числом единиц переноса  $N$  (параметром, характеризующим процессы в массообменных аппаратах) следующим соотношением [4-5]:

$$N = \ln(1 - \varepsilon_{\text{общ}})^{-1},$$

где  $\varepsilon_{\text{общ}}$  - общая эффективность очистки.

Степень очистки, определенная по энергетическому методу, оказывается близкой к реальности для таких типов аппаратов, в которых осаждение загрязнителей обеспечивается преимущественно за счет одной из энергетических составляющих, а вкладом остальных составляющих допустимо пренебречь в пределах точности инженерных расчетов. Так, например, для газопромывателей с трубами Вентури, центробежных сепараторов ЦВП, скрубберов ударно-инерционного действия можно без значительной погрешности принять, что осаждение частиц в них происходит за счет энергии газового потока. Поэтому сопротивление этих аппаратов по газу может быть приравнено к величине удельных энергозатрат  $A$ , в связи с этим в расчетах используют формулу:

$$N = B \cdot A^k.$$

На рис.1 приведен график зависимости эффективности очистки в мокрых пылеуловителях от числа единиц переноса.

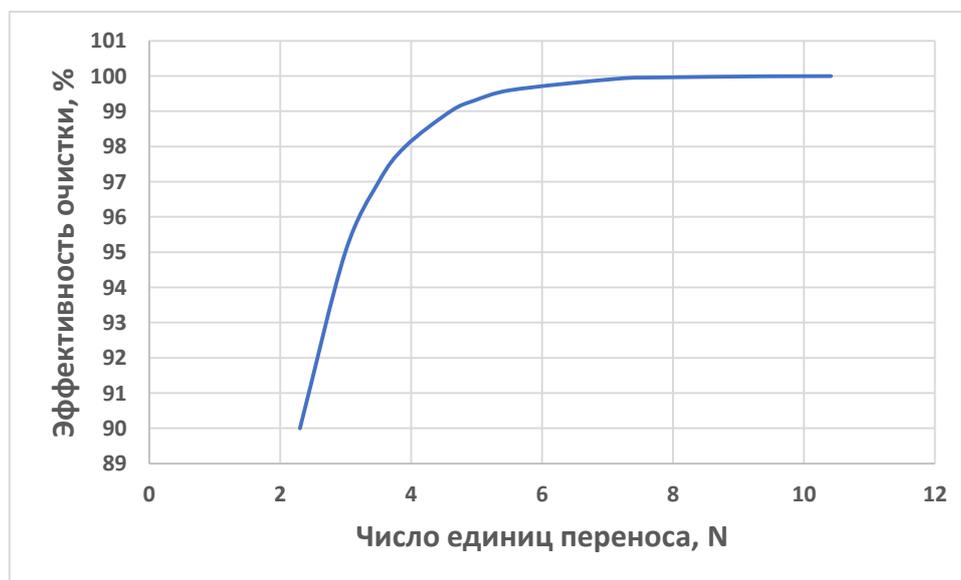


Рис. 1 - Зависимость эффективности очистки от числа единиц переноса

Значения параметров  $B$  и  $k$  зависят от вида дисперсных загрязнителей и приведены в таблице 1 [4].

Таблица 1 - Значения коэффициентов  $B$  и  $k$  дисперсных загрязнителей

Вид пыли или тумана	$B$	$k$
Аэрозоль сульфата меди	$2.14 \cdot 10^{-4}$	1.0679
Конвертерная пыль	$9.88 \cdot 10^{-2}$	0.4663
Тальк	0.206	0.3506
Туман фосфорной кислоты	$1.34 \cdot 10^{-2}$	0.6312
Ваграночная пыль	$1.36 \cdot 10^{-2}$	0.6210
Колошниковая (доменная) пыль	$6.61 \cdot 10^{-3}$	0.891
Пыль известковых печей	$6,5 \cdot 10^{-4}$	1.0529
Пыль оксидов цинка	$2.34 \cdot 10^{-2}$	0.5317
Щелочной аэрозоль	$5.53 \cdot 10^{-5}$	1.2295
Вещества мыльных фабрик	$1,09 \cdot 10^{-5}$	1.4146
Пыль целлюлозы	$4 \cdot 10^{-4}$	1,05
Зола дымовых газов ТЭЦ	$4.34 \cdot 10^{-3}$	0,3
Соли натрия	$0.21 \cdot 10^{-5}$	1,515
Пыль фосфорных удобрений	0.12	0.454

Применение оборудования мокрого пылеулавливания позволяет производить очистку газовоздушных выбросов промышленных предприятий с высокой эффективностью, а также применять данный метод в областях использования, недоступных для аппаратов сухого пылеулавливания (очистка взрывоопасных и пожароопасных загрязнителей, а также газов, нагретых до высоких температур и со значительной влажностью).

Данная технология и устройства на ее основе могут использоваться на производственных предприятиях в автоматизированных системах управления микроклиматом помещений [7-9].

#### Список литературы

1. Легкий Н.М., Шумилин В.К., Кривенцов С.М. Безопасность жизнедеятельности. Улучшение условий труда и снижение рисков на рабочих местах. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Эдитус, 2020. – 480 с.
2. Кривенцов С.М., Легкий Н.М., Шумилин В.К., Михайлов В.М. Оценка эффективности процессов сухой и влажной очистки воздуха от пыли аппаратами различных типов. - Радиоинфоком-2019: сборник научных статей. – М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2019. – 575 с.; С. 341-344.
3. Безопасность жизнедеятельности. Обеспечение безопасных условий труда на предприятиях: учебное пособие / С. М. Кривенцов [и др.]. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2019. — 360 с.
4. Ветошкин А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: учебное пособие. 2-е изд. - М.: Инфра-Инженерия, 2019. 316 с.
5. Филиппов В.В. Защита воздушной среды. Основы проектирования и эксплуатации оборудования: учебник. - Самара: СГТУ. 2017. – 231 с.
6. Кривенцов С.М. Оценка эффективности процессов сухой и влажной очистки воздуха от пыли аппаратами различных типов / Сборник научных статей IV международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» «РАДИОИНФОКОМ-2019», 11-15.11.2019г., Москва: РТУ МИРЭА. с.341-345.
7. Легкий Н.М. Автоматическая идентификация в АСУ технологическими процессами / Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. 2017. № 13. С. 46-47.
8. Легкий Н.М., Милкина Е.В. Охрана труда на предприятиях. перспективы автоматизации / Естественные и технические науки. 2019. № 3 (129). С. 256-257.
9. Легкий Н.М., Милкина Е.В. Автоматизация систем управления микроклиматом на промышленных предприятиях / Естественные и технические науки. 2019. № 4 (130). С. 217-219.

## 2.3.3.

<sup>1</sup>В.В. Кузьмин канд. техн. наук, <sup>1</sup>А.В. Чупаев канд. техн. наук,  
<sup>2</sup>Р.Р. Галямов, <sup>3</sup>А.Ю. Шарифуллина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
кафедра Систем автоматизации и управления технологическими процессами,  
<sup>1</sup>sautp@yandex.ru, <sup>2</sup>roman-grt@mail.ru, <sup>3</sup>aprilrain91@yandex.ru

**ОБЗОР РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ OMRON E5CN**

*В данной статье рассматривается регулятор температуры OMRON E5CN. Рассматриваемый регулятор температуры относится к классу локальных систем управления, которые позволяют управлять объектом, при размещении в непосредственной близости к нему. Регулятор температуры OMRON позволяет нивелировать влияние различного рода возмущающих факторов, которые оказывают действие на объект управления. В статье приведен полный функционал рассматриваемого регулятора и возможные режимы работы.*

Ключевые слова: *Регулятор температуры OMRON E5CN, ПИД-регулирование, дискретное регулирование.*

Локальные системы управления в иерархической структуре современных систем автоматизации занимают самый нижний уровень, топологически расположенный в непосредственной близости от объекта управления. Функции этих систем сводятся к следующему:

- 1) Контроль параметров технологического процесса;
- 2) Стабилизация параметров технологического процесса на уровне, определенном технологическим регламентом производства;
- 3) Программное регулирование по жестким временным программам и логическое управление на основе алгоритмов;
- 4) Сигнализация о выходе технологических параметров за установленные границы;
- 5) Защита технологического оборудования в предаварийных и аварийных ситуациях;
- 6) Технологические блокировки, обеспечивающие последовательность включений, отключений и переключений технологического оборудования.

Автоматическая система регулирования состоит из объекта управления, датчиков, регулятора и исполнительных устройств. В процессе функционирования на объект управления непрерывно оказывают действия один или несколько внешних возмущающих факторов, которые стремятся вывести его из состояния равновесия. Возмущения имеют следующий характер:

Ступенчатое возмущение — это мгновенное изменение возмущающего воздействия на постоянную величину.

Импульсное возмущение — это возмущение, которое вносится на сравнительно короткое время, но при этом его величина может быть значительно больше, чем при ступенчатом.

Гармоническое возмущение — это возмущение, возникающее при постоянных по времени и величине воздействиях на объект управления.

Стохастическое возмущение — это случайное и периодически возникающее возмущающее воздействие.

«Белый шум» — это электромагнитные излучения, имеющие одинаковую мощность во всех частотах.

Целью функционирования любой автоматической системы регулирования является снижение влияния возмущающих воздействий на объект управления и поддержание параметра на уровне «уставки».

Ключевую роль в каждой системе управления играет управляющая вычислительная машина (регулятор, контроллер). В настоящей статье рассматривается локальный регулятор температуры OMRON E5CN.

На рисунке 1 показаны его внешний вид, передняя панель с клавишами и схема подключения входных и выходных сигналов.

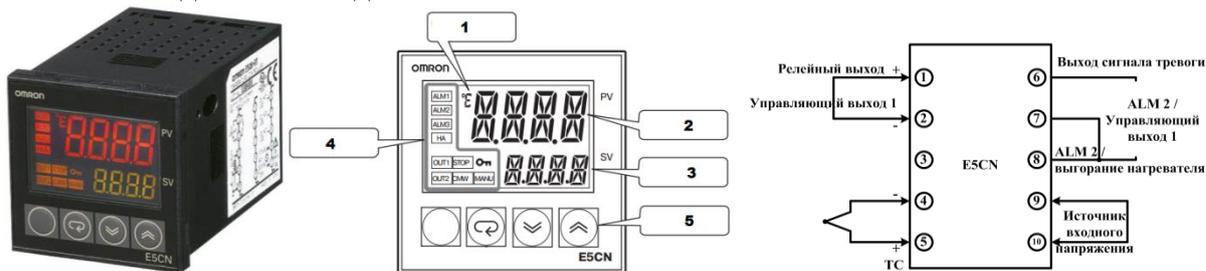


Рис. 1 - Программируемый контроллер температуры E5CN

Назначение индикаторов:

1 – индикатор единиц измерения температуры (°C или °F);

2 – (PV-present variable): текущее значение измеряемой величины;

3 – (SV – set variable): заданное значение (уставка) параметра.

4 – индикаторы работы регулятора:

ALM1, ALM2, ALM3 загорается при включении выхода предупреждения 1, 2, 3 соответственно.

HA – индикатор обрыва (перегорания) нагревателя.

OUT1, OUT2 загорается при включении управляющего выхода 1 или 2.

STOP загорается при прекращении работы регулятора.

CMW загорается при разрешении записи через интерфейс связи, и гаснет, если запись запрещена.

MANU загорается, если инициирован ручной режим управления.

**On** загорается при включении (ON) защиты измерения параметров

5 – клавиши:

– клавиша предназначена для перехода между уровнями настройки.

– клавиша с возвратной стрелкой предназначена для переключения между параметрами в пределах текущего уровня настройки.

– нажатие клавиши увеличивает на единицу значение, отображаемое на дисплее SV, либо переводит к следующему шагу настройки.

– нажатие клавиши уменьшает на единицу значение, отображаемое на дисплее SV, либо переводит к следующему шагу настройки.

– одновременное нажатие позволяет перейти к уровню защиты.

Общие характеристики регулятора температуры OMRON E5CN представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики регулятора температуры OMRON E5CN

Параметр	Характеристика	
Напряжение питания	~ 100...~240 В, 50/60 Гц	~24 В, 50/60 Гц или 24В
Вход для подключения датчика	Термопара: К, J, Т, Е, L, U, N, R, S, В	
	Термометр сопротивления: Pt100, JPt100	
Вход для подключения датчика	Инфракрасный датчик температуры: -10...70 °С, -60...120 °С, -115...165 °С, -160...260 °С.	
	Вход напряжения: 0...50 мВ	
Управляющий вход	Релейный выход: SPST-NO, ~250 В, 3 А	
Выход тревоги	SPST-NO, ~250 В, 1 А (резистивная нагрузка)	
Режимы работы контроллера	ON/OFF	Переменное включение/выключение выхода
	ПИД	Режим ПИД-регулятора

Параметры регулятора OMRON E5CN разделены на восемь отдельных уровней (рис. 2): защиты, управления, регулировки, ручного регулирования, первоначальной настройки, настройки дополнительных функций, калибровки и настройки параметров связи.

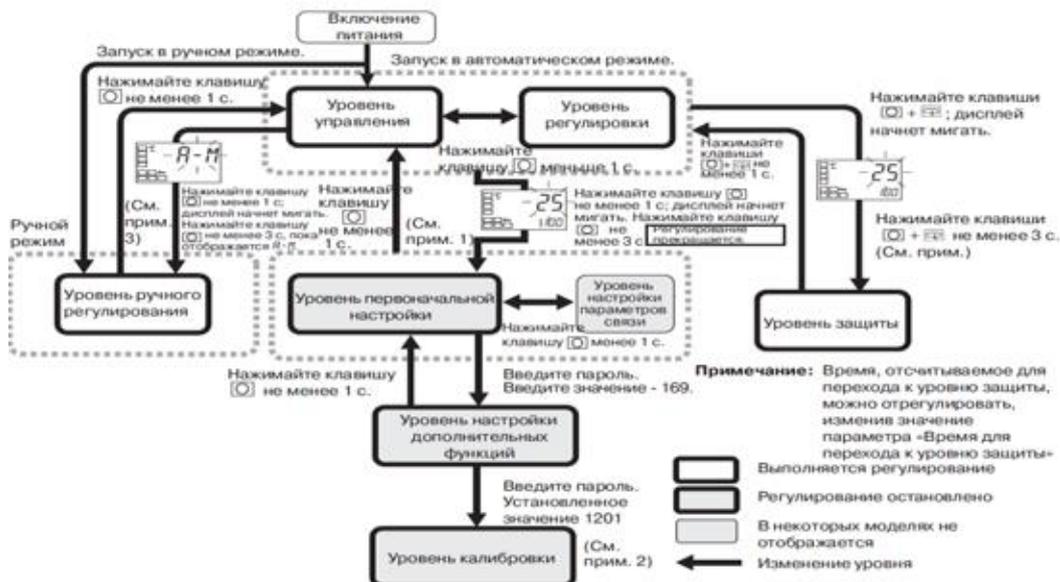


Рис. 2 - Диаграмма уровней настройки параметров

Регулятор температуры OMRON E5CN поддерживает два режима регулирования: ПИД-регулирование и дискретное регулирование.

В случае дискретного регулирования отключается управляющий выход при достижении температурой уставки. При отключении управляющего выхода температура начинает понижаться и процесс регулирования снова включается. Процесс повторяется периодически в пределах определенного диапазона. При этом параметр «Гистерезис (нагрев)» определяет уровень падения температуры до включения управляющего выхода. Направление изменения управляемой переменной определяется параметром «Прямое/обратное направление».

Переходный процесс в режиме дискретного регулирования представлен на рисунке 3.

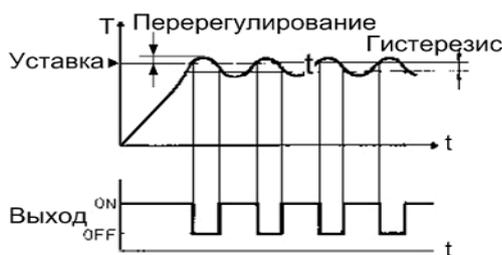


Рис. 3 - Дискретный режим работы регулятора температуры OMRON

Переключение на дискретное регулирование осуществляется с помощью параметра «ПИД ВКЛ/ВЫКЛ» на уровне первоначальной настройки. При дискретном регулировании гистерезис (рис. 4а) позволяет стабилизировать процесс в момент переключения ВКЛ и ВЫКЛ. Для управляющего выхода (нагрев) и управляющего выхода (охлаждение) задаются, соответственно, параметры «Гистерезис (нагрев)» и «гистерезис (охлаждение)».

Для регулирования нагрева/охлаждения можно установить зону нечувствительности как для нагрева, так и для охлаждения. Это позволяет реализовать 3-позиционное регулирование (рис.4б).

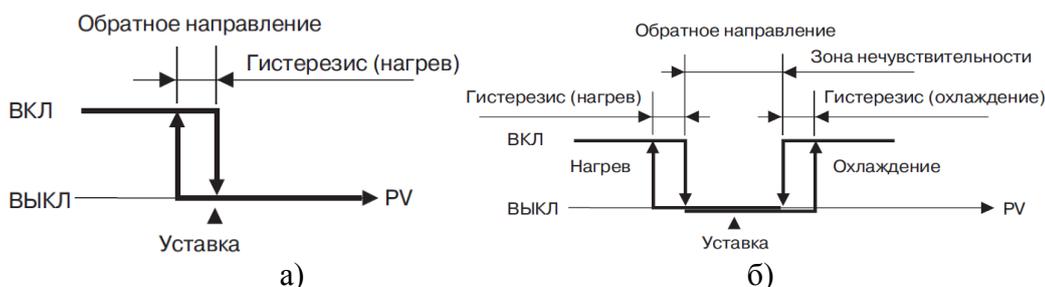


Рис.4. а) гистерезис в режиме дискретного регулирования;  
 б) гистерезис при 3-позиционном регулировании

Второй режим реализует ПИД-закон регулирования температуры, который условно объединяет качества П-, ПИ-, ПИД- и ПД-законов. В режиме ПИД-регулирования температура устанавливается и поддерживается постоянной без изменения (П-регулятор), смещение, возникающее при П-регулировании (статическая ошибка), компенсируется за счет интегральной составляющей (ПИ-регулятор), а также происходит более быстрая обработка внешнего возмущающего воздействия.

Рассмотренный регулятор температуры OMRON E5CN относится к классу локальных регуляторов, позволяющих осуществлять непосредственное управление технологическим параметром. Несмотря на небольшие размеры он имеет достаточно широкий функционал, что позволяет использовать данный регулятор для широкого круга задач.

#### Список литературы

1. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М.:Колос, 2004. – 344 с
2. E5CN/E5CN-U. Цифровые регуляторы температуры: руководство пользователя, 2004.-235 с.
3. Чупаев А.В., Шарифуллина А.Ю., Галямов Р.Р. Основы систем автоматизации: учебное пособие/ А.В.Чупаев, А.Ю.Шарифуллина, Р.Р.Галямов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Казанский нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Отечество, 2022. – 111 с.

2.3.3.

**Е.Н. Леонов канд. техн. наук, А.П. Пожитков**

ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет,  
Институт промышленных технологий и инжиниринга,  
кафедра электроэнергетики,  
Тюмень, leonoven@tyuiu.ru, pozhitkovap@tyuiu.ru

### **АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В ИНДУСТРИИ 4.0**

*Всё возрастающая потребность в электроэнергии, достижения в области технологий и развитие Индустрии 4.0 стали факторами возросшей потребности в интеллектуальных, эффективных и надежных энергетических системах. Такие системы носят название умных сетей – Smart Grid (SG). SG способны управлять производством и распределением энергии в зависимости от спроса. При этом SG достаточно сложны, они сочетают в себе различные компоненты и предъявляют высокие требования к их надежной работе в режиме реального времени. В этой статье дан обзор архитектуры систем SG.*

Ключевые слова: *Индустрия 4.0, Smart Grid, интеллектуальные сети, архитектура сети.*

#### **Введение**

Четвертая промышленная революция – Индустрия 4.0 основана на использовании интеллектуальных процессов в производстве и полной автоматизации производственного процесса. Ожидается, что это обеспечит быстрый рост промышленности и интеграцию предложения и спроса. Основными компонентами Индустрии 4.0 являются Интернет вещей (IoT), аналитика больших данных, киберфизические системы и автоматизация.

В условиях постоянного роста цен на электроэнергию, истощения энергоресурсов, климатических изменений традиционным энергосистемам всё сложнее обеспечивать возросший спрос на электроэнергию. Технологии SG стали подходящим решением для решения этих проблем, они обеспечивают четвертый этап промышленной революции, известный как Индустрия интеллектуальных сетей 4.0 (SGI 4.0). В SGI 4.0 информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) играют важную роль в повышении надежности, устойчивости и эффективности электроснабжения по сравнению с традиционными сетями.

#### **1. Концепция индустрии 4.0 и интеллектуальные сети**

Концепция индустрии 4.0 охватывает весь жизненный цикл продукта, от производителя, поставщика до конечного пользователя. Автоматизация этого жизненного цикла может быть достигнута за счет использования IoT, облачных вычислений, машинного обучения и киберфизических систем.



Рис. 1 – Жизненный цикл продукции

SGI 4.0 играют роль на каждом этапе жизненного цикла продукта. На рис. 1 показана конкретная функция интеллектуальной сети по снабжению энергией интеллектуальной фабрики на протяжении всего жизненного цикла продукта между элементами различных систем. SGI 4.0 отслеживает всю необходимую информацию о потоке электроэнергии на станции. Данные, предоставляемые интеллектуальными счетчиками и статистикой потребления, могут анализироваться с помощью машинного обучения.

В настоящее время существует несколько концепций Smart grid в России [1], Европейском союзе, США, Китае, и многих других странах [2], все они находятся на разных уровнях интеграции с производством и в разных масштабах. Глобальный переход от ископаемого топлива к возобновляемым экологически чистым энергетическим ресурсам (зеленой энергии), таким как ветер, солнечная энергия и др., также может быть поддержан системами SG. Они способны повысить надежность электроснабжения за счет гибкой автоматически управляемой структуры. Также SG позволяют обеспечить баланс между производимой энергией, который точно соответствует спросу. Благодаря машинному обучению использование SG может обеспечить динамичное ценообразование в режиме реального времени, автоматическое обслуживание, планирование использования и оптимизация потребления энергии. В системе SG существует взаимосвязь между производителем, потребителем и поставщиком в режиме реального времени с обменом информацией, что позволяет построить гибкую модель производства электроэнергии [3].

Отношения между Индустрией 4.0 и SG могут быть симбиотическими, когда интеллектуальная сеть может поддерживать эффективные энергетические системы, которые обеспечивают производство. Промышленность, в свою очередь, может обеспечить более совместимую среду для разумного энергопотребления. Переход от традиционных мощных систем (Power Grid (PG)) к системам SGI 4.0 является сложной задачей и требует надежного проектирования и совместимой инфраструктуры коммуникационной сети, для преодоления недостатков в существующих PG. Кроме того, SG обычно представляют собой комбинацию нескольких систем и технологий, что делает их интересной областью для исследований и разработок.

## 2. Архитектура интеллектуальной сети

Проектирование качественной сетевой инфраструктуры важно для обеспечения надежной и эффективной работы SGI 4.0. Существует несколько моделей архитектуры SG, но все они имеют одинаковую многоуровневую структуру [4, 5]. Три уровня показаны на рис. 2.

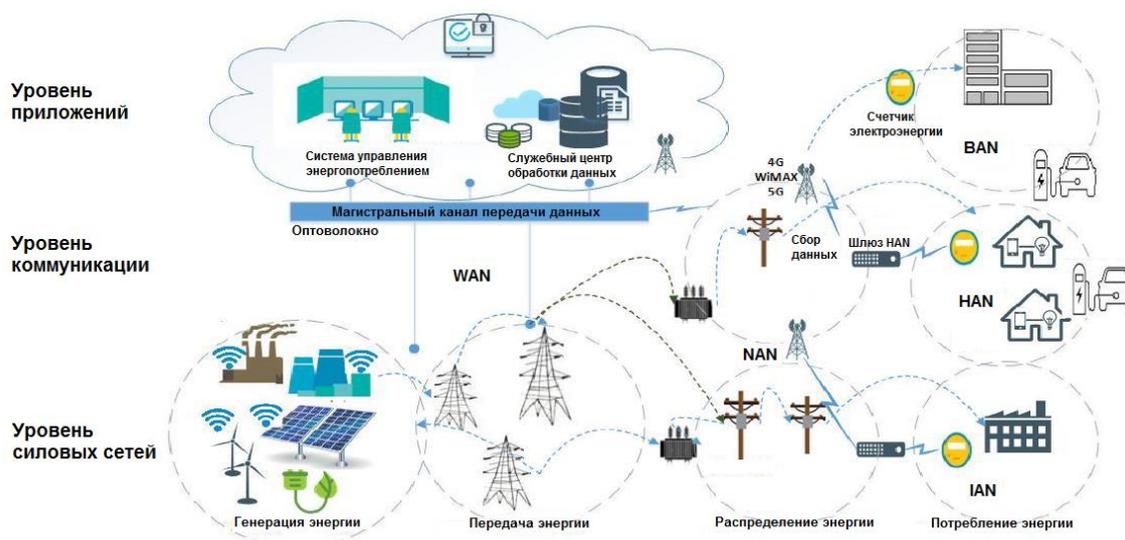


Рис. 2 – Архитектура интеллектуальной сети

Три основных уровня определяются как:

1. Уровень силовых сетей: отвечает за генерацию и поставку электроэнергии пользователям, аналогично традиционным РЭС.
2. Уровень коммуникации: обеспечивает взаимосвязь между всеми компонентами системы путем сбора данных с датчиков и интерфейсов конечных пользователей для их передачи в центры обработки данных.
3. Уровень приложений: на этом уровне информация обрабатывается для выдачи сообщений о результатах мониторинга и управления, а также для использования данных для таких приложений, как управление спросом, автоматическое считывание показаний счетчиков, обнаружение хищений и т.д.

Системы SG зависят от использования ряда сетей, различающихся по размеру и расположению, таких как:

- а. Домашняя сеть (Home Area Network (HAN)) или клиентская сеть, которая соединяет интеллектуальные устройства и устройства с интеллектуальным счетчиком внутри дома. Она имеет небольшой радиус действия и способна надежно обмениваться данными с низкой скоростью передачи данных. Таким образом, она должна снизить затраты на реализацию и потребление энергии.
- б. Сеть зданий (Building Area Network, (BAN)): похожа на HAN, но охватывает более крупные здания и может состоять из нескольких меньших сетей.
- в. Промышленная сеть (Industry Area Network (IAN)), похожа на BAN, но более сложная и специализированная для заводов и промышленных зданий.
- д. Районная сеть (Neighborhood area Network (NAN)), отвечающая за подключение HAN, BAN и IAN к WAN и агрегацию данных измерений от тысяч интеллектуальных счетчиков. Из-за большого масштаба сети NAN требуют более высоких скоростей передачи данных.
- е. Глобальная сеть (Wide Area Network (WAN)) используется NAN для передачи отчетов об электроснабжении в главный центр управления. Глобальные сети требуют очень высокой скорости передачи данных и большого расстояния покрытия. Как средство связи обычно используется оптоволокно.

### **Заключение**

Базовая архитектура SG включает в себя три основных уровня (уровень энергосистемы, уровень связи и уровень приложений) и использует различные типы сетей для облегчения связи между различными частями системы. При создании системы SGs использует компоненты из различных технологий, таких как IoT и облачные вычисления.

Интеллектуальные сети постепенно заменяют традиционную электросеть, обеспечивая энергоэффективность и надежность. В рамках четвертой промышленной революции SG все больше и больше движутся в направлении децентрализации и автоматизации. Таким

образом, важно понимать технологии, задействованные в разработке и внедрении SG, а также проблемы, с которыми она сталкивается. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть компоненты и коммуникационные технологии SG, а также угрозы в развитии интеллектуальных сетей и пути их решения

#### **Список литературы**

1. *Осика Л.К.* Концепция интеллектуальной электрической сети в контексте научно-технических достижений в области устройства электроэнергетических систем и направлений их развития / Л. К. Осика // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2017. – № 1(76). – С. 48-63.
2. Влияние Smart Grid и возобновляемых источников энергии на энергоэффективность: зарубежный опыт / В. М. Матюшок, Б. Серджио, С. А. Балашова, К. Г. Гомонов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2017. – Т. 25. – № 4. – С. 583-598.
3. *Леонов Е.Н.* Основные требования к виртуальным электростанциям при интеграции в энергосистемы с использованием технологий индустрии 4.0 / Е. Н. Леонов, И. Н. Гладков // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 4. – С. 148-151.
4. *Волкова А.С.* Интеллектуальные сети электроснабжения. Концепция SMART GRID / А. С. Волкова, Т. В. Носачева // Интернаука. – 2020. – № 32(161). – С. 39-42.
5. *Манусов В.З.* Построение холонической инфраструктуры интеллектуальных сетей в концепции Smart Grid с учетом двустороннего потока энергии / В. З. Манусов, Н. Хасанзода // Проблемы региональной энергетики. – 2017. – № 3(35). – С. 84-93.

2.3.3.

**Н.Г. Семенова д-р педагог. наук, канд. техн. наук**

Оренбургский государственный университет,  
кафедра автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники,  
Оренбург, ng\_sem@mail.ru

### **НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

*Статья посвящена разработке системы нечеткого управления солнечной панелью, обеспечивающей энергоэффективный режим ее функционирования. Представлены: адаптированный алгоритм Мамдани, программно реализованный для работы контроллера, обеспечивающий поиск точки максимальной мощности; имитационная модель нечеткой системы управления солнечной панелью, позволяющая провести ее симуляцию для разных уровнях инсоляции. Сформулированы задачи для дальнейшего исследования.*

Ключевые слова: *солнечная панель, точка максимальной мощности, алгоритм нечеткого вывода.*

Анализ научно-технической литературы [1-3] позволил заключить, что одним из перспективных способов повышения эффективности функционирования солнечных панелей является применение системы управления на основе алгоритма поиска точки максимальной мощности (ТММ). Система управления включает в себя следующие структурные компоненты: солнечную панель, преобразователь постоянного напряжения DC-DC, контроллер поиска ТММ, аккумулятор, рисунок 1. В процессе работы контроллер определяет оптимальные значения тока и напряжения, обеспечивая передачу максимальной мощности на аккумуляторную батарею.

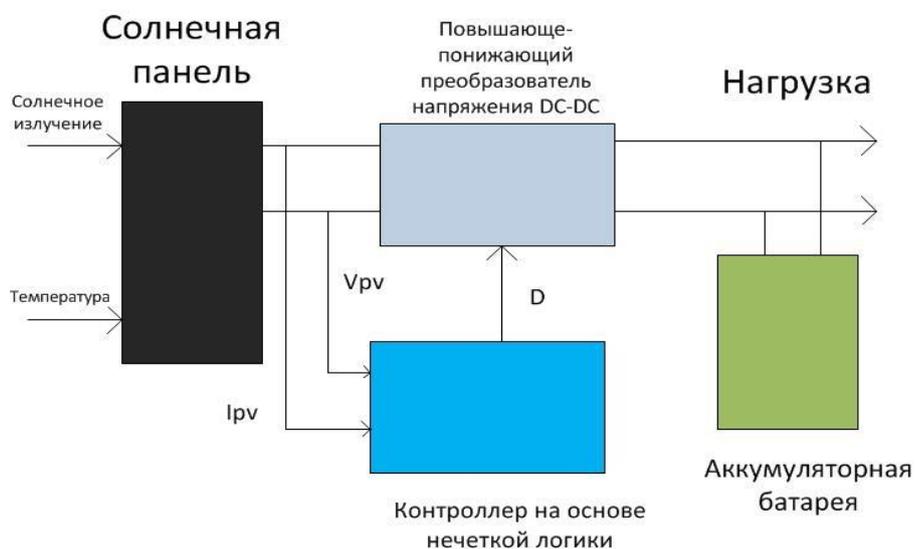


Рис.1 – Структурная схема нечеткого управления системой генерации солнечной энергии

В работе [1] описаны наиболее часто используемые методы поиска ТММ для повышения эффективности фотоэлектрических систем, а именно: метод возмущения и наблюдения; метод возрастающей проводимости; метод поиска ТММ с использованием алгоритма нечеткого вывода. К основным недостаткам первых двух методов отнесены: колебания вокруг ТММ; ошибочные результаты в условиях изменяющейся внешней среды: климатические условия; случайные затенения; время суток; время года и т.д.. Нивелирование перечисленных недостатков может быть осуществлено применением третьего метода, реализация которого рассмотрена в этой статье.

Каждая солнечная панель имеет свое семейство вольт-амперных и мощностных характеристик. Нелинейность каждой энергетической характеристики солнечной панели позволяет определить для каждого уровня инсоляции единственную ТММ, при которой солнечная панель может работать с максимальной эффективностью. Так как уровень инсоляции может изменяться в течении дня, поэтому контроллер должен непрерывно отслеживать ТММ и корректировать рабочий цикл DC-DC преобразователя. В работе исследуется солнечная панель TPS-M6U-350W, производителя TopRay Solar.

В работе предлагается осуществлять функционирование контроллера на основе алгоритма нечеткого вывода Мамдани [4]. Для этого определены две входные и одна выходная переменная. К входным переменным отнесены: выходной ток  $I$  и выходное напряжение  $U$  солнечной панели; к выходной переменной - коэффициент заполнения импульсов  $D$ . Составлены терм-множества для входных и выходной переменных, определены функции принадлежности для каждого терма, составлена база лингвистических правил, таблицы 1- 4.

Таблица 1 – Термы первой входной переменной «Выходной ток солнечной панели»,  $I$

№	Название терма, $I$	Диапазон терма, А	Тип $\mu(I)$
1	Малое значение тока	0 – 2,5	Z
2	Среднее значение тока	2,5 – 7,5	П
3	Большое значение тока	7,5 – 10	Z

Таблица 2 – Термы второй входной переменной «Выходное напряжение солнечной панели»,  $U$

№	Название терма, $U$	Диапазон терма, В	Тип $\mu(U)$
1	Малое напряжение	0 – 15	Z
2	Среднее напряжение	15 – 35	П
3	Высокое напряжение	35 – 50	Z

Таблица 3 – Термы выходной переменной «Коэффициент заполнения импульсов»,  $D$

№	Название терма, $D$	Диапазон терма	Тип $\mu(D)$
1	Низкий	0 – 0,5	Z
2	Средний	0,5 – 0,8	П
3	Высокий	0,8 – 1,0	Z

Таблица 4 – Матрица лингвистических правил

	Низкое $U$	Среднее $U$	Большое $U$
Малый $I$	Высокий $D$	Высокий $D$	Средний $D$
Средний $I$	Высокий $D$	Высокий $D$	Низкий $D$
Большой $I$	Средний $D$	Средний $D$	Низкий $D$

Тестирование алгоритма нечеткого вывода осуществлено в приложении Fuzzy Logic Designer среды MatLab, результаты представлены на рисунке 2.

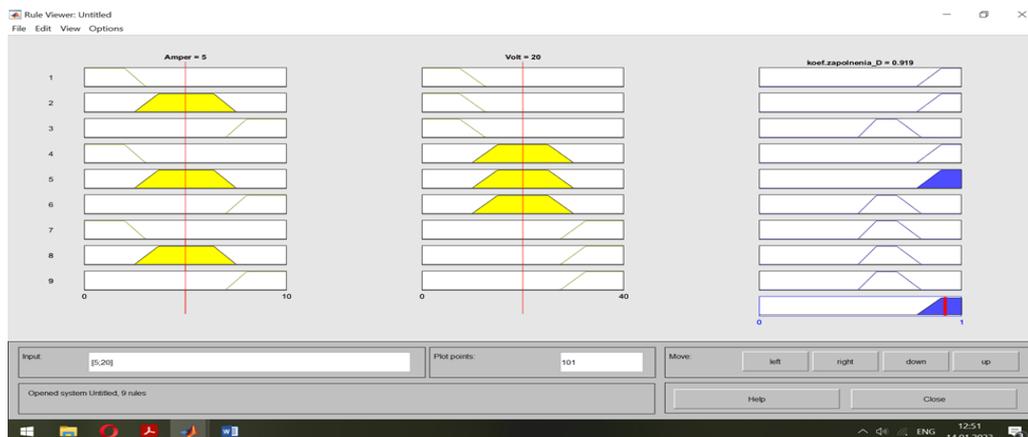


Рис. 2 - Результаты тестирования алгоритма нечеткого вывода

Результаты тестирования показали адекватность реализованного алгоритма нечеткого вывода: при токе, равным 5 А, и напряжении 20 В, коэффициент заполнения получается равным 0,919.

Апробация работы контроллера на основе нечеткого вывода Мамдани была осуществлена посредством моделирования системы солнечной генерации в среде Matlab Simulink. Имитационная модель представлена на рисунке 3. Основными блоками имитационной модели являются: блок солнечной панели; блок нечеткого контроллера; блок повышающе-понижающего преобразователя постоянного напряжения с подключенными к нему блоками визуализации.

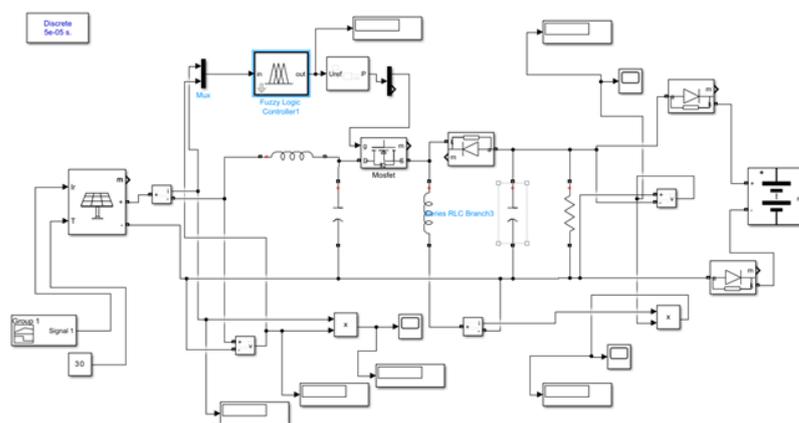


Рис. 3 – Имитационная модель управления системой генерации солнечной энергии на основе поиска ТММ

Энергетическая характеристика разработанной имитационной модели при разных уровнях инсоляции (400 Вт/м<sup>2</sup>, 650 Вт/м<sup>2</sup>, 900 Вт/м<sup>2</sup>) представлена на рисунке 4. Анализ полученных результатов показал следующее: быстрый выход на рабочий режим при смене уровня инсоляции,  $t = 0,1$  с; стабильная работа (отсутствие пульсаций) при смене уровня инсоляции; простота программирования контроллера для системы нечеткого управления солнечной панелью.

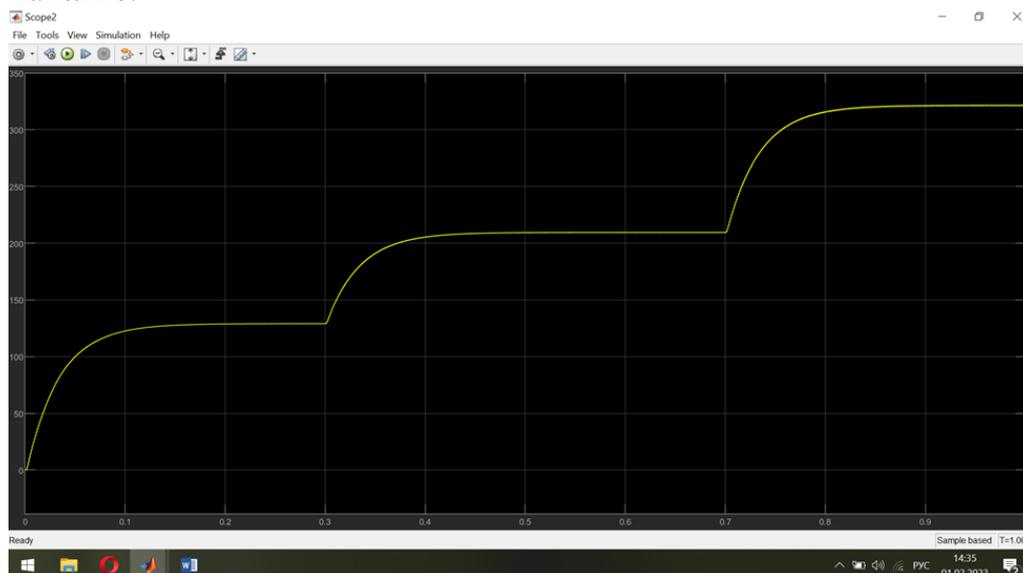


Рис. 4 - График мощности на выходе преобразователя, при разных уровнях инсоляции

Дальнейшими задачами исследования являются: моделирование системы нечеткого управления солнечной панелью в условиях равномерного освещения и частичного затенения солнечных батарей; выбор оптимальных параметров преобразователя напряжения и контроллера поиска ТММ в системе нечеткого управления солнечной панелью в изменяющихся условиях внешней среды.

**Выводы:**

1. Программно реализован контроллер на основе адаптированного алгоритма Мамдани, позволяющий осуществлять поиск точки максимальной мощности в системе нечеткого управления солнечной панелью для обеспечения энергоэффективного режима ее функционирования.

2. Разработана имитационная модель нечеткой системы управления солнечной панелью, позволяющая провести ее апробирование для разных уровней инсоляции. Полученные графики мощности на выходе преобразователя DC-DC показали корректную и стабильную работу разработанной нечеткой системы управления при изменении уровня инсоляции.

**Список литературы**

1. *Обухов С.Г.* Выбор параметров и анализ эффективности применения систем слежения за Солнцем / С.Г. Обухов, И.А. Плотников // Известия Томского политехнического университета. — 2018. — Т. 329, № 10 . С. 95-106.
2. *Музалев Р.И.* Солнечная энергетика Оренбургской области / Р. И. Музалев, Н. Г. Семенова // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф., Оренбург, 25-27 окт. 2022 г. — Оренбург : ОГУ, 2022. — С. 459-461.
3. Солнечные концентраторы. Виды и особенности. Применение: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroobogrev/solnechnye-kontsentratory> (дата обращения 10.01.2023).
4. *Семенова Н.Г., Влацкая Л.А.* Исследование и моделирование электроэнергетических объектов : учебное пособие. – Оренбург : ОГУ. – 2022. – 125 с.

2.3.3.

**Л.А. Симонова д-р техн. наук, Е.Ю. Добрынин**

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
lasimonova@mail.ru, evgeniydobrinin@gmail.com

### **МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОПЕРАЦИИ**

*В статье авторами предложен метод автоматизированного выбора вспомогательного инструмента на основе матриц исходных данных и ограничений, а также иерархического представления технологического процесса. Приводится пример проектирования на основе разработанного метода для фрезерной операции.*

Ключевые слова: *автоматизация, выбор, матрица исходных данных, матрица ограничений, подбор вспомогательного инструмента.*

**Введение.** Для промышленных предприятий актуальны задачи снижения трудоемкости и себестоимости проектирования технологического процесса. Этому может способствовать применение современного программного обеспечения, основанного на искусственном интеллекте.

Одной из задач проектирования технологического процесса является подбор вспомогательного инструмента для механической обработки. За время существования производства было спроектировано огромное количество различных конструкций вспомогательного инструмента. Все это разнообразие инструмента привело к сложности выбора и автоматизации этого этапа проектирования. Производители инструмента предлагают свои системы по подбору, однако эти системы специализированы и настроены на использование продукцию конкретной компании, что сужает возможности использования всего спектра вспомогательного инструмента, представленного на производстве. Такие системы не позволяют сравнить между собой однотипные конструкции различных производителей или конструкции, укомплектованные из сборочных элементов различных производителей, а также изменить критерии выбора оптимальных вариантов конструкций инструментов [2-4].

**Определение ограничений по подбору вспомогательного инструмента.** При выборе вспомогательного инструмента необходимо учитывать ограничения как в части базы крепления режущего инструмента, так и в шпинделе станка (Рисунок 1):

- вспомогательный инструмент ↔ станок;
- вспомогательный инструмент ↔ режущий инструмент ↔ деталь;

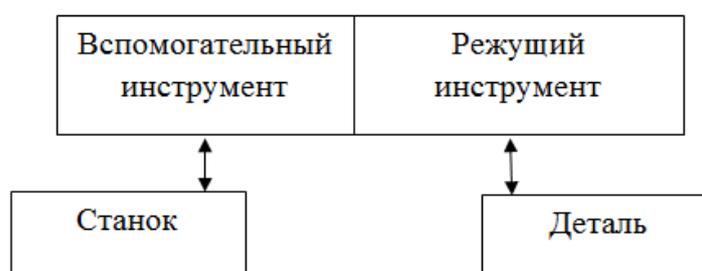


Рис. 1 – Зависимости выбора вспомогательного инструмента

Для возможного системного подхода к представлению данного набора ограничений предложено их разбиение по структурным элементам технологического процесса. Это позволит обеспечить последовательный отсев по исходным данным и ограничениям к станку и детали при выборе вспомогательного инструмента. Для этого разработаны матрицы признаков станка, детали и вспомогательного инструмента, где строки - структурные уровни технологического процесса, а столбцы – определенные характеристики, которые требуются для выполнения технологического процесса и являются по своей сути ограничениями при выборе. При формировании данных в этих матрицах учитывались конструкторско-технологические параметры, например, способ обработки, габарит и т.д., которые влияют на применимость инструмента в конкретном оборудовании [1].

Таблица 1 - Матрица ограничений "деталь"

	Требования чертежа	Характеристика объекта обработки	Условия выполнения	Признаки способа обработки	Средства технологической обработки	Количественные ограничения
Технологический процесс	Способ обработки	Тип детали				Партия
Операция						
Установ	Наличие баз	Расположение баз	Тип баз	База		
Позиция						
Переход	Расположение обрабатываемых поверхностей	Профиль обрабатываемой поверхности	Точность обработки	Допуски расположения и формы		Технические требования
Рабочий ход	Величина припуска под обработку	Глубина резания	Точность обработки	Требования к шероховатости		Требования чертежа

Таблица 2 - Матрица ограничений "вспомогательный инструмент"

	Требования чертежа	Характеристика объекта обработки	Условия выполнения	Признаки способа обработки	Средства технологической обработки	Количественные ограничения
1	2	3	4	5	6	7
Технологический процесс	Присоединительная поверхность (со стороны станка)	Геометрические параметры поверхности	Соответствие поверхностей			Для станка с ЧПУ или с механическими связями
Операция	Дополнение рабочей зоны	Пределы дополнения рабочей зоны	Габарит вспомогательного инструмента		Наличие регулировки	Технико-технологические ограничения

1	2	3	4	5	6	7
Установ						Предел регулировки инструмента
Позиция	Присоединительная поверхность (со стороны инструмента)	Геометрические параметры поверхности	Соответствие поверхностей			
Переход						
Рабочий ход						

Матрица ограничений по станку составляется аналогичным с представленными матрицами способом.

Так на каждом структурном уровне матриц выделяются те ограничения, которые имеют максимальное влияние на выбор вспомогательного инструмента.

Автоматизированный выбор осуществляется поэтапным наложением соответствующих ячеек матриц исходных данных и ограничений.

Все характеристики могут быть представлены в виде множеств:

$$I = \langle X_1, X_2 \dots X_n \rangle, \text{ где} \quad (1)$$

$X_1, X_2 \dots X_n$ - множества признаков: тип станка, дополнение рабочей зоны и т.д.

Задача сводится к последовательному подбору, соответствующих заданным ограничениям характеристик, которые представляют из себя некоторое множество  $X$ .

$$X = \{x_1; x_2 \dots x_n\} \quad (2)$$

Выбор осуществляется путем отбора соответствующих заданным ограничениям альтернатив. Для этого из каждого множества  $X$  составляется множество уровня  $a$ .

$$A_a = \{x; x \in X\} \quad (3)$$

Функция принадлежности множества  $a$  находится как:

$$\mu_a(x) = a, \text{ где} \quad (4)$$

$a$  – диапазон, заданный ограничением.

Диапазоны задаются поэтапно. Например, рабочая зона станка по оси  $y$  равна 300 мм, высота установленной оснастки равна 120 мм, высота детали равна 40 мм, допустимый вылет инструмента равен 40 мм, тогда

$$a \leq 100 \text{ мм.}$$

**Заключение.** В представленной работе с помощью метода, разработанным авторами [1 с. 129] были определен перечень ограничений по детали, станку и вспомогательному инструменту, которые позволяют осуществлять подбор вспомогательного инструмента на примере фрезерных операций. Данный метод может применяться и для операций другого типа.

**Список литературы**

1. *Симонова Л.А., Руднев М.П.* Интегрированное информационное обеспечение процесса управления технологическими маршрутами в рамках ERP-системы / Л. А. Симонова, М. П. Руднев. — Москва: Academia, 2005. — 285 с.
2. *Цветков В.Д.* Система автоматизации проектирования технологических процессов / В.Д. Цветков. — М.: Машиностроение, 1972. — 254 с.
3. *Аверченков А.В.* Автоматизация распознавания и идентификации конструкторско-технологических элементов деталей в интегрированных САПР: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Аверченков. — Брянск, 2004.
4. *Горанский Г.К.* Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства / Г.К. Горанский.

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

2.3.5.

**Э.К. Алиев, М.В. Южаков, Р.Р. Нуриев, Р.Р. Зарипов, Г.А. Гареева канд. педагог. наук**

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им.А.Н. Туполева-КАИ,  
кафедра информационных систем,

Набережные Челны, al1v3prod@gmail.com, mikasa1max@gmail.com, gagareeva1977@mail.ru

### ОПТИМИЗАЦИЯ И ГЛУБОКАЯ НАСТРОЙКА GPU АДАПТЕРА

*В данной статье описывается процесс оптимизации GPU адаптера от производителя NVIDIA, без каких либо потерь в производительности. Весь процесс описан путём использования программного обеспечения nvidiaProfileInspector и панели управления nvidia. Функционал данного программного обеспечения позволяет изменить дополнительные и скрытые настройки видеокарты.*

Ключевые слова: *оптимизация, игровая индустрия, нейросети, видеокарта, видеоадаптер, GPU, график, бенчмарк, температура, чип, частота, NVIDIA, nvidiaProfileInspector, панель управления nvidia, мониторинг, производитель.*

В век новых технологий и роста цен, оптимизация требует тщательного подхода, поскольку большинство производителей комплектующих для компьютера не занимаются разгоном и настройкой мелких деталей под нужды потребителей. Целью производителей комплектующих является внедрение передовых и новых технологий для того, чтобы обогнать своих конкурентов, а настройкой под нужды занимается сам потребитель [1].

Видеокарта (видеоадаптер, видеопроцессор, графический ускоритель) — устройство, предназначенное для вывода изображения на экран монитора. Карта формирует «картинку» из полученных от процессора данных и передает ее на монитор [2].

Графический процессор (GPU или Graphics Processing Unit) — это один из видов микропроцессоров. Он управляет памятью видеокарт и ускоряет вывод графики на экран устройства. Графические процессоры используются в видеокартах персональных компьютеров, ноутбуках, смартфонах, игровых консолях и суперкомпьютерах [3].

В данной статье исследование проводилось на графическом процессоре RTX 2060 Super, работающем на чипе TU106 в исполнении компаний GIGABYTE.

В случае с компаниями иных производителей, видеоадаптер от GIGABYTE имеет более высокую розничную цену и заводскую калибровку. Остальные же видеокарты имеют низкую себестоимость за счет использования дешевых материалов в производстве.

Первым шагом в реализации оптимизации видеочипа станет установка и первое открытие приложения – «Панель управления NVIDIA» Результаты предоставлены на рисунке 1.

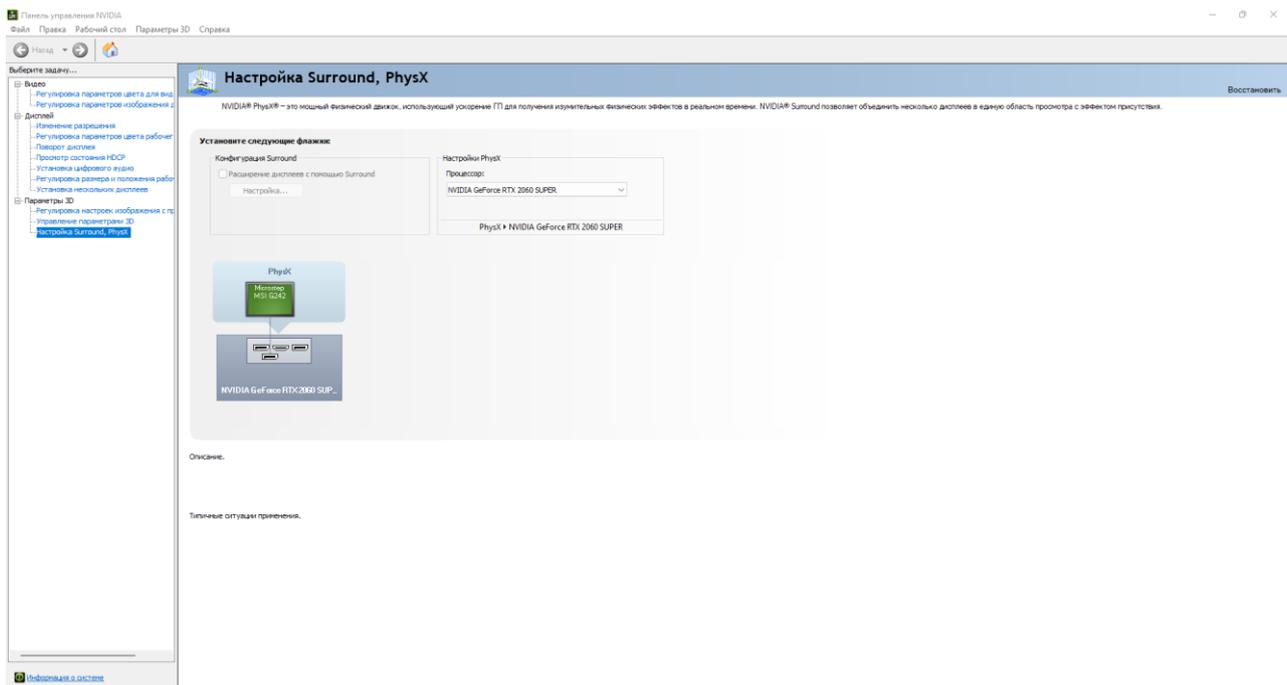


Рис. 1 – Результат установки «Панель управления NVIDIA»

Из рисунка 1 видно, что в данном приложении можно подробно изучить дополнительные настройки видеокарты, производителем которых является NVIDIA, а также изменить их под свой вкус и цвет.

Следующим шагом будет переход к непосредственной установке программного обеспечения – «nvidiaProfileInspector».

Следующим шагом является момент комплексной настройки видеокарты. Фиксируем значение FPS (Frames Per Second) в исходном состоянии. В данном исследовании 71 – максимальное значение, 31 – минимальное значение. Результат представлен на рисунке 2.

```
71/31 fps (0 updates) T: 100 fancy fancy-clouds B: 2 GPU: 65% sh  
Integrated server @ 6 ms ticks, 11 tx, 148 rx
```

Рис 2. – Максимальное количество кадров в секунду без использования P2 state

Из приведенной статистики (рис. 2) видно, что в исходном состоянии видеокарта выдает не более чем 71 кадр в секунду (в дальнейшем – фрейм[ов]).

Видеокарты NVIDIA могут работать в нескольких режимах, которые называются GPU Performance State Interface (P-State). Существует 16 режимов — от P0 до P15. Режим P0 самый производительный, а P15 наоборот — максимально малопроизводительный (и в теории самый энергоэффективный).

По умолчанию опция CUDA Force P2 state включена. Если выключить — видеокарта сможет работать в режимах P1 и P0, которые больше требуют энергии, а также вызывают повышенный нагрев. В связи с отключением данной функции в nvidiaProfileInspector, прирост фреймов составляет 50-100%. Результат теста представлен на рисунке 3.

```
147/85 fps (0 updates) T: inf fast fast-clouds B: 2 GPU: 91% sh  
Integrated server @ 4 ms ticks, 2 tx, 134 rx
```

Рис. 3 – Максимальное количество кадров в секунду без использования P2 state

После чего, при поддержке каких-либо G-SYNC на мониторе, отключаются все связанные с этим словом настройки в «Панели управления NVIDIA» и «nvidiaProfileInspector» (рис. 4).

2 - Sync and Refresh		
Flip Indicator	Disabled	0x00000000
Frame Rate Limiter - Background Application	Off	0x00000000
Frame Rate Limiter V3	Off	0x00000000
GSYNC - Application Mode	Fullscreen only	0x00000001
GSYNC - Application Requested State	Allow	0x00000000
GSYNC - Application State	Allow	0x00000000
GSYNC - Global Feature	On	0x00000001
GSYNC - Global Mode	Fullscreen only	0x00000001
GSYNC - Indicator Overlay	Off	0x00000000
GSYNC - Support Indicator Overlay	Off	0x00000000
Maximum Pre-Rendered Frames	1	0x00000001
Preferred Refreshrate	Highest available	0x00000001
Triple Buffering	Off	0x00000000
Ultra Low Latency - CPL State	On	0x00000001
Ultra Low Latency - Enabled	Off	0x00000000
Vertical Sync	Use the 3D application setting	0x60925292
Vertical Sync - Smooth AFR Behavior	Off	0x00000000
Vertical Sync - Tear Control	Standard	0x96861077

Рис. 4 – Настройка G-SYNC

Не стоит забывать, что все настройки и манипуляции с видеоадаптером проводятся в индивидуальном порядке и снимают гарантию с комплектующего. В случае потери стабильности в работе системы необходимо нажать кнопку сброса [4].

Следующим шагом является настройка Ultra Low Latency Mode для видеокарт производителя NVIDIA. Данная настройка несет в себе лишь позитивный характер и никак не навредит компьютеру, ведь это всего лишь новая разработка на основе нейронных сетей [5].

Данная разработка служит в качестве вертикальной синхронизации – исключительно при потере некоторых кадров. Например, при резких движениях исчезают фантомные блики и свечения, при быстром передвижении мыши в шутерах не будут видны обрывки соперника, кадры будут дорисовываться нейронной сетью, которая также позволяет снизить нагрузку на GPU и убрать с очереди все ранее подготовленные кадры, которые в свою очередь порождают мелкие зависания и задержку ввода. Результаты настройки представлены на рисунке 5.

Ultra Low Latency - CPL State	On	0x00000001
Ultra Low Latency - Enabled	Off	0x00000000
Vertical Sync	Use the 3D application setting	0x60925292
Vertical Sync - Smooth AFR Behavior	Off	0x00000000
Vertical Sync - Tear Control	Standard	0x96861077

Рис. 5 – Настройка Ultra Low Latency Mode

В данном режиме работы с использованием вышеприведенных настроек – получается прирост в среднем 150-300%, все зависит от комплектующих компьютера, для каждого индивидуально. В случае данного исследования прирост составил 255% - (71/31) на (359/175) фреймов.

В результате данного исследования представлен процесс оптимизации GPU адаптера от производителя NVIDIA, без каких либо потерь в производительности. Весь процесс описан путём использования программного обеспечения nvidiaProfileInspector и панели управления nvidia. Функционал данного программного обеспечения позволяет изменить дополнительные и скрытые настройки видеокарты.

Такой подход потребуется для потребителей, которые хотят вынести из GPU-адаптера максимум FPS (кадров в секунду), для комфортной и плавной картинки в играх. Также количество кадров в секунду очень сильно влияет на задержку отображения картинки и ввода информации с мыши, трекпада, клавиатуры, геймпада и других периферийных устройств. Чем выше данное значение, тем ниже задержка вывода изображения на экран, а также задержка ввода данных с периферии. В большинстве случаев такие манипуляции проводят киберспортсмены, которым даже мелкая проблема с выводом картинки может стоить не только тысяч, но и миллионов рублей.

**Список литературы**

1. Юрий Валерианов. Графическая эволюция // Computer Bild: журнал. — 2011. — 23 мая (№ 11). — С. 38—41.
2. Скотт Мюллер. Модернизация и ремонт ПК = Upgrading and Repairing PCs. - 19 изд. - М.: «Вильямс», 2011. – 662 с.
3. Алексей Берилло, Андрей Воробьёв. Обзор видеоускорителей Nvidia GeForce RTX 2060 Super / RTX 2070 Super: яркое обновление в семействе RTX //ixbt.com от 18 июля 2019 года URL: <https://www.ixbt.com/3dv/nvidia-geforce-rtx-2060-super-rtx-2070-super-review.html>
4. Гареева Г.А., Хамидуллин М.Р., Южаков М.В., Нуриев Р.Р., Фархутдинов Р.Ф. Снижение энергопотребления графического процессора путём регулирования напряжения // Научно-технический вестник Поволжья. - № 11, 2022г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2022. – С.163-166.
5. Зозуля Ю.Н. Разгон и оптимизация компьютера на 100%: практическое руководство / Ю. Н. Зозуля. - Санкт-Петербург: Питер, 2010. - 320 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1775965>

2.3.5.

**Е.М. Дворникова, О.А. Исабекова канд. эконом. наук**

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,  
Институт информационных технологий,  
кафедра математического обеспечения и стандартизации информационных технологий,  
Москва, e.m.dvornikova@gmail.com

### **АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕТЕРИНАРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

*Статья посвящена анализу публикаций в области разработки Единой ветеринарной информационной системы с целью выявления актуальности ее разработки. В качестве источника публикаций была выбрана единая библиографическая и реферативная база данных рецензируемой научной литературы Scopus. В качестве инструмента для анализа и построения терминологических карт использовалась интеллектуальная система обработки больших данных VOSviewer.*

Ключевые слова: *ветеринарная информационная система, интеллектуальная система, VOSviewer, ветеринария, обработка больших данных.*

*Введение.* В настоящее время в мире происходит стремительное развитие информационных технологий, как следствие, тотальная цифровизация всего общества. Цифровизация затрагивает все сферы жизнедеятельности: экономику, производство, энергетику, сельское хозяйство, образование, здравоохранение и т.д. Однако уровень цифровизации в сфере ветеринарии остается низким.

Животные являются переносчиками заболеваний, которые являются опасными в том числе и для человека. Одним из таких заболеваний является бешенство. Согласно статистике ВОЗ ежегодно в мире от бешенства погибает более 55 тысяч человек [1]. Поэтому одной из важнейшей проблем в настоящее время является повышение качества оказания ветеринарных услуг. Одним из способов решения проблемы может служить Единая ветеринарная информационная система (ЕВИС), которая позволит повысить уровень цифровизации в отрасли.

Анализ публикационной активности по проблеме разработки Единой ветеринарной информационной системы на международном уровне позволит выявить степень изученности и сферы развития данной темы.

*Методы исследования.* В качестве источника научных публикаций была использована реферативная база данных рецензируемой научной литературы Scopus [2]. При поиске публикаций в данной системе проводится анализ не только ключевых слов, но и текста статей.

Анализ публикаций проводился по ключевым словам «unified veterinary information system» (единая ветеринарная информационная система), «veterinary information system» (ветеринарная информационная система), «zoonoses» (зоонозы). Поиск научной литературы по данным ключевым словам позволит получить наиболее широкую базу публикаций для анализа.

Сложность обработки данных заключается в том, что они могут различаться как с точки зрения формата, так и с точки зрения структуры. Существует множество систем позволяющих проводить анализ большого количества данных. В качестве инструмента для анализа публикаций выбрана интеллектуальная система обработки больших данных VOSviewer [3]. Данное программное обеспечение позволяет сортировать информацию о статьях по авторам, странам, году публикации, количеству цитирований. Кроме того, VOSviewer визуализирует данные о публикациях в виде терминологических карт, благодаря которым, можно наглядно оценить векторы развития темы, публикационную активность по годам и странам.

*Исследование.* Был проведен анализ статей по сочетанию слов «unified veterinary information system» (единая ветеринарная информационная система), стоит отметить, что по данным ключевым словам было найдено только 8 публикаций (рис. 1).

Среди авторов полученных публикаций можно выделить Fischer S., Roos D.S., Stoeckert Jr.C.J., Gildeeva G.N., Belostotsky, A.V., у каждого автора по 2 публикации.

Среди стран по количеству публикаций выделяются США (3 публикации) и Россия (2 публикации).

При анализе полученной терминологической карты становится видно, что все статьи можно разделить на 2 кластера. Первый кластер содержит статьи, связанные с разработкой генетической базы данных, которая содержит информацию о простейших. Об это свидетельствуют ключевые слова «genetic database», «protozoa», «apicomplexa». Во втором кластере собраны статьи, содержащие обзор способов обработки и анализа ветеринарных данных. Об этом свидетельствуют ключевые слова «system integration», «information processing», «nomenclature», «public health», «review», «medical information», «veterinary medicine».

Первые статьи, связанные с единой ветеринарной информационной системой, были опубликованы в 2006 году.

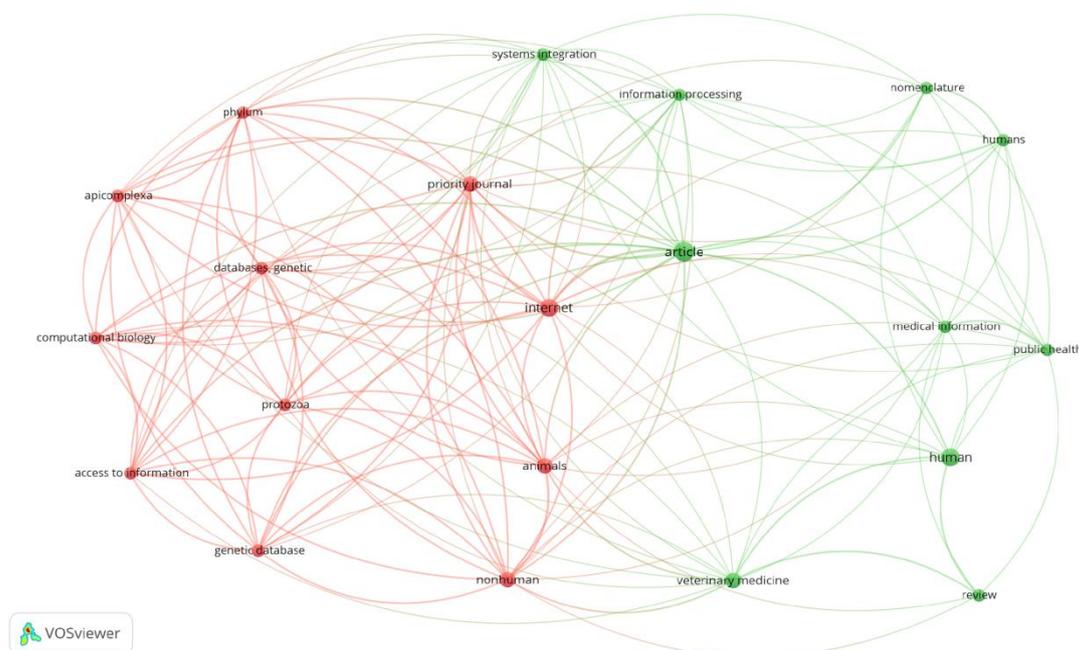


Рис. 1 – Карта частоты использования ключевых слов по сочетанию «unified veterinary information system»

При анализе статей по сочетанию слов «veterinary information system» (ветеринарная информационная система) было получено 4260 публикаций по данным ключевым словам (рис. 2).

Среди авторов можно выделить Zhang Y. (12 публикаций), Wang Y. (11 публикаций), Liu Y. (10 публикаций), Li C. (9 публикаций), Zhang H. (9 публикаций), Li Y. (8 публикаций), Ward M.P. (8 публикаций).

Среди стран на первых местах по количеству публикаций по данной теме находятся США (540 публикаций), Великобритания (230 публикаций), Китай (156 публикаций), Бразилия (134 публикации), Италия (127 публикаций). В Российской Федерации насчитывается только 26 публикаций по данной теме.

При анализе полученной терминологической карты выявлено, что все статьи по теме ветеринарной информационной системы можно разделить на 5 кластеров. Рассмотрим наиболее крупные кластеры.

Первый кластер содержит статьи, которые рассматривают разработку ветеринарной системы как решение проблемы распространения зоонозов и возникновения эпидемии, о чем



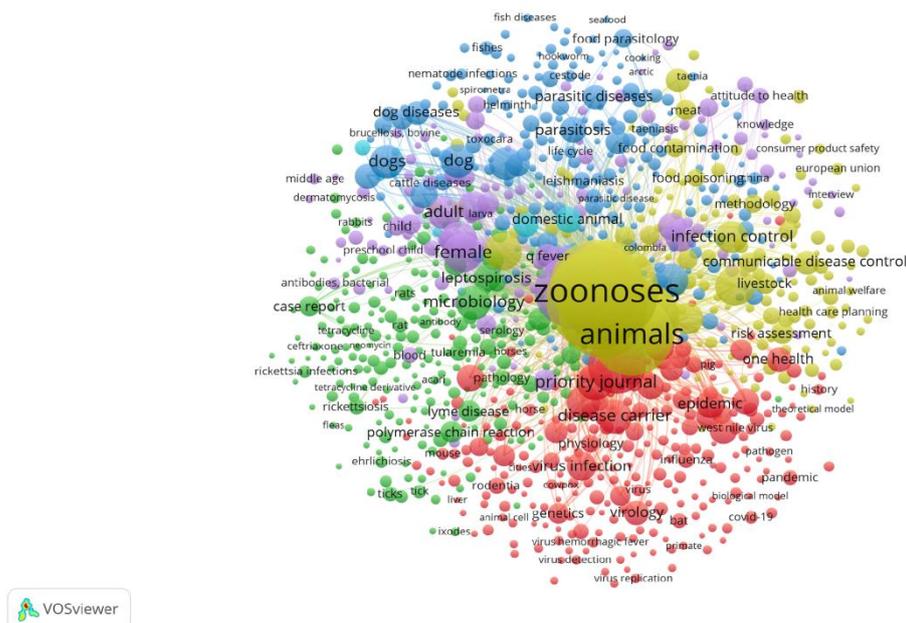


Рис. 3 – Карта частоты использования ключевых слов по сочетанию «zoonoses»

### Результаты

1. При конкретизации темы количество публикаций значительно уменьшается, так при поиске по сочетанию «unified veterinary information system» (единая ветеринарная информационная система) было найдено 8 публикаций, «veterinary information system» (ветеринарная информационная система) было найдено 4260 публикаций, «zoonoses» (зоонозы) было найдено 38459 публикаций.

2. Тема разработки единой ветеринарной информационной системы исследуется, в основном, за рубежом. Передовой страной в изучении проблемы разработки единой ветеринарной информационной системы и распространения зоонозов является США.

3. Первые статьи, содержащие ключевые слова «veterinary information system» (ветеринарная информационная система) были опубликованы в 2019 году, при этом количество публикаций в настоящее время только возрастает.

4. Анализ ключевых слов найденных публикаций показал, что тема ветеринарной информационной системы рассматривается с различных сторон, при этом не в одном кластере не встречаются слова «международная» или «единая».

Все вышесказанное доказывает малоизученность темы создания Единой ветеринарной информационной системы, и разработка такой системы будет актуальна.

### Список литературы

1. В Роспотребнадзоре рассказали, сколько человек умирает от бешенства. Как защитить себя от смертельной инфекции // Российская газета URL: <https://rg.ru/2022/09/28/v-rosпотреbnadzore-rasskazali-skolko-chelovek-umiraet-ot-beshenstva.html>
2. Scopus – поиск документа URL: <https://www.scopus.com/>
3. VOSviewer Visualizing scientific landscapes. // Universiteit Leiden, CWTS Meaningful metrics URL: <https://www.vosviewer.com/>

2.3.5.

**С.Ю. Лунева, П.С. Павлов**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
институт «Компьютерные науки и прикладная математика»,  
кафедра «Математическая кибернетика»,  
Москва, LunevaSY@mai.ru

### **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ**

*В статье рассматривается задача составления расписания вуза. Для ее решения предложено использование нейросетевых методов. Создана типовая структура для обработки данных из файлов. Разработанное программное обеспечение хорошо масштабируется при обработке большого массива данных.*

Ключевые слова: *искусственные нейронные сети, Python, составление учебного расписания, обучение с учителем.*

#### **Введение**

С необходимостью использовать расписание сталкивается практически каждый человек на протяжении всей жизни: это расписание работы учреждений, движения транспорта и т.д. Особую роль играет расписание в учебных заведениях, так как оно является важным элементом учебного процесса и играет значимую роль в успешном формировании учебной деятельности.

Для нахождения формального алгоритма решения задачи составления расписания вуза необходимо рассмотреть структуру расписания, множество данных, наличие ограничений и условий.

Так при составлении расписания вуза обязательными ограничениями являются:

- отсутствие незанятых занятий («окон»);
- соответствие аудитории, в которой проходит занятие, типу проводимого занятия;
- ограничение на количество занятий, проводимых в один день;
- неукоснительное проведение занятий, запланированных и утвержденных учебным

планом.

К дополнительным ограничениям относятся:

- комфортность условий обучения, заключающаяся в минимизации переходов между корпусами и аудиториями, и подбор аудиторий, которые лучше подходят к типу проводимых занятий;

- учет пожеланий преподавателей;
- равномерная нагрузка студентов на протяжении учебного дня и всего семестра.

Также при составлении следует учесть большое количество учебных групп (от нескольких десятков до нескольких тысяч в зависимости от вуза), большое количество аудиторий и их специализацию, и другие факторы.

Анализ задачи составления расписания вуза показал, что с учетом всех требований данная задача является плохо формализуемой, а, соответственно, процесс ее решения достаточно сложно реализуемым. В данной работе предлагается использование нейросетевого подхода для решения данной задачи.

### Математическая модель

Для составления математической модели расписания обозначим исходные данные. Предлагается структурировать данные в предикаты при следующих обозначениях:

- учебные аудитории:  $A_1, A_2, \dots, A_{nA}$ ;
- учебные дисциплины:  $P_1, P_2, \dots, P_{nP}$ ;
- преподаватели:  $C_1, C_2, \dots, C_{nC}$ ;
- учебные группы:  $G_1, G_2, \dots, G_{nG}$ ,

где  $nA$  количество аудиторий,  $nP$  количество дисциплин,  $nC$  количество преподавателей,  $nG$  количество учебных групп. Описанные множества тесно взаимосвязаны с собой, их можно представить в виде функции, отображающей декартово произведение множеств:  $S = A \times P \times C \times G$ .

Между множествами «группа», «дисциплина», «преподаватель» существует тесная связь. Группы изучают дисциплины, которые ведут конкретные преподаватели. Данную тройку предлагается объединить в один объект «учебная пара» отображенный на рис. 1.

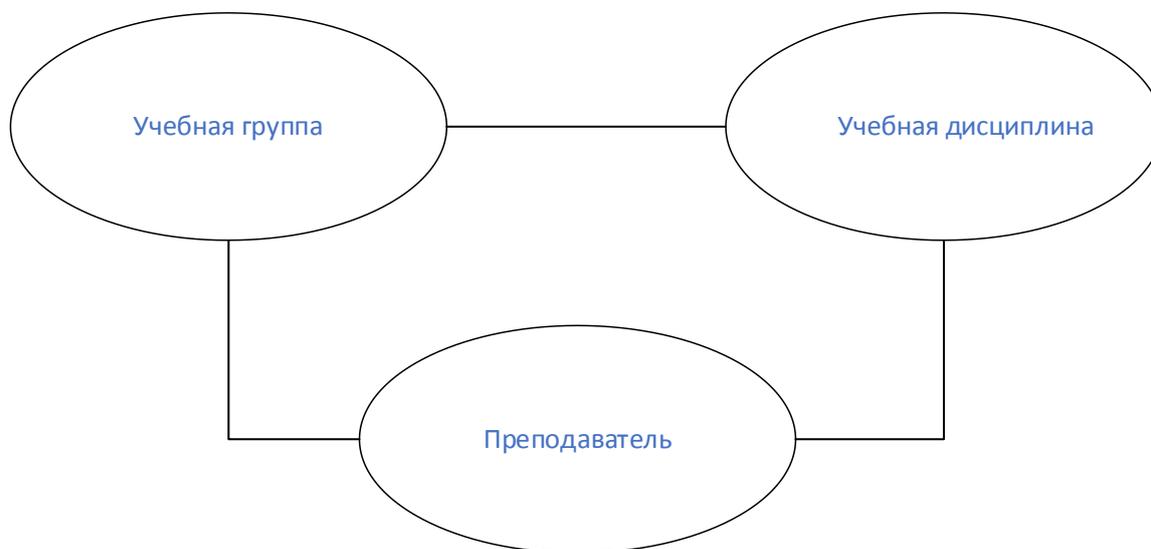


Рис. 1 – Учебная пара

Каждому элементу предикатов соответствует один нейрон, который будет возбуждаться при выборе конкретного значения из множеств. Возбужденные нейроны на входном слое посылают сигнал остальным нейронам на скрытые слои, которые в свою очередь передадут сигнал на выходной слой.

Выходное значение нейрона (без учета функции активации) определяется следующей формулой

$$S = \sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot W_{ij} + b,$$

где  $n$  – количество входов нейрона;  $x_{ij}$  –  $i$ -вход нейрона на  $j$ -том слое;  $W_{ij}$  – вес  $i$ -го нейрона на  $j$ -ом слое. Весовые коэффициенты предполагается определить случайным образом.

### Описание решения задачи

Имеется вектор входных значений нейрона  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , матрица весов  $W$  и вектор смещения  $b$ . Требуется найти вектор  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  выходных значений. Задача может быть решена в виде  $y = f(W^T \cdot x + b)$ , где  $f$  – функция активации.

Определим вид используемой нейронной сети, функцию активации и оптимизирующий алгоритм, а также метод, по которому нейронная сеть определяет, в какой день следует назначить учебную пару.

Для решения поставленной задачи используем многослойный персептрон Розенблатта, архитектура которого представлена на рис. 2 [1].

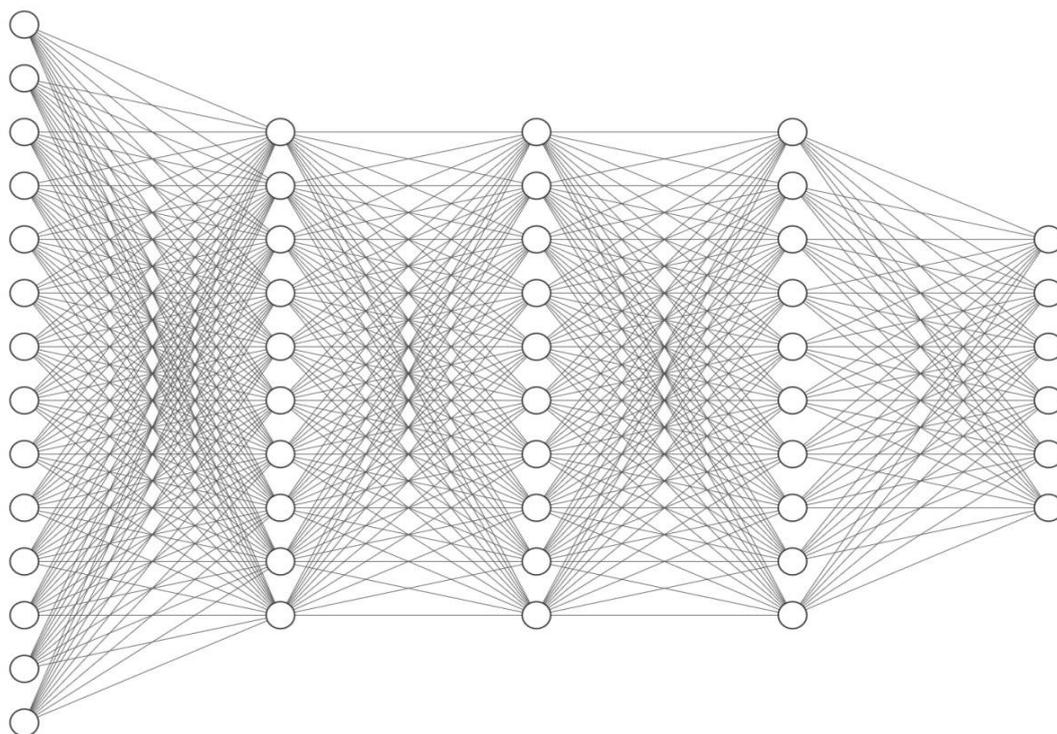


Рис. 2 – Архитектура нейронной сети

Наиболее часто в качестве активационных функций применяются: сигмоида, гиперболический тангенс, выпрямленная линейная функция активации (rectified linear unit, ReLU) [2], [3]. Выбор активационной функции зависит от того какую задачу выполняет нейронная сеть, и конечный выбор определяется на практике.

Применим функцию активации – ReLU, представленную в виде

$$f(z) = \begin{cases} 0, & z < 0 \\ z, & otherwise \end{cases}$$

или

$$f(z) = \max(0, z).$$

В качестве оптимизирующего алгоритма предлагается алгоритм Adam. Если при рассмотрении выходного слоя определенная ячейка выходного вектора будет иметь наибольшее числовое значение, то это будет означать, что нейронная сеть предполагает поставить в этот день учебную пару.

#### **Входные и выходные данные**

Входными данными является таблица со столбцами: «Учебная группа», «Предмет», «Преподаватель», «Аудитория», «День недели», «Номер пары». Далее из таблицы выбрасывается «Учебная группа», и оставшиеся данные кодируются методом One-Hot Encoding. Закодированные столбцы «Предмет», «Преподаватель», «Аудитория» являются входными данными. Закодированные столбцы «День недели» и «Номер пары» являются обучающими данными.

#### **Заключение**

Для задачи составления расписания вуза разработано программное обеспечение на языке Python [4].

Для обучения и тестирования нейросети был составлен набор данных, состоящий из 11 групп 2 курса. Для решения задачи применялся многослойный персептрон Розенблатта с активационной функцией ReLU и оптимизирующим алгоритмом Adam. Набор данных был разбит на обучающую и тестовую выборку (75% и 25% соответственно). При проверке точности работы нейросети для одной из групп лишь один предмет (пара) был назначен неверно (не соответствовал данным из тестовой выборки), на тестовой выборке возникло больше ошибок, что объясняется тем, что указанные данные не использовались для обучения нейросети. Пример сгенерированного расписания представлен на рис. 3.

Предмет	Преподаватель	Аудитория	День недели	Номер пары
Философия	Шевцов Александр Викторович	ГУК Б-654	Пн	1
Математический практикум	Лебедева Мария Витальевна	Орш. Б-304	Пн	1
Теория вероятностей и математическая статистика	Осокин Андрей Владимирович	ГУК Б-652	Пн	2
Теория вероятностей и математическая статистика	Осокин Андрей Владимирович	ГУК А-210	Пн	3
Иностранный язык	Волкова Елена Борисовна	3-236	Пн	3
Математический практикум	Муравей Леонид Андреевич	3-131	Вт	1
Математический анализ	Иванова Елена Павловна	ГУК Б-450	Вт	2
Философия	Рыбаков Андрей Вячеславович	3-419	Вт	4
Операционные системы и архитектура компьютеров	Семенов Александр Сергеевич	3-429	Чт	2
Безопасность жизнедеятельности	Палыга Руслан Борисович	3-429	Чт	3
Математический анализ	Иванова Елена Павловна	ГУК Б-654	Чт	4
Экономическая теория	Бояр-созонович Андрей Станиславович	Орш. Б-304	Пт	1
Фундаментальные алгоритмы	Романенков Александр Михайлович	Орш. Б-304	Пт	2
Экономическая теория	Бояр-созонович Андрей Станиславович	Орш. В-505	Пт	3
Физика	Решетников Вячеслав Анатольевич	Орш. Б-304	Пт	4
Физика	Решетников Вячеслав Анатольевич	Орш. Б-304	Пт	4
Операционные системы и архитектура компьютеров	Семенов Александр Сергеевич	Орш. Б-333	Сб	3
Фундаментальные алгоритмы	Ирбитский Илья Сергеевич	Орш. Б-333	Сб	3

Рис. 3 – Пример сгенерированного расписания

В дальнейшем предлагается рассмотреть работу сети на значительно большем наборе данных, что повысит количество верно назначенных предметов (пар).

#### Список литературы

1. Rosenblatt F. The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain / F. Rosenblatt // Psychological Review. – 1958. – N 65. – pp. 386-408.
2. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с: ил.
3. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. – М.: РиС, 2014. – 496 с.
4. Бизли Д. Python. Подробный справочник. – М.: Символ, 2010. – 858 с.

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

2.3.6.

**И.В. Влацкая, К.Р. Джукашев**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,  
факультет математики и информационных технологий,  
кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения  
информационных систем,  
Оренбург, irina.vlatskaya@yandex.ru, dzhukashev@gmail.com

**ЭФФЕКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ**

*В данной статье рассматриваются изменения, внесенные в федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 29.06.2015, которые устанавливают переход на отечественное программное обеспечение. Рассматриваются возможности эффективного обучения программированию специалистов в области информационной безопасности, а именно проведен анализ и выбор языков программирования и средств разработки в условиях импортозамещения.*

Ключевые слова: *языки программирования, средства разработки, импортозамещение.*

В целях обеспечения информационной безопасности страны и в рамках импортозамещения президентом РФ в июне 2015 года был внесен закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» 1. В рамках этого закона был создан единый реестр российских программ для ЭВМ и БД для государственных компаний 2, а в ноябре было подписано постановление, ограничивающая закупку госкомпаний на закупку ПО, не содержащегося в реестре 3.

Весной 2022 года многие крупные разработчики ПО покинули рынок России, в их числе такие компании как Microsoft, Adobe, Oracle, SAP и прочие ключевые игроки. Некоторые поставщики приостановили свою деятельность по продаже и поставке ПО, но при этом оставили за собой исполнение текущих обязательств по ранее заключенным контрактам. Такой подход все равно создает проблему по использованию ПО после окончания срока договора, кроме того на установленные программы перестают приходить обновления, что снижает уровень информационной безопасности.

В рамках реализации высшего профессионального обучения по информационной безопасности, в том числе и направления 10.05.01 «Компьютерная безопасность», вопрос замещения иностранного ПО стоит, пожалуй, даже острее. Обучающиеся на данных направления студенты являются не только простыми пользователями, но разработчиками защищенного ПО. В связи с этим перед нами стоит вопрос в выборе не только программ, но и средств их разработки и выбора информационных систем, под которые это ПО будет разрабатываться.

С учетом анализа операционных систем, представленных в Едином реестре<sup>2</sup>, очевидно, что все существующие на сегодняшний день отечественные операционные системы, такие как Alt Linux, Red OS, Astra Linux и прочие, относятся к семейству Linux-систем. Поэтому в качестве основной платформы для разработки и целевой системы для ПО мы будем рассматривать операционную систему на базе ядра Linux.

Если с платформой разработки вопрос достаточно просто и однозначен, то с выбором языка программирования существует много разных статистик и рейтингов. Популярность языка в среде разработчиков является важным фактором, т.к. популярность означает большую поддержку сообществом и наличие хороших информационных ресурсов по языку.

Проведя анализ рейтингов языков на разных площадках, таких как ТЮВЕ (рейтинг, созданный на основе интернет запросов пользователей в поисковых системах)<sup>4</sup>, StackOverflow Annual Survey (статистика самого популярного сайта по программированию)<sup>5</sup>, JetBrains (статистика о самых популярных и быстрорастущих языках среди разработчиков)<sup>6</sup>, GitHub (тренд языков среди разработчиков, использующих сервис контроля версий ПО)<sup>7</sup> и HH.ru (количество требуемых вакансий разработчиков) наиболее популярными и востребованными на сегодняшний день являются языки C/C++, C#, Java и Python. Рассмотрим основные достоинства и недостатки данных языков при обучении программирования студентов.

**Языки программирования C/C++** будем рассматривать вместе, т.к. язык C++ является прямым наследником языка C, языки имеют общий похожий синтаксис, при этом язык C++ содержит ряд новых возможностей. При этом язык C++ не является полной заменой языка C: код скомпилированный компилятором C++ может работать не так, как тот же код, скомпилированный компилятором C.

К достоинствам языков C/C++ можно отнести:

1. Языки широко распространены для разработки системного программного обеспечения: операционных систем, драйверов, встраиваемых приложений, в частности ядро Linux систем написано именно на языке C. Языки одновременно являются языками высокого и низкого уровня: в них имеется возможность напрямую работать с аппаратным обеспечением и напрямую управлять ресурсами компьютера. Код написанный на C/C++ обладают высокой скоростью работы и является более эффективным, чем программный код на других языках.

2. Языки имеют множество реализаций, в том числе, что для нас немаловажно, открытого и свободно распространяющегося. Например, в Linux системы встроен компилятор GNU Compiler Collection (GCC). При этом все существующие компиляторы удовлетворяют едиными стандартам комитета ISO, что делает язык кроссплатформенным.

3. Язык C++ поддерживают множество парадигм программирования: структурное, объектно-ориентированное, обобщенное программирование. Имеет достаточно большую стандартную библиотеку STL, содержащую в себе функции обработки строк, ввода-вывода, алгоритмов обработки массивов, работы с регулярными выражениями и многопоточности.

Однако наряду с достоинствами, языки обладают рядом недостатков:

1. Высокий порог вхождения и высокие требования к уровню программиста. Язык C/C++ является минималистичным по изначально заложенным своим возможностям, внедрение нового функционала осложняется большой кодовой базой языка и необходимостью обратной совместимости. Язык предоставляет большие возможности по управлению работы аппаратного обеспечения, вместе с тем исполняемый код является небезопасным и может привести к сбою в работе системы при ошибках в его написании. В языке отсутствует сборщик мусора: за выделение и освобождение ресурсов системы отвечает программист, но данный факт можно считать и достоинством (например, в системах реального времени сборщик мусора не допустим).

2. Отсутствие некоторых возможностей современных языков программирования, таких как рефлексивное метапрограммирование или функциональное программирование, что не дает применять эти языки в задачах искусственного интеллекта или оптимизации программного кода. Также язык C++ критикуют за излишне сложную модель наследования объектов.

3. Время разработки и объем кода на языке C/C++ в среднем больше, чем на более современных языках (C#, Java, Python), в тоже скорость работы кода на C/C++ в среднем выше и меньше потребляемой памяти.

**Язык программирования C#** был разработан компанией Microsoft как замена языка C++, и предназначен для разработки приложений прежде всего под Windows. Из достоинств языка стоит отметить:

1. Безопасность и кроссплатформенность программного кода. Язык C# является прикладным языком программирования для CLR (исполняемая среда для байт-кода) на

платформе .NET, что обеспечивает единообразную работу на всех компьютерах.

2. Обладает большим функционалом по разработке оконных графических приложений в Windows. Имеется возможность быстрой разработки средствами визуального программирования.

К недостаткам языка стоит отнести:

1. Язык является проприетарным: разработкой стандартов и реализацией языка занимается компания Microsoft. Язык изначально создавался и заточивался под операционную систему Windows

2. Для работы программного кода требуется .NET Framework – программная платформа для реализации СIL-кода, полученного из кода, написанного на C#. Программы, написанные на C# требовательны к ресурсам ПК и работают достаточно медленно по сравнению с другими языками.

3. Отсутствует возможность разработки системных программ, драйверов или программирования микроконтроллеров. Язык предназначен для разработки прикладных программ высокого уровня.

**Язык программирования Java** разработан компанией Sun Microsystem. Разработкой и спецификацией языка занимается сообщество, а сам язык и технологии для работы с ним распространяются по лицензии GPL. Приложение, написанное на языке Java, транслирует в байт-код, который можно запустить на любой системе при наличии в этой системе JVM (Java Virtual Machine – виртуальной Java-машины).

К достоинствам языка можно отнести:

1. Полная независимость исполнения программного кода от операционной системы и аппаратного обеспечения. Безопасность исполняемого кода, выполнение которого контролируется JVM.

Недостатками языка можно назвать:

1. Высокая требовательность к ресурсам ПК: из-за использования виртуальной машины код написанный на Java работает медленнее, чем к примеру, на C/C++ или C#, и при этом потребляет больше памяти.

2. Также, как и C#, Java предназначен для разработки приложений, и не имеет возможностей для создания системных программ.

**Язык программирования Python** на сегодняшний день является наиболее популярным языком программирования по многим рейтингам. Python является интерпретируемым скриптовым языком программирования предназначенный для быстрой разработки программ.

Из достоинств языка стоит отметить:

1. Язык распространяется под собственной лицензией Python Software Foundation License, который является совместимым с лицензией свободного программного обеспечения GPL. Имеет множество реализаций компилятора, в том числе и свободных, Python предустановлен в большинстве дистрибутивов Linux.

2. Имеет гибкую модульную структуру с возможностью добавление новых библиотек и скриптов, что позволяет легко использовать язык в задачах анализа данных, искусственного интеллекта, веб-разработки. При этом время разработки программы на Python значительно меньше, чем на других языках.

3. Также иногда к достоинствам языка относят легкость обучения данному языку из-за простого синтаксиса. Однако это касается лишь освоения базовых функций и написания простейших программ.

К недостаткам языка можно отнести:

1. Главный недостаток языка Python – это скорость работы программ, написанных на нем. Язык является интерпретируемым, что значительно увеличивает время работы программного кода. Существуют пакеты и другие ухищрения по оптимизации скорости выполнения кода, но это требует дополнительных усилий и квалификации.

2. В большинстве реализаций Python встроен GIL (Global Interpreter Lock – глобальный блокировщик интерпретатора). Данный механизм не позволяет эффективно

распараллеливать вычислительные процессы в многопоточном программном коде.

3. Несмотря на принцип меньшего удивления, программный код может иметь неочевидное поведение. Также некоторые архитектурные решения встречаются только в языке Python и могут ввести в заблуждение программиста до этого работающего с другими языками.

Как видно из проведенного анализа одного универсального языка программирования не существует, поэтому имеет смысл проводить комплексное изучение языков с указанием их сильных и слабых сторон и областями их применений. Основным и первым языком для изучения имеет смысл сделать язык C/C++. В дальнейшем рассмотреть разработку приложений с графическим интерфейсом на примере языка Java (язык C# не подойдет из-за разработки под Windows и проприетарной лицензии). Кроме того, в рамках отдельных курсов или факультативно проводить изучения языка Python для быстрой разработки.

Также стоит выбрать наиболее подходящую среду разработки. Среди наиболее распространенных сред для выбранных языков программирования можно выделить для языков C/C++: C++ Builder, Visual Studio, QT Creator, Dev-C++, MonoDevelop; для Java – Eclipse, NetBeans, MonoDevelop; для Python – IDLE, PyCharm. С учетом требований к операционной системе и открытости исходного кода рассмотрим только IDE подходящие под условия импортозамещения.

**MonoDevelop** – свободная среда разработки (IDE) для создания приложений, написанных на языках C, C++, Java, C#, .NET и прочих. Программа распространяется под лицензией GNU GPL, т.е. проект свободно распространяется и имеет открытый исходный код. По сути MonoDevelop является открытым аналогом проприетарной среды разработки Visual Studio, но имеет открытый код и работает под Linux.

**QT Creator** – свободная среда разработки (IDE) для создания приложений, написанных на языках C, C++, JavaScript. Программа распространяется под лицензией GNU GPL, и представляет собой фреймворк Qt для разработки графических интерфейсов с использованием QtWidgets.

**NetBeans IDE** – свободная IDE для разработки на языках Java, Python, C, C++ и других. Платформа базируется на Java Virtual Machine, поэтому является кроссплатформенной и может запускаться на операционных системах семейства Linux. Среда разработки распространяется под лицензией Apache License 2.0, которая позволяет использовать открытый исходный код с возможностью его копирования и изменения, за исключением названия.

**PyCharm** – кроссплатформенная среда разработки, предназначенная для разработки приложений на Python. Программа разработана компанией JetBrains и имеет несколько версий: Professional, распространяемой по проприетарной лицензии, и Community Edition, распространяемый по Apache License 2.0.

Кроме полноценных IDE, для разработки можно использовать и специализированные текстовые редакторы с дополнительными модулями.

**Visual Studio Code** – кроссплатформенный текстовый редактор, разработанный компанией Microsoft. Представлен под двумя лицензиями: сам проект разрабатывается как проект с открытым исходным кодом под лицензией MIT, но готовая сборка уже распространяется под проприетарной лицензией.

**Geany** – среда разработки с открытым исходным кодом, распространяемый под лицензией GNU GPL. Программа является кроссплатформенной и не включает в себя компилятор, но позволяет подключать к проекту внешний компилятор, установленный в системе (например, GCC).

Все рассмотренные программы удовлетворяют условиям импортозамещения, как свободно распространяемые программы с открытым исходным кодом.

Таким образом, импортозамещение в области программного кода как достоинства, так и недостатки. Из достоинств стоит отметить увеличение независимости разрабатываемого кода и повышение его безопасности, особенно в госсекторе. С другой стороны, приходится

менять привычные средства разработки и искать компромиссы, но как мы видим такие средства разработки представлены и неплохо развиты.

#### ***Список литературы***

1. Федеральный закон от 29.06.2015 г. № 188-ФЗ. О внесении изменений в Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и статью 14 Федерального закона «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» / Администрация президента России, Мск., 2023. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39838> (дата обращения 06.03.2023)
2. Реестр программного обеспечения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://reestr.digital.gov.ru> (дата обращения 06.03.2023)
3. Об установлении запрета на допуск иностранного программного обеспечения при закупках для государственных и муниципальных нужд. / Правительство Российской Федерации, Москва, 2023. URL: <http://government.ru/docs/20650/> (дата обращения 06.03.2023)
4. TIOBE Programming Community Index Definition [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения 06.03.2023)
5. Stack Overflow Developer Survey 2022 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://survey.stackoverflow.co/2022/#technology-most-popular-technologies> (дата обращения 06.03.2023)
6. The State of Developer Ecosystem in 2022 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.jetbrains.com/lp/devecosystem-2022/> (дата обращения 06.03.2023)
7. Octoverse 2022: The state of open source [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://octoverse.github.com/> (дата обращения 06.03.2023)

2.3.6.

**И.В. Влацкая, К.Р. Джукашев**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,  
факультет математики и информационных технологий,  
кафедра компьютерной безопасности и математического обеспечения  
информационных систем,  
Оренбург, irina.vlatskaya@yandex.ru; dzhukashev@gmail.com

### **АНАЛИЗ ВЕКТОРОВ КИБЕРАТАК НА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СИСТЕМЫ**

*В данной статье рассматриваются основные виды кибератак на прикладные программные системы. Рассмотрены уязвимые места и пути взлома со стороны хакеров. Представлены платформы для отработки приемов защиты от кибератак.*

Ключевые слова: *кибератака, кибербезопасность, брутфорс, удаленный запуск скриптов, SQL-инъекции, CSRF, работа с сессиями.*

В последнее время количество атак на различные информационные ресурсы увеличивается. Причем, это касается не только сайтов, социальных сетей, банковских систем, но и государственных ресурсов. Мы привыкли к цифровизации нашего общества и уже не представляем себя вне цифрового мира. Время, проведенное в сети Интернет иногда соизмеримо с нашим рабочим временем. А это означает, что в сети находится большое количество личных и коммерческих данных.

Никто не знает, в чьих руках могут оказаться эти данные. Трудно предположить, каким образом поступит злоумышленник, получивший доступ к конфиденциальной информации. Поэтому, для частных коммерческих организаций, для государственных предприятий, а также для физических лиц защита конфиденциальных данных является практически самой актуальной проблемой [1].

Больше всего компрометации подвергаются различные сайты. Проблема в том, что многие сайты предлагают пользователю заполнить некоторую регистрационную форму: фамилия, имя, отчество, дата рождения, номер телефона, e-mail. Бывает и так, что информации запрашивается гораздо больше, следовательно, пользователю может быть нанесен существенный ущерб. Все зависит от того, какие именно данные были похищены. Если украдены критически важные данные, например, банковские карты, то, конечно, будут попытки совершения хищения средств. А в случае кражи других персональных данных мошенники могут осуществить множество незаконных действий, включая вход в личный кабинет на портале Госуслуг, а также в банковские приложения, откуда потом могут совершить вывод материальных средств со счетов.

В случае утечки данных организация может потерять доход, базу данных клиентов, а также получить иск со стороны клиентов, личные данные которых были скомпрометированы. В некоторых случаях, утечка данных приносит репутационные потери.

Можно выделить основные направления кибератак на систему [2]:

- brute-force;
- удаленный запуск скриптов (выполнение команд);
- SQL-инъекции;
- CSRF;
- работа с сессиями.

Далее рассмотрим каждую атаку и механизм ее работы более подробно.

Brute-force (метод грубой силы или атака полным перебором) – метод решения математических задач, при котором перебираются все возможные решения. Термин brute-force обычно применяется по отношению к хакерским атакам, когда злоумышленник

подбирает логин и пароль для доступа к учетной записи. Поиск необходимой комбинации происходит до момента совпадения и этот поиск можно автоматизировать с помощью специальных программы. От длины пароля зависит вероятность взлома аккаунта. Чем длиннее пароль пользователя, тем ниже вероятность взлома.

В основном брутфорс используют для получения следующих данных:

- конфиденциальные сведения, документы или персональные данные;
- аккаунт в соцсети, информацию из личных переписок;
- аккаунт в онлайн-игре, цифровую валюту;
- интеллектуальную собственность.

Также злоумышленники рассылают спам, продают базы взломанных аккаунтов, вымогают деньги и совершают другие различные противоправные действия.

Теперь рассмотрим такой вектор атак, как удаленный запуск скриптов (выполнение команд). Некоторые средства предоставляют удобный режим, а некоторые – только слепой запуск команд, не предоставляющих результат.

Выполнение команд – это атака с целью выполнения произвольных команд через уязвимое приложение в операционной системе хоста. Такие атаки возможны в случае передачи приложением небезопасных пользовательских данных (формы, файлы cookie, HTTP-заголовки и т.д.) в системную оболочку.

SQL-инъекции – это метод, который представляет собой формирование SQL-запросов на web-странице. Часто web-страницы, направляют SQL-запрос к базе данных, используя те параметры, которые получают пользователи на просторах Интернета. Особенно это проявляется при аутентификации пользователя. Предположим существует web-страница, содержащая аутентификационную информацию(имя и пароль). Система производит SQL-запрос к базе данных для проверки наличия пользователя зарегистрированного с таким именем и паролем. Высока вероятность того, что можно получить нужную информацию, применив SQL-инъекцию с несуществующим именем и паролем, которая изменит SQL-запрос.

Интерес представляют CSRF-атаки. Такие атаки могут быть реализованы в силу того, что браузеры не различают, действительно ли пользователь совершил то или иное действие. Браузер не различает, например, такие действия как нажатие кнопки на форме или выполнение перехода по ссылке. Иногда пользователь выполняет какое-то действие случайно, быстро логинится на другом ресурсе, а ошибочный ресурс продолжает свои действия.

Защититься от этих атак позволяют токены. Токен представляет собой случайный набор байтов (рандомный). Этот набор сервер передает клиенту, а клиент, в свою очередь, возвращает его серверу. Принцип защиты заключается в проверке токена, сгенерированного сервером, и токена, который прислал пользователь.

Токены должны удовлетворять определенным требованиям:

- уникальные, одноразовые токены для каждой операции;
- размер токена имеет значение, поэтому токены должны быть большого размера;
- токен должен иметь малое время жизни;
- токен генерируется криптографически стойким генератором псевдослучайных чисел.

Самый распространенный и простой подход – это хранение токена на стороне сервера:

1. токен генерируется во время старта сессии на стороне сервера;
2. токен находится в хранилище данных сессии;
3. токен возвращается клиенту в ответ на первоначальный запрос.

При рендеринге на базе сервера токен может возвращаться в контейнере HTML, например, внутри <meta>-тега или как одно из полей формы.

В случае возвращения ответа для JS-приложения токен передается в header. Обычно для такой передачи используют X-CSRF-Token.

Во время дальнейшего выполнения запросов клиенту необходимо передать токен серверу для выполнения проверки. В случае совпадения токенов можно сделать вывод, что CSRF-атаке запрос не подвергся, в ином случае – отклоняем запрос.

Далее рассмотрим такой вектор атаки, как работа с сессиями.

Существует два вида таких атак:

1. Перехват сессии. Существует два способа хранения идентификатора сессии: в адресной строке и в куках. Второй вариант является более надежным, чем первый. При этом следует отметить, что поддаются взлому оба варианта. Именно такой взлом и называется «перехват сессии».

Предположим, что идентификатор хранится в URL сайта. Зарегистрированный пользователь, просматривает некоторые страницы сайта, далее решает поделиться с кем-то интересующей ссылкой. Если пользователь публикует ссылку, он передает её сессии со своим идентификатором. Если на сайте нет дополнительных мер защиты, то при переходе по этой ссылке новый пользователь уже будет авторизован под первым пользователем, если сессия еще не завершилась. Далее можно делать на сайте все, что угодно от опубликовавшего ссылку лица.

С куками дела обстоят гораздо сложнее, но и их можно легко перехватить. Очень часто сайты не фильтруют браузерные скрипты при публикации информации пользователями. Взломщик размещает вредоносный скрипт на странице. Авторизованный пользователь заходит на страницу, после чего скрипт считывает адресную строку или куки и передает на другой сайт идентификатор сессии, который принадлежит взломщику. Далее вводится адрес страницы сайта с нужным идентификатором сессии или поддельваются куки.

2. Взлом сессии. При старте сессии происходит создание файлов сессии во временной директории. Обычно при использовании виртуального хостинга у всех сайтов на сервере используется общая временная папка для хранения сессий. Злоумышленник при наличии аккаунта на этом же сервере посредством вредоносного скрипта выполняет считывание данных сессии, в результате чего крадется вся персональная информация, от пароля к аккаунту до данных банковской карты.

Рассмотрим несколько платформ, использующих системы оценки защищенности от кибератак [3]:

1. Standoff365;
2. Cyber Polygon.

Standoff365 – платформа для поиска уязвимостей и путей реализации недопустимых событий. Хакеры тренируют навыки, а компании развивают киберустойчивость.

Cyber Polygon – инициатива компании BI.ZONE (экосистема Сбера), проходит при поддержке Центра кибербезопасности Всемирного экономического форума, а также Интерпола.

В таблице представлены преимущества и недостатки анализируемых систем генерации атак:

Таблица – Анализ систем генерации атак.

Название	Преимущества	Недостатки
Standoff365	Наглядность	Действует не всегда автоматически, часто необходима помощь оператора
	Кибертренировки нон-стоп	Нет предварительной подготовки
	Оплата за найденную уязвимость	
Cyber Polygon	Актуальная тематика проводимых киберучений	Отсутствие оплаты за найденную уязвимость
	Знакомство с лучшими практиками крупнейших корпораций по защите от киберугроз	Проводится в отведенные временные рамки
	Бесплатное участие	

Рассматриваемые киберполигоны обладают как рядом преимуществ, так и рядом недостатков. Разработчики данных платформ не могут создать универсальную систему под каждого пользователя и под его потребности.

На данный момент открытым доступом имеется большое количество литературы, научных статей, различных публикаций по методам защиты конфиденциальных данных. Теоретически эти методы можно освоить, но ведь необходимо и подкреплять теоретические знания практикой. Вследствие этого необходимо создать площадку для отработки практических навыков в области кибербезопасности.

Мы предлагаем собственную систему для отработки возможных кибератак, инфраструктура которой представлена на рисунке 1.

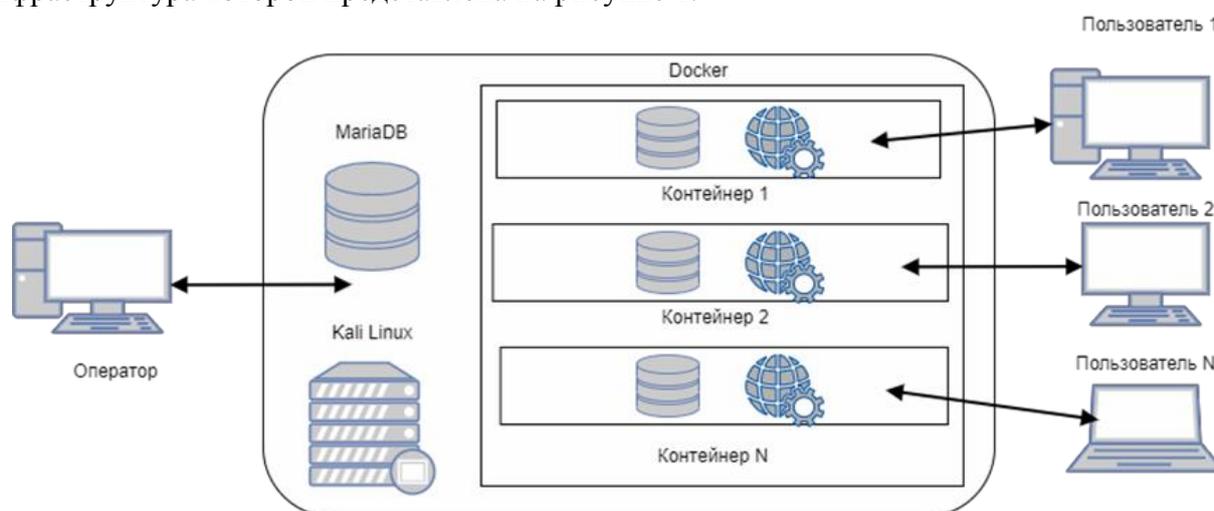


Рис. 1 – Инфраструктура системы

Используется клиент-серверная архитектура. Подсистема генерации атак располагается на основном сервере, а также сервер подсистемы управления. Используются в качестве операционной системы Kali Linux. Подсистема управления основана на фреймворке Django. В качестве базы данных используется MariaDB.

Приложения, используемые в качестве целей системы атак, развертываются как контейнеры Docker. Они имеют собственную изолированную среду – пользователи имеют возможность подключаться к ним по протоколу SSH и выполнять изменения по своему усмотрению. При возникновении проблем может быть создан и запущен новый контейнер.

В качестве пользовательских машин и машин операторов могут быть использованы персональные компьютеры, рабочие станции, ноутбуки.

Система эмулирует атаки на инфраструктуру и оценивает результат их проведения, но таким образом от действий пользователя реальная система не затрагивается. В случае отказа одного из контейнеров можно сразу же развернуть новый.

Конечными пользователями (потребителями информации) являются обучающиеся по специальности 10.05.01 Компьютерная безопасность.

Система устанавливается на отдельный ПК, предполагается одновременное подключение множества пользователей к ней через выделенные клиентские машины. Структурно эта автоматизированная система является автономной, так как ее инфраструктура основана на работе локальной сети.

#### **Список литературы**

1. Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». [Электронный ресурс] // 2022. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24157>
2. Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК России. [Электронный ресурс] // 2022. – Режим доступа: <https://bdu.fstec.ru/threat>
3. Обзор рынка киберполигонов. [Электронный ресурс] // 2022. – Режим доступа: [https://www.anti-malware.ru/analytics/Market\\_Analysis/Cyber-Polygons#part52](https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/Cyber-Polygons#part52)

АННОТАЦИИ  
ABSTRACTSА.М. Базарова, К.В. Рочев  
КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ  
ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ НА ИХ УСПЕВАЕМОСТЬ ДЛЯ  
ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ  
КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

*Ключевые слова:* образование, успеваемость, студент, факторы влияния, результативность.

*В статье проводится анализ факторов, которые оказывают определенное влияние на оценки студентов. Для обработки статистических данных сделана выборка за 20 лет. Рассмотрены кросс корреляции успеваемости по группам дисциплин. В качестве основных параметров для более детального рассмотрения выбраны: средний балл и результаты защит дипломов. Проведен регрессионный анализ их зависимостей от различных факторов таких как гражданство, семейное положение, возраст. В общей сложности, анализ был проведен по 24 тыс. студентов. Проанализировав данные по оценкам, можно построить мат модель влияния рассмотренных факторов на учебный процесс и сделать вывод о том, насколько соответствующая среда влияет на студентов, что позволит университетам разработать план дальнейших улучшений разных аспектов студенческой жизни.*

А.В. Бердников, М.М. Тюрина, Р.С. Зарипова  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ  
ФОРМПАРАМЕТРА ВЕКТОРКАРДИОГРАММЫ ОТ  
АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ

*Ключевые слова:* модель, векторкардиограмма, формпараметр. В работе предложена математическая модель формпараметра векторкардиограммы (ВЭКГ), зависящая от амплитудно-временных характеристик электрокардиограммы (ЭКГ), направленная на повышение метрологических характеристик каналов векторкардиографов, применяемых для исследования пространственной динамики электрического поля сердца.

А.В. Волков, М.В. Кудашкина, Т.А. Захватова  
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
НАТРИЕВОЙ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ЗА СЧЕТ  
ЯВЛЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА

*Ключевые слова:* математическая модель, акустический резонанс, натриевая лампа высокого давления, проводимость лампы.

*Сегодня обнаружение явления акустического резонанса остается достаточно серьезным вопросом, который требует детальной проработки. Отсутствует понимание физической причины возникновения данного явления, которое создало бы надежную математическую модель. Для оценки возникновения акустического резонанса часто используется сигнатурный анализ по параметрам разряда.*

*Чтобы экспериментально получить акустический резонанс, частота питания должна быть равна частоте акустического резонанса самой лампы. Однако на самом деле, чтобы преодолеть быстрое затухание волны, мощность, подаваемая на этой частоте, должна превышать пороговое значение. Данное значение не является априори известным; чтобы определить его, нужно чтобы это значение оставалась ниже критического порога. Также следует определить влияние частоты появления акустического резонанса на основные параметры лампы.*

*В статье представлены результаты математического моделирования процесса возникновения акустического резонанса в натриевой лампе высокого давления и оценки влияния этого явления на основные электрические параметры лампы.*

А.М. Bazarova, K.V. Rochev  
CORRELATION ANALYSIS OF THE STUDENT'S LIFE  
FACTORS INFLUENCE ON THEIR ACADEMIC  
PERFORMANCE TO BUILD A MATHEMATICAL MODEL  
FOR ASSESSING THE QUALITY OF EDUCATION

*Keywords:* education, academic performance, student, factors of influence, performance.

*The article is analyzed life factors which have a significant impact on students' grades. Sampling includes statistical data for the past 20 years. The cross-correlations analysis shows the progress made by groups in different disciplines. A detailed analysis is based on the main criteria such as the average score and the results of diploma thesis defenses. A regression analysis was carried out to establish correlation between such variables as citizenship, marital status and age. The data was obtained from 24 thousand students in total. As a result of the analysis, a mathematical model was built to demonstrate the influence of the life factors on the educational process and draw a conclusion about how much the corresponding environment affects students, which will allow universities to develop a plan for further improvements in various aspects of student life.*

A.V. Berdnikov, M.M. Tyurina, R.S. Zaripova  
MATHEMATICAL MODELLING OF  
VECTORCARDIOGRAM FORM-PARAMETER  
DEPENDENCE ON AMPLITUDE-TIME  
CHARACTERISTICS OF ELECTROCARDIOGRAM

*Keywords:* model, vectorcardiogram, form parameter.

*In this paper we propose a mathematical model of vectorcardiogram (VECG) form-parameter that depends on amplitude-time characteristics of electrocardiogram (ECG). The aim is to increase metrological characteristics of vectorcardiogram channels used to investigate spatial dynamics of the heart electric field.*

A.V. Volkov, M.V. Kudashkina, T.A. Zakhvatova  
SIMULATION OF HIGH PRESSURE SODIUM LAMP  
PARAMETERS CHANGING DUE TO THE PHENOMENON  
OF ACOUSTIC RESONANCE

*Keywords:* mathematical model, acoustic resonance, high pressure sodium lamp, lamp conductivity.

*Today the detection of the phenomenon of acoustic resonance remains a rather serious issue that requires detailed study. There is no understanding of the natural cause of this phenomenon, which would be based on the use of a mathematical model. Signature analysis based on the discharge parameters is often used to assess the occurrence of acoustic resonance.*

*To experimentally obtain acoustic resonance, the power frequency must be equal to the frequency of the acoustic resonance of the lamp itself. However, in reality, in order to overcome the wave's rapid decay, the power supplied at that frequency must exceed a threshold value. This value is not known a priori; to determine it, it is necessary that this value remains below the critical threshold. In addition, the influence of the frequency of acoustic resonance occurrence on the main parameters of the lamp should be determined.*

*The article presents the mathematical modeling results of the process of acoustic resonance occurrence in a high-pressure sodium lamp and an assessment of the effect of this phenomenon on the main electrical parameters of the lamp.*

Х.М. Гукетлов, А.Х. Баджмук, А.М. Баккуев, И.А. Оришев  
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА  
СВЕТОПРОПУСКАНИЯ ТОЧЕЧНОГО ЗЕНИТНОГО ФОНАРЯ  
ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ ОТ ПРЯМОЙ  
СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СОЛНЦА

*Ключевые слова:* коэффициент светопропускания,  
искусственный небосвод, зенитный точечный фонарь,  
математическое планирование эксперимента.

На основе проведенных экспериментальных исследований с использованием метода физического моделирования под искусственным небосводом НИИСФ г. Москва и метода математического планирования эксперимента была получена аналитическая зависимость коэффициента светопропускания от прямой составляющей солнечного света, характеризующая взаимосвязь высоты стояния солнца, геометрических и светотехнических параметров точечных зенитных фонарей.

H.M. Guketlov, A.Kh.Badzhmuk, A.M.Bakkuev, I.A.Orishev  
ON THE QUESTION OF DETERMINING THE LIGHT  
TRANSMISSION COEFFICIENT OF A RECTANGULAR  
POINT ANTI-COVERAGE LAMP FROM THE DIRECT  
COMPONENT OF THE SUN

*Keywords:* light transmission coefficient, artificial sky,  
antiaircraft spotlight, mathematical planning of experiment.  
On the basis of the experimental studies carried out using the method of physical modeling under the artificial sky of the NIISF, Moscow and the method of mathematical planning of the experiment, an analytical dependence of the light transmission coefficient on the direct component of sunlight was obtained, which characterizes the relationship between the height of the sun, the geometric and lighting parameters of point antiaircraft lamps.

Е.В. Гусев  
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ  
НАДЕЖНОСТИ АППАРАТУРЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО  
АППАРАТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Ключевые слова:* постепенные отказы, внезапные отказы,  
распределение времени восстановления время восстановления,  
коэффициент готовности, работоспособное состояние,  
сложная техническая систем, техническое обслуживание.

В работе рассмотрен вопрос по разработке математической модели оценки основных количественных показателей надежности восстанавливаемых систем летательного аппарата на основе метода статистического моделирования. Предложен алгоритм и блок-схема по нахождению (прогнозированию) показателей надежности систем летательного аппарата.

E.V. Gusev  
DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR  
ASSESSING THE RELIABILITY OF AIRCRAFT  
EQUIPMENT BASED ON THE STATISTICAL MODELING  
METHOD

*Keywords:* gradual failures, sudden failures, recovery time  
distribution, recovery time, availability factor, operational  
condition, complex technical systems, maintenance.

The paper considers the issue of developing a mathematical model for assessing the main quantitative indicators of reliability of restored aircraft systems based on the statistical modeling method. An algorithm and a flowchart for finding (predicting) indicators of reliability of aircraft systems are proposed.

С.В. Ерохин, В.А. Левин  
НЕОДНОРОДНОЕ УРАВНЕНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ  
ВЯЗКОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ

*Ключевые слова:* математическое моделирование, неоднородное  
дифференциальное уравнение, дробная производная Римана-  
Лиувилля, преобразование Лапласа

Рассматривается неоднородное уравнение ползучести, возникающее из обобщенной модели Фойгта, содержащее дробную производную Римана-Лиувилля порядка  $0 < \beta < 1$ . Для численного решения используется преобразование Лапласа.

S.V. Erokhin, V.A. Levin  
INHOMOGENEOUS CREEP EQUATION FOR  
VISCOELASTIC MATERIALS

*Keywords:* Riemann–Liouville fractional derivative;  
nonhomogeneous fractional differential equation; viscoelastic  
materials, generalized Voigt model

We consider an inhomogeneous creep equation arising from a generalized Voigt model containing a Riemann-Liouville fractional derivative of the order  $0 < \beta < 1$ . The Laplace transform is used for the numerical solution.

В.А. Иванов  
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОТДАЧИ В  
СИСТЕМЕ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Ключевые слова:* плотность теплового потока, температура  
недогрева охлаждающей жидкости, массовая скорость потока,  
адиабатическое и диабатическое кипение.

В системе жидкостного охлаждения двигателей внутреннего сгорания возможно существование всего спектра режимов теплоотдачи от свободно-конвективного теплообмена до теплообмена в диабатическом вскипающем потоке. Точное определение режима теплоотдачи необходимо по ряду причин, из которых главная – правильный выбор конструктивных решений для управления температурным уровнем охлаждаемых деталей и поверхностей трения. Критерии для определения режимов теплоотдачи разработаны недостаточно. Предложенная физико-математическая модель позволяет определить условия, при которых теплоотдача в полостях охлаждения осуществляется либо в режиме однофазной вынужденной конвекции, либо в режиме поверхностного кипения. В качестве варьируемых величин выбраны массовая скорость теплоносителя (воды) и другие термодинамические параметры, входящие в выражение для массовой скорости.

V.A. Ivanov  
MODELING OF HEAT TRANSFER MODES IN THE  
LIQUID COOLING SYSTEM OF INTERNAL  
COMBUSTION ENGINES

*Keywords:* heat flux density, coolant underheating  
temperature, mass flow velocity, adiabatic and diabatic  
boiling.

In the liquid cooling system of internal combustion engines, the existence of the entire spectrum of heat transfer modes from free-convective heat exchange to heat exchange in a diabatic boiling stream is possible. Precise determination of the heat transfer mode is necessary for a number of reasons, of which the main one is the correct choice of design solutions for controlling the temperature level of cooled parts and friction surfaces. The criteria for determining the heat transfer modes are not sufficiently developed. The proposed physical and mathematical model allows us to determine the conditions under which heat transfer in the cooling cavities is carried out either in the mode of single-phase forced convection or in the mode of surface boiling. The mass velocity of the coolant (water) and other thermodynamic parameters included in the expression for the mass velocity are chosen as variable values.

Р.З. Хайруллин  
ОБ ОДНОЙ ТЕРМОДИНАМИКО – МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ  
АНАЛОГИИ

*Ключевые слова: средство измерений, метрология, термодинамика, диффузионная модель.*

*Установлена термодинамико – метрологическая аналогия между функцией распределения температуры в однородном бесконечном стержне и функцией плотности условной вероятности распределения определяющего параметра средства измерений. Проведен анализ термодинамической и метрологической модели.*

R.Z. Khayrullin  
ABOUT ONE THERMODYNAMIC – METROLOGICAL  
ANALOGY

*Keywords: measuring instrument, metrology, thermodynamics, diffusion model.*

*A thermodynamic – metrological analogy is established between the temperature distribution function in a homogeneous infinite rod and the density function of the conditional probability distribution of the determining parameter of the measuring instrument. The analysis of the thermodynamic and metrological model is carried out.*

Е.Г. Царькова  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ  
ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В ВЕДОМСТВЕННОМ СЕКТОРЕ  
ПЛАТФОРМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

*Ключевые слова: математическая модель, государственное управление, платформа обратной связи, ведомственный сегмент, Федеральная служба исполнения наказаний, обращения граждан, система массового обслуживания, задача оптимального управления.*

*Целью исследования является решение актуальной задачи построения оптимальной стратегии управления надежностью ведомственного сегмента платформы обратной связи (ВС ПОС) при приеме и рассмотрении обращений граждан в электронной форме. Для обеспечения заданного уровня надежности ВС ПОС с учетом имеющихся ресурсов целесообразно рассмотреть предложенную в работе задачу оптимального управления и ее решение с применением численных методов.*

E.G. Tsarkova  
MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF  
PROCESSING CITIZENS' APPEALS IN THE  
DEPARTMENTAL SEGMENT OF THE FEEDBACK  
PLATFORM

*Keywords: mathematical model, public administration, feedback platform, departmental segment, Federal Penitentiary Service, citizens' appeals, queuing system, optimal management problem*

*The aim of the study is to solve the urgent problem of building an optimal strategy for managing the reliability of the departmental segment of the feedback platform when receiving and considering citizens' appeals in electronic form. To ensure a given level of reliability of the system, taking into account the available resources, it is advisable to consider the optimal control problem proposed in the paper and solve it using numerical methods to find an approximate solution.*

В.В. Афанасьев, В.Г. Давыдов  
ФОРМИРОВАНИЕ И ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ПОДАВЛЕНИЕ  
ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ ДИСКРЕТНО-  
НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ДМИТРИЕВА-КИСЛОВА

*Ключевые слова: избирательное подавление, псевдослучайный сигнал, система Дмитриева-Кислова.*

*Разработаны средства формирования псевдослучайных сигналов на основе дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова. Обоснован выбор параметров системы для обеспечения хаотического режима и получены оценки статистических, спектральных и корреляционных характеристик псевдослучайных сигналов, формируемых дискретно-нелинейной системой Дмитриева-Кислова. Разработаны средства избирательного подавления псевдослучайных сигналов дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова. Исследовано влияние вариаций шага временной дискретизации и отношения с/ш на эффективность избирательного подавления сигналов дискретно-нелинейной системы Дмитриева-Кислова.*

V.V. Afanasiev, V.G. Davydov  
GENERATION AND SELECTIVE SUPPRESSION OF  
PSEUDO-RANDOM DISCRETE-NONLINEAR DMITRIEV-  
KISLOV SYSTEM SIGNALS

*Keywords: selective suppression, pseudo-random signal, Dmitriev-Kislov system.*

*The pseudo-random signals generators on the basis of discrete-nonlinear Dmitriev-Kislov system are developed. The system parameters choice for maintenance of a chaotic discrete-nonlinear system mode is proved. The estimations of statistical, spectral and correlation characteristics of the pseudo-random discrete-nonlinear Dmitriev-Kislov system signals are received. The selective suppression of pseudo-random discrete-nonlinear Dmitriev-Kislov system signals are developed. The influence of variations of parameters of time sampling and the s/n ratio on efficiency of selective suppression of discrete-nonlinear Dmitriev-Kislov system signals are investigated.*

Ю.А. Бальбердин, Е.К. Тахтилов  
ОРГАНИЗАЦИЯ ВИЗУАЛЬНО-КОГНИТИВНОГО  
ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МЫШЛЕНИЯ  
СПЕЦИАЛИСТОВ

*Ключевые слова: неслучайное мышление, онтологическое моделирование, базы знаний, искусственный интеллект, поддержка принятия решений.*

*В работе представлен подход к цифровизации проектного поиска. Создание проактивного помощника инженера в виде онтологического программного обеспечения и базы знаний - возможно. Данный подход применим для анализа, неслучайного поиска, генерации технических решений и поиска противоречий в технических системах.*

Y.A. Balyberdin, E.K. Takhtilov  
ORGANIZATION OF VISUAL AND COGNITIVE SPACE  
FOR SUPPORT OF SPECIALISTS THINKING

*Keywords: non-random thinking, ontological modeling, knowledge bases, artificial intelligence, decision support.*

*The work presents an approach to digitalization of project search. It is possible to create a proactive assistant engineer in the form of ontological software and a knowledge base. This approach is applicable for analysis, non-random search, generation of technical solutions and search for inconsistencies in technical systems.*

А.В. Ганичева, Ю.Т. Фаринюк, А.В. Ганичев  
АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОРТФЕЛЯ ИНВЕСТИЦИЙ

*Ключевые слова: риск, нечеткая доходность, треугольные нечеткие числа, эластичность, коррелированность составляющих портфеля.*

A.V. Ganicheva, Yu.T. Farinyuk, A.V. Ganichev  
ANALYSIS OF THE MATHEMATICAL MODEL OF  
INVESTMENT PORTFOLIO DIVERSIFICATION

*Keywords: risk, fuzzy profitability, triangular fuzzy numbers, elasticity, correlation of portfolio components.*

*The article develops a method for calculating the elasticity of a*

*В статье разработан метод расчета эластичности нечеткого инвестиционного портфеля. Рассмотрен вопрос, как из эластичности портфеля следует математическая модель нечеткой диверсификации. Исследована коррелированность составляющих инвестиционного портфеля и ее влияние на диверсификацию.*

И.Б. Гинзбург, Ю.Н. Кондрашов, О.Л. Смирнов  
ИЗУЧЕНИЕ БИБЛИОТЕК ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В СРЕДЕ JUPYTERLAB

*Ключевые слова: дистанционное обучение, лабораторный практикум, проблемы дистанционного обучения, Python, Project Jupyter, математические расчеты.*

*В статье проанализированы потребности дистанционного обучения при проведении лабораторных и практических занятий по использованию языка программирования Python для математических расчетов и визуализации полученных результатов. Предложено решение задачи обеспечения проведения дистанционного обучения с использованием веб-приложения и программных модулей для математических расчетов, установленных на сервере. Это позволяет эффективно проводить занятия без дополнительных программных средств, кроме стандартного веб-браузера, на стороне клиента.*

С.И. Киселев, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына, Л.З. Гумерова,  
Г.Н. Аглямзянова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ НА  
ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*Ключевые слова: машинное обучение, интеллектуальный анализ данных, искусственные нейронные сети, случайный лес.*

*В работе исследуется возможность применения методов машинного обучения для анализа цен на недвижимость. Стоимость недвижимости прогнозируется на основе методов регрессионного анализа, построения нейронных сетей, случайного леса. Проводится сравнительный анализ точности полученных результатов.*

Р.Е. Копейкин, В.В. Глазков, Т.А. Пашева  
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ  
РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ  
РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

*Ключевые слова: нейронная сеть, распознавание изображений, дорожный знак.*

*В статье описываются и сравниваются методы распознавания изображений дорожных знаков в условиях дороги. Приведена статистика успешного обнаружения знака по каждому методу при различных углах обзора и расстояниях до знака. Сделаны выводы по результатам, полученным при сравнении методов.*

О.Н. Кузина  
МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА

*Ключевые слова: строительство, системный анализ, производительность труда, информационная модель, жизненный цикл объекта, эксплуатация, искусственный интеллект, управление данными, дерево решений, машинное обучение, аномалии*

*В работе представлена модель информационного моделирования прогнозных моделей производительности труда в определенный момент времени при соблюдении ограничений проекта - организационных, технологических, физических, документированных процедур. Приведен список методов расчета производительности труда в строительстве. На примере методов поиска аномалий разработана модель управления производительностью труда в строительной организации.*

Е.С. Лесик, Д.А. Макаров, С.Н. Падалко, А.М. Станкевич  
БАЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ

*fuzzy investment portfolio. The question of how the mathematical model of fuzzy diversification follows from the elasticity of the portfolio is considered. The correlation of the components of the investment portfolio and its impact on diversification is investigated.*

I.B. Ginzburg, Yu.N. Kondrashov, O.L. Smirnov  
LEARNING PYTHON LIBRARIES FOR MATHEMATICAL  
CALCULATIONS IN THE JUPYTERLAB ENVIRONMENT

*Keywords: distance learning, laboratory workshop, distance learning problems, Python, Project Jupyter, mathematical calculations.*

*The article analyzes the distance learning needs when conducting laboratory and practical Python programming language classes for mathematical calculations and the results visualization. A solution to the problem of providing distance learning using a web application and software modules for mathematical calculations installed on the server is proposed. This allows you to effectively conduct classes without additional software, except for a standard web browser, on the client side.*

S.I. Kiselev, I. Yu. Myshkina, L. Yu. Grudcyna,  
L.Z. Gumerova, G.N. Aglyamzyanova

FORECASTING THE VALUE OF REAL ESTATE BASED  
ON MACHINE LEARNING METHODS

*Keywords: machine learning, artificial neural networks, data mining.*

*The paper explores the possibility of using machine learning methods to analyze real estate prices. The cost of real estate is predicted based on the methods of regression analysis, the construction of neural networks, random forest. A comparative analysis of the accuracy of the results obtained is carried out.*

R.E. Kopeykin, V.V. Glazkov, T.A. Pasheva  
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF IMAGE  
RECOGNITION METHODS FOR THE TASK OF  
RECOGNIZING ROAD SIGNS

*Keywords: neural network, recognition, road sign.*

*The article describes and compares methods of image recognition of road signs in road conditions. The statistics of successful sign detection for each method at different viewing angles and distances to the sign are given. Conclusions are drawn based on the results obtained by comparing the methods.*

O.N. Kuzina  
MODEL OF LABOR PRODUCTIVITY MANAGEMENT IN  
CONSTRUCTION BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE  
METHODS

*Keywords: construction, system analysis, labor productivity, information model, object lifecycle, operation, artificial intelligence, data management, decision tree, machine learning, SVM, Outliers.*

*The paper presents a model of information modeling of predictive models of labor productivity at a certain point in time, subject to the limitations of the project - organizational, technological, physical, documented procedures. A list of methods for calculating labor productivity in construction is given. Based on the example of anomaly search methods, a model of labor productivity management in a construction organization has been developed.*

E.S. Lesik, D.A. Makarov, S.N. Padalko, A.M. Stankevich  
BASIC PROCESSES OF A DIGITAL ORGANIZATION  
OPERATION

**Ключевые слова:** цифровая организация, процессы расширения, процессы исполнения, процессы управления, ресурсы организации, производящий модуль, заказ-управление.

В статье представлены базовые процессы функционирования цифровой организации, в основе которых лежит представление организации как множества всех видов ресурсов, которыми она располагает. В том числе, информационные ресурсы, основу которых составляют цифровые представления состава и технологий получения продукции, которые организация может либо изготовить, либо получить от других организаций. Эта информация является исходной для представленных базовых процессов. Сами эти процессы сводятся к автономному исполнению производящих модулей и управлению ими, обеспечивающему рациональное выполнение организацией её функций.

Т.П. Новикова, А.А. Бодин, А.И. Заревич  
РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЗАГРУЗКИ  
ПЛАТНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ  
ПОЛИКЛИНИКИ

**Ключевые слова:** корреляционная матрица, регрессионный анализ, прогнозирование.

В данной работе представлены показатели оценки загрузки платного отделения, построена корреляционная матрица и проведен регрессионный анализ загрузки платного отделения стоматологической поликлиники, который в перспективе позволит эффективно распределить медицинский персонал и оборудование в зависимости от загрузки отделения.

Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, У Гоцуй, А.И. Новиков  
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДБОРА АКЦИЙ ПРИ  
КОЛИЧЕСТВЕННОМ ИНВЕСТИРОВАНИИ

**Ключевые слова:** имитационная модель, многофакторная модель, прогноз, акции, количественное инвестирование.

В данной работе представлена имитационная модель подбора акций при количественном инвестировании, проведен анализ результатов. Проверка и оценка прогнозной модели проводилась по четырем показателям. AUC построенной модели составил 0,53, что подтвердило применимость разработанной модели для количественного инвестирования.

Н.П. Плотникова, В.А. Кевбрин  
РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ МОДЕЛИ  
ТРАНСФОРМЕРА НА ОСНОВЕ ViT

**Ключевые слова:** нейронные сети, трансформер, ViT, encoder, decoder.

В данной статье освещается попытка создания мультимодальной нейронной сети типа трансформер на основе модели ViT. Авторами рассматривается возможность использования данной модели с целью уточнения получаемой информации от OCR. В статье подробно описывается структура и принципы работы созданного программного обеспечения.

М.М. Репин, С.В. Литвинов, Д.Г. Зорин, Е.А. Чистяков  
БЕСКОНТАКТНАЯ БАРАБАННАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ  
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMEGA328

**Ключевые слова:** микроконтроллер, ATmega328, MIDI, Arduino IDE, разработка, инфракрасный датчик.

В статье приводится разработка бесконтактной барабанной установки на базе микроконтроллера ATmega328. Устройство измеряет силу имитации удара, считывает данные, обрабатывает их и передает полученные значения на вычислительный комплекс (ВК). Обмен данными с ВК реализован посредством виртуального MIDI-порта, управление осуществляется через USB-интерфейс, что позволяет загружать пользовательские сценарии. В качестве датчиков применены инфракрасные модули Sharp 2Y0A21, обеспечивающие требуемую точность измерения расстояния.

**Keywords:** digital organization, expansion processes, execution processes, management processes, organization resources, producing module, order management.

The article presents the basic processes of a digital organization operation based on its representation as a set of all types of resources that it has. Including information resources, which are based on digital representations of the composition and obtaining technologies for products that an organization can either manufacture or receive from other organizations. This information is the source for the basic processes presented. These processes themselves are reduced to the autonomous execution of producing modules and their management, ensuring the rational performance of the organization operation.

T.P. Novikova, A.A. Bodin, A.I. Zarevich  
REGRESSION ANALYSIS OF THE ASSESSMENT OF THE  
WORKLOAD OF THE DENTAL CLINIC PAID  
DEPARTMENT

**Keywords:** correlation matrix, regression analysis, forecasting. In this paper, the indicators for assessing the workload of the paid department are presented, a correlation matrix is constructed and a regression analysis of the workload of the paid department of the dental polyclinic is carried out, which in the future will effectively distribute medical personnel and equipment depending on the workload of the department.

T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, Wu Gotsui, A.I. Novikov  
SIMULATION MODEL OF STOCK SELECTION IN  
QUANTITATIVE INVESTMENT

**Keywords:** simulation model, multifactor model, forecast, stocks, quantitative investment.

This paper presents a simulation model of stock selection in quantitative investing, and analyzes the results. Verification and evaluation of the forecast model was carried out on four indicators. The AUC of the constructed model was 0.53, which confirmed the applicability of the developed model for quantitative investment.

N.P. Plotnikova, V.A. Kevbrin  
DEVELOPMENT OF A MULTIMODAL TRANSFORMER  
MODEL BASED ON ViT

**Keywords:** neural networks, transformer, ViT, encoder, decoder.

This article highlights an attempt to create a multimodal transformer-type neural network based on the ViT model. The authors consider the possibility of using this model in order to clarify the information received from OCR. The article describes in detail the structure and principles of operation of the created transformer.

M.M. Repin, S.V. Litvinov, D.G. Zorin, E.A. Chistyakov  
NON-CONTACT DRUM SET BASED ON ATMEGA328  
MICROCONTROLLER

**Keywords:** microcontroller, ATmega328, MIDI, Arduino IDE, development, infrared sensor.

The paper presents the development of a non-contact drum set based on the ATmega328 microcontroller. The device measures the force of the simulated blow, reads the data, processes them and transmits the received values to the computing complex (CC). Data exchange with the computing complex is realized by means of a virtual MIDI port, control is carried out through the USB-interface, that allows to load custom scripts. Sharp 2Y0A21 infrared modules are used as sensors, providing required accuracy of distance measurement.

Б.А. Староверов, С.Д. Тарасов  
**ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ КАК  
 АССОЦИАТИВНАЯ ПАМЯТЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
 ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

*Ключевые слова: голография, нейронная сеть, ассоциативная память, прогнозирование, временные ряды.*

*Рассмотрены принцип работы и математическая модель голографической нейронной сети. Установлена возможность использования такой сети в качестве ассоциативной памяти для определения взаимозависимости различных векторов. Обоснован метод ее применения для прогнозирования временных рядов методом локальной аппроксимации.*

А.Ю. Степаненко  
**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ВОПРОСАХ  
 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СНАБЖЕНИЯ**

*Ключевые слова: материально-техническое снабжение, система искусственного интеллекта, методы планирования потребности в материалах.*

*В статье рассматриваются вопросы применимости современных систем искусственного интеллекта (ИИ) для определения предметной области в сфере материально-технического снабжения (МТС). В статье не рассматриваются вопросы автоматизации бизнес-процессов в сфере МТС с применением ИИ.*

Е.М. Тарасов, В.А. Надежкин, А.Л. Золкин, С.А. Сарычева  
**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАБОТЕ С  
 СОВРЕМЕННЫМИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ  
 СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ ВУЗА**

*Ключевые слова: системы передачи информации, устойчивость сетей, телекоммуникационные системы, системы коммутации, конфигурирование устройств, передача информационных данных.*

*В статье рассматриваются основные тенденции развития социально-экономической жизни людей, связанные с активным внедрением и совершенствованием цифровой экономики. Также работа посвящена актуальным проблемам подготовки специалистов по вопросам использования современных телекоммуникационных систем в условиях вуза. Приводится примерный комплекс мероприятий по работе с современными телекоммуникационными системами в условиях высшей школы. Представлен расчет экономической эффективности покупки сетевого оборудования Cisco на программных и физических носителях.*

Е.М. Тарасов, В.А. Надежкин, А.Л. Золкин, С.А. Сарычева,  
 А.О. Кочетова

**ФОРМИРОВАНИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА  
 ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ТЕНДЕНЦИИ  
 ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ  
 ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Ключевые слова: телекоммуникационные системы, железнодорожный транспорт, информационные технологии, транспортная система, сетевые технологии, безопасность движения поездов.*

*В статье отмечено, что эффективность работы железнодорожного транспорта напрямую связана с обновлением инфраструктуры, в том числе устройств связи, отвечающих за обеспечение безопасного перевозочного процесса. Выявлено, что для безотказного функционирования железнодорожного комплекса необходимо внедрять новейшие разработки в области сетевых технологий. Для достижения такой цели следует автоматизировать соответствующие процессы систем обеспечения движения поездов. Однако, это возможно при работе в железнодорожном комплексе специалистов высшего уровня квалификации, практические и профессиональные навыки которых приобретаются в высших учебных заведениях. Авторами сделан вывод, что одним из наиболее успешных способов подготовки специалистов в сфере телекоммуникационных технологий для железнодорожного*

В.А. Staroverov, S.D. Tarasov  
**HOLOGRAPHIC NEURAL NETWORK AS ASSOCIATIVE  
 MEMORY FOR TIME SERIES FORECASTING**

*Keywords: holography, neural network, associative memory, forecasting, time series.*

*The operating principle and mathematical model of a holographic neural network are considered. The possibility of using such a network as an associative memory to determine the interdependence of various vectors has been established. A method to apply it to predict time series using the local approximation method has been substantiated.*

А.Ю. Stepanenko  
**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MATERIALS SUPPLY**  
*Keywords: material supply management, artificial intelligence system, methods of materials requirement planning.*

*The article discusses the applicability of modern artificial intelligence (AI) systems to determine the subject area in the field of material supply logistics. The article does not address the issues of business processes automation in the field of materials supply with the use of AI.*

Е.М. Tarasov, V.A. Nadejkin, A.L. Zolkin, S.A. Saricheva  
**DEVELOPMENT OF A SET OF MEASURES FOR  
 WORKING WITH MODERN TELECOMMUNICATION  
 SYSTEMS IN A UNIVERSITY SETTING**

*Keywords: information transmission systems, network stability, telecommunication systems, switching systems, device configuration, information data transmission.*

*The article discusses the main trends in the development of socio-economic life of people associated with the active introduction and improvement of the digital economy. The work is also devoted to the actual problems of training specialists in the use of modern telecommunication systems in the conditions of a university. An approximate set of measures for working with modern telecommunication systems in the conditions of higher education is given. The calculation of the economic efficiency of the purchase of Cisco network equipment on software and physical media is presented.*

Е.М. Tarasov, V.A. Nadejkin, A.L. Zolkin, S.A. Saricheva,  
 А.О. Kochetova

**FORMATION OF PERSONNEL POTENTIAL IN RAILWAY  
 TRANSPORT: TRENDS IN TRAINING SPECIALISTS IN  
 THE FIELD OF TELECOMMUNICATION  
 TECHNOLOGIES**

*Keywords: telecommunication systems, railway transport, information technologies, transport system, network technologies, train safety.*

*The article notes that the efficiency of railway transport is directly related to the renewal of infrastructure, including communication devices responsible for ensuring a safe transportation process. It is revealed that for the trouble-free functioning of the railway complex it is necessary to introduce the latest developments in the field of network technologies. To achieve this goal, it is necessary to automate the relevant processes of train traffic support systems. However, this is possible when working in the railway complex of highly qualified specialists, whose practical and professional skills are acquired in higher educational institutions. The authors conclude that one of the most successful ways of training specialists in the field of telecommunication technologies for railway transport is cooperation with educational institutions specializing in training in this field.*

транспорта является сотрудничество с образовательными учреждениями, специализирующимися на обучении в этой области.

В.А. Тепцов

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СБЛИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ. ЧАСТЬ I. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ КОРРЕКЦИИ

*Ключевые слова:* сближение космических аппаратов, программирование оптимального управления, критерий быстродействия, принцип максимума Понтрягина.

Статья посвящена постановке задачи оптимизации управления двигательными установками активного космического аппарата при сближении с пассивным космическим аппаратом, чьи кинематические параметры измеряются с изменяющимися по времени ошибками. Получена оптимальная по быстродействию программа управления тягой поперечных двигателей.

В.А. Тепцов

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ СБЛИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ. ЧАСТЬ II. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДОЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ

*Ключевые слова:* сближение космических аппаратов, программирование оптимального управления, критерий быстродействия, критерий минимума расхода энергии, принцип максимума Понтрягина.

Статья посвящена решению задачи оптимального управления двигательными установками активного космического аппарата при сближении с пассивным космическим аппаратом. чьи кинематические параметры измеряются с изменяющимися по времени ошибками. Проводится анализ задачи с точки зрения удовлетворения требованиям к безударной стыковке аппаратов. Получены программы управления тягой тормозных двигателей, оптимальные по быстродействию и по критерию расхода энергии.

Н.А. Тоичкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Ключевые слова.* Информационная система, технологический процесс, управление безопасностью, агентные технологии, интеллектуальные системы, диагностика состояний.

Современные системы обеспечения безопасности промышленных производств являются сложными человеко-машинными системами, состоящими из информационной подсистемы диагностики состояний технологических процессов (ТП) и организационно-технологической подсистемы управления технологической безопасностью. Целью проекта является решение проблемы обеспечения безопасности технологических процессов путем разработки архитектуры системы интеллектуальной диагностики состояний в рамках информационной системы обеспечения промышленной безопасности.

Н.А. Тоичкин, В.Н. Богатиков

МЕТОД РАСЧЕТА ИНДЕКСА БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

*Ключевые слова.* Технологический процесс, метод разделения состояний, центр безопасности, нечеткое равенство, индекс безопасности, функция принадлежности, лингвистическая переменная, диагностика состояний.

Нечеткость критериев выбора при проведении процедур диагностирования состояний технологических процессов зачастую приводит к необходимости использования экспертных оценок, которые в случае невозможности создания сложных аналитических моделей становятся основной базой принятия решения. Таким образом, возникает задача разработки эффективных способов обработки нечетких

V.A. Teptsov

OPTIMAL PROGRAMS CONSTRUCTION FOR SPACECRAFTS RENDEZVOUS UNDER MEASUREMENT ERRORS. PART I. LATERAL CORRECTION OPTIMIZATION

*Keywords:* spacecraft rendezvous, optimal control programming, min time criteria, Pontryagin's maximum principle.

The article is devoted to solving the problem of an active spacecraft propulsion systems optimal control during rendezvous with a passive spacecraft, whose kinematic parameters are measured with time-varying errors. Lateral engine thrust control program is obtained that is optimal in min time criteria.

V.A. Teptsov

OPTIMAL PROGRAMS CONSTRUCTION FOR SPACECRAFTS RENDEZVOUS UNDER MEASUREMENT ERRORS. PART II. LONGITUDINAL CORRECTION OPTIMIZATION

*Keywords:* spacecraft rendezvous, optimal control programming, min time criteria, minimal energy consumption criteria, Pontryagin's maximum principle.

The article is devoted to solving the problem of an active spacecraft propulsion systems optimal control during rendezvous with a passive spacecraft, whose kinematic parameters are measured with time-varying errors. The problem is analyzed from the point of view of meeting the requirements for shockless docking of vehicles. Engine thrust control programs are obtained that are optimal in terms of min time criteria and minimal energy consumption.

N.A. Toichkin

DESIGNING THE PROCESS SAFETY MANAGEMENT SYSTEM ARCHITECTURE FOR INDUSTRIAL PRODUCTIONS

*Keywords.* Information system, technological process, security management, agent technologies, intelligent systems, states diagnostic.

Modern systems for ensuring the safety of industrial production are complex human-machine systems consisting of an information subsystem for diagnosing the states of technological processes and an organizational and technological subsystem for managing technological safety. The aim of the project is to solve the problem of ensuring the safety of technological processes by developing the architecture of an intelligent state diagnostics system within the framework of an information system for ensuring industrial safety.

N.A. Toichkin, V.N. Bogatikov

SAFETY INDEX CALCULATING METHOD FOR TECHNOLOGICAL PROCESS STATE ASSESSING

*Keywords:* Technological process, state separation method, safety center, fuzzy equality, safety index, membership function, linguistic variable, states diagnostic.

The fuzziness of the selection criteria when carrying out procedures for diagnosing the states of technological processes often leads to the need to use expert assessments, which, if it is impossible to create complex analytical models, become the main basis for making a decision. Thus, the task of developing effective methods for processing fuzzy expert data appears. The article considers the development of the state separation method for solving this problem using state safety assessment

экспертных данных. В статье рассмотрено развитие метода разделения состояний к решению данной задачи с использованием оценки безопасности состояний на основе нечетких отношений предпочтения.

А.Д. Фатыхов, И.Ю. Мышкина, Л.Ю. Грудцына, Л.З. Гумерова,  
Г.Н. Аглямзянова  
НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ  
ИГРОВОЙ СТРАТЕГИИ

*Ключевые слова:* интеллектуальные агенты, искусственные нейронные сети, обучение с подкреплением.

В работе исследуется возможность применения нейросетевого алгоритма обучения с подкреплением для обучения интеллектуальных агентов. Действия программного агента по поиску оптимальной стратегии реализуются в игровой среде. Проводится сравнительный анализ и выявляются приоритетные параметры настройки нейронной сети.

Е.Г. Царькова  
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБУЧЕНИЕМ  
ОСЦИЛЛЯТОРНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ  
РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ,  
ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРА

*Ключевые слова:* задача оптимального управления, пожарная безопасность, ликвидация пожара, разведывательные работы, сбор данных о пожаре, искусственная нейронная сеть, необходимые условия оптимальности.

В работе рассматривается математическая модель осцилляторной нейронной сети (ИНС), предназначенной для управления разведывательным мобильным колесным роботом, используемым для сбора данных при проведении работ по ликвидации пожара. Процесс обучения введенной в рассмотрение ИНС сводится к решению задачи оптимального управления, которая имеет запаздывания как в функциях состояния, так и в функциях управления. Приводится результат апробации разработанного численного алгоритма обучения ИНС, предназначенной для использования в составе мобильного робототехнического комплекса.

Д.Г. Алленов, К.Б. Дейнова, Н.А. Яковлева, Ю.А. Аганин  
ВЛИЯНИЕ ВЫЛЕТА ИНСТРУМЕНТА ИЗ РЕЗЦЕДЕРЖАТЕЛЯ  
НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

*Ключевые слова:* вибрации, шероховатость, вылет инструмента, амплитуда колебаний, жесткость технологической системы.

Представлено исследование влияния жесткости технологической системы на качество поверхностного слоя при различных величинах вылета инструмента из резцедержателя. В качестве оцениваемых параметров использованы амплитуда колебаний и среднее квадратическое отклонение профиля. Получены результаты, позволяющие в дальнейшем вывести аналитическое соотношение, связывающее шероховатость поверхности, вибрации и вылет резца.

В.А. Егоров, А.Э. Алиев  
ВЕКТОРНО-МАТРИЧНАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОЙ  
МАШИНЫ

*Ключевые слова:* синхронная машина, векторно-матричное описание, система стабилизации скорости, расчёт, моделирование.

Описан способ линеаризации нелинейной модели синхронной машины. Получено векторно-матричное описание синхронной машины, позволяющее использовать при синтезе системы управления электроприводом, теорию модального управления и наблюдающих устройств. Выполнен расчёт и моделирование системы стабилизации скорости с использованием предложенной модели. Показана, адекватность предлагаемой модели синхронной машины, путем сравнения переходных характеристик систем стабилизации скорости с полной и линеаризованной моделями синхронной машины.

based on fuzzy preference relations.

A.D. Fatykhov, I.Yu. Myshkina, L.Yu. Grudcyna,  
L.Z. Gumerova, G.N. Aglyamzyanova  
NEURAL NETWORK ALGORITHM FOR FINDING THE  
OPTIMAL GAMING STRATEGY

*Keywords:* multi-agent systems, artificial neural networks, reinforcement learning.

The paper explores the possibility of using a neural network reinforcement learning algorithm for training intelligent agents. The actions of the software agent to find the optimal strategy are implemented in the game environment. A comparative analysis is carried out and priority settings of the neural network are identified.

E.G. Tsarkova  
OPTIMAL TRAINING MANAGEMENT OF AN  
OSCILLATORY NEURAL NETWORK FOR A  
RECONNAISSANCE ROBOTIC SYSTEM USED IN THE  
ELIMINATION OF FIRE

*Keywords:* optimal control task, fire safety, fire elimination, reconnaissance work, fire data collection, artificial neural network, necessary optimality conditions.

The paper considers a mathematical model of an oscillatory neural network (ONN) designed to control an intelligence mobile wheeled robot used to collect data during fire elimination operations. The learning process of the ONN introduced into consideration is reduced to solving the optimal control problem, which has delays in both state functions and control functions. The result of the approbation of the developed numerical algorithm of ONN training for use as part of a mobile robotic complex is presented.

D.G. Allenov, K.B. Deinova, N.A. Yakovleva, Iu.A. Aganin  
INFLUENCE OF THE TOOL OUTLET FROM THE CUT  
HOLDER ON THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER

*Keywords:* vibrations, roughness, tool overhang, oscillation amplitude, rigidity of the technological system.

A study of the influence of the rigidity of the technological system on the quality of the surface layer at various values of tool overhang from the tool holder is presented. The amplitude of oscillations and the standard deviation of the profile were used as the estimated parameters. Results have been obtained that allow further derivation of an analytical relationship relating surface roughness, vibration, and tool overhang.

V.A. Egorov, A.E. Aliev  
VECTOR-MATRIX MODEL OF A SYNCHRONOUS  
MACHINE

*Keywords:* synchronous machine, vector-matrix description, speed stabilization system, calculation, modeling.

A method for linearizing a nonlinear model of a synchronous machine is described. A vector-matrix description of a synchronous machine is obtained, which makes it possible to use the electric drive control system, the theory of modal control and observing devices in the synthesis. The calculation and modeling of the speed stabilization system using the proposed model is carried out. The adequacy of the proposed model of a synchronous machine is shown by comparing the transient characteristics of speed stabilization systems with full and linearized models of a synchronous machine.

С.М. Кривенцов, В.К. Шумилин  
ПРИМЕНЕНИЕ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ  
ГАЗОВОДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ВЛАЖНЫМ СПОСОБОМ

*Ключевые слова:* пылеулавливающее оборудование, система очистки, эффективность процесса пылеулавливания.

*В статье рассмотрен принцип работы пылеуловителей, для очистки воздушных выбросов промышленных предприятий мокрым методом. Оценены параметры процесса пылеулавливания влажным способом.*

В.В. Кузьмин, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина  
ОБЗОР РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ OMRON E5CN

*Ключевые слова:* Регулятор температуры OMRON E5CN, ПИД-регулирование, дискретное регулирование.

*В данной статье рассматривается регулятор температуры OMRON E5CN. Рассматриваемый регулятор температуры относится к классу локальных систем управления, которые позволяют управлять объектом, при размещении в непосредственной близости к нему. Регулятор температуры OMRON позволяет нивелировать влияние различного рода возмущающих факторов, которые оказывают действие на объект управления. В статье приведен полный функционал рассматриваемого регулятора и возможные режимы работы.*

Е.Н. Леонов, А.П. Пожитков  
АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
СЕТЕЙ В ИНДУСТРИИ 4.0

*Ключевые слова:* Индустрия 4.0, Smart Grid, интеллектуальные сети, архитектура сети.

*Всё возрастающая потребность в электроэнергии, достижения в области технологий и развитие Индустрии 4.0 стали факторами возросшей потребности в интеллектуальных, эффективных и надежных энергетических системах. Такие системы носят название умных сетей – Smart Grid (SG). SG способны управлять производством и распределением энергии в зависимости от спроса. При этом SG достаточно сложны, они сочетают в себе различные компоненты и предъявляют высокие требования к их надежной работе в режиме реального времени. В этой статье дан обзор архитектуры систем SG.*

Н.Г. Семенова  
НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ  
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

*Ключевые слова:* солнечная панель, точка максимальной мощности, алгоритм нечеткого вывода.

*Статья посвящена разработке системы нечеткого управления солнечной панелью, обеспечивающей энергоэффективный режим ее функционирования. Представлены: адаптированный алгоритм Мамдани, программно реализованный для работы контроллера, обеспечивающий поиск точки максимальной мощности; имитационная модель нечеткой системы управления солнечной панелью, позволяющая провести ее симуляцию для разных уровнях инсоляции. Сформулированы задачи для дальнейшего исследования.*

Л.А. Симонова  
МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫБОРА  
ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ  
МАТРИЦ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОГРАНИЧЕНИЙ НА  
ПРИМЕРЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОПЕРАЦИИ

*Ключевые слова:* автоматизация, выбор, матрица исходных данных, матрица ограничений, подбор вспомогательного инструмента.

*В статье авторами предложен метод автоматизированного выбора вспомогательного инструмента на основе матриц исходных данных и ограничений, а также иерархического представления технологического процесса. Приводится пример проектирования на основе разработанного метода для фрезерной операции.*

S.M. Kriventsov, V.K. Shumilin  
APPLICATION OF DUST COLLECTORS FOR CLEANING  
AIR-GAS EMISSIONS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES  
BY THE WET METHOD

*Keywords:* dust collecting equipment, cleaning system, dust collecting process efficiency.

*The article discusses the principle of operation of dust collectors for cleaning air emissions from industrial enterprises using the wet method. The parameters of the process of dust collection by the wet method are estimated.*

V.V. Kuzmin, A.V. Chupaev, R.R. Galyamov,  
A.Yu. Sharifullina  
OVERVIEW OF THE OMRON E5CN TEMPERATURE  
CONTROLLER

*Keywords:* OMRON E5CN temperature controller, PID control, discrete control.

*This article discusses the OMRON temperature controller (model E5CN). The temperature controller in question belongs to the class of local control systems that allow you to control an object when placed in close proximity to it. The OMRON temperature controller allows you to neutralize the influence of various kinds of disturbing factors that have an effect on the control object. The article presents the full functionality of the controller in question and possible modes of operation.*

E.N. Leonov, A.P. Pozhitkov  
ARCHITECTURE OF INTELLIGENT ELECTRICAL  
NETWORKS IN INDUSTRY 4.0

*Keywords:* Industry 4.0, Smart Grid, Intelligent Networks, Network Architecture.

*The ever-increasing demand for electricity, advances in technology and the development of Industry 4.0 have become factors in the increased need for intelligent, efficient and reliable energy systems. Such systems are called smart grids – Smart Grid (SG). SG are able to manage the production and distribution of energy depending on demand. At the same time, SG are quite complex, they combine various components and place high demands on their reliable operation in real time. This article provides an overview of the architecture of SG systems.*

N.G. Semenova  
FUZZY CONTROL OF THE SOLAR ENERGY  
GENERATION SYSTEM

*Keywords:* solar panel, maximum power point, fuzzy output algorithm.

*The article is devoted to the development of a fuzzy control system for a solar panel that provides an energy-efficient mode of its functioning. The following are presented: an adapted Mamdani algorithm, programmatically implemented for the operation of the controller, which provides a search for the maximum power point; a simulation model of a fuzzy solar panel control system, which allows its simulation to be carried out for different levels of insolation. The tasks for further research are formulated.*

L.A. Simonova  
AN AUTOMATED TOOL SELECTION METHOD BASED  
ON SOURCE DATA MATRICES AND CONSTRAINTS  
USING A MILLING OPERATION

*Keywords:* automation, selection, source data matrix, constraint matrix, selection of auxiliary tool.

*In the article, the authors proposed a method of automated selection of an auxiliary tool based on matrices of initial data and restrictions, as well as a hierarchical representation of the technological process. This is an example of a design based on the developed method for a milling operation.*

Э.К. Алиев, М.В. Южаков, Р.Р. Нуриев, Р.Р. Зарипов,  
Г.А. Гареева  
ОПТИМИЗАЦИЯ И ГЛУБОКАЯ НАСТРОЙКА GPU  
АДАПТЕРА

*Ключевые слова: оптимизация, игровая индустрия, нейросети, видеокарта, видеоадаптер, GPU, график, бенчмарк, температура, чип, частота, NVIDIA, nvidiaProfileInspector, панель управления nvidia, мониторинг, производитель.*

*В данной статье описывается процесс оптимизации GPU адаптера от производителя NVIDIA, без каких либо потерь в производительности. Весь процесс описан путём использования программного обеспечения nvidiaProfileInspector и панели управления nvidia. Функционал данного программного обеспечения позволяет изменить дополнительные и скрытые настройки видеокарты.*

Е.М. Дворникова, О.А. Исабекова  
АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ В ОБЛАСТИ  
РАЗРАБОТКИ ВЕТЕРИНАРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ

*Ключевые слова: ветеринарная информационная система, интеллектуальная система, VOSviewer, ветеринария, обработка больших данных.*

*Статья посвящена анализу публикаций в области разработки Единой ветеринарной информационной системы с целью выявления актуальности ее разработки. В качестве источника публикаций была выбрана единая библиографическая и реферативная база данных рецензируемой научной литературы Scopus. В качестве инструмента для анализа и построения терминологических карт использовалась интеллектуальная система обработки больших данных VOSviewer.*

С.Ю. Лунева, П.С. Павлов  
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ  
ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ

*Ключевые слова: искусственные нейронные сети, Python, составление учебного расписания, обучение с учителем.*

*В статье рассматривается задача составления расписания вуза. Для ее решения предложено использование нейросетевых методов. Создана типовая структура для обработки данных из файлов. Разработанное программное обеспечение хорошо масштабируется при обработке большого массива данных.*

И.В. Влацкая, К.Р. Джукашев  
ЭФФЕКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЮ  
СПЕЦИАЛИСТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В  
УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

*Ключевые слова: языки программирования, средства разработки, импортозамещение.*

*В данной статье рассматриваются изменения, внесенные в федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 29.06.2015, которые устанавливают переход на отечественное программное обеспечение. Рассматривается возможность эффективного обучения программированию специалистов в области информационной безопасности, а именно проведен анализ и выбор языков программирования и средств разработки в условиях импортозамещения.*

И.В. Влацкая, К. Р. Джукашев  
АНАЛИЗ ВЕКТОРОВ КИБЕРАТАК НА  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СИСТЕМЫ

*В данной статье рассматриваются основные виды кибератак на прикладные программные системы. Рассмотрены уязвимые места и пути взлома со стороны хакеров. Представлены платформы для отработки приемов защиты от кибератак.*

*Ключевые слова: кибератака, кибербезопасность, брутфорс, удаленный запуск скриптов, SQL-инъекции, CSRF, работа с сессиями.*

E.K. Aliev, M.V. Yuzhakov, R.R. Nuriev, R.R. Zaripov,  
G.A. Gareeva  
REDUCING GPU POWER CONSUMPTION BY VOLTAGE  
REGULATION

*Keywords: optimization, gaming industry, neural networks, video card, video adapter, GPU, graph, benchmark, temperature, chip, frequency, NVIDIA, NVIDIA aprofileinspector, nvidia control panel, monitoring, manufacturer.*

*This article describes the process of optimizing the GPU adapter from NVIDIA manufacturer, without any loss in performance. The whole process is described by using nvidia Profile Inspector software and nvidia control panel. The functionality of this software allows you to change additional and hidden settings of the video card.*

E.M. Dvornikova, O.A. Isabekova  
ANALYSIS OF PUBLICATION ACTIVITY IN THE  
DEVELOPMENT OF VETERINARY INFORMATION  
SYSTEMS

*Keywords. Veterinary information system, intelligent system, VOSviewer, veterinary medicine, big data processing.*

*The article is devoted to the analysis of publications in the field of development of the Unified Veterinary Information System in order to identify the relevance of its development. A unified bibliographic and abstract database of peer-reviewed scientific literature Scopus was chosen as a source of publications. VOSviewer, an intelligent big data processing system, was used as a tool for analyzing and constructing terminological maps.*

S.Y. Luneva, P.S. Pavlov  
APPLICATION OF NEURAL NETWORK APPROACH TO  
THE SCHEDULING PROBLEM

*Keywords: artificial neural networks, Python, academic scheduling, supervised learning.*

*This article deals with the task of scheduling a university timetable. It is proposed to use neural network methods as a solution. A typical framework for processing data from files has been created. The developed software scales well for the processing of large amounts of data.*

I.V. Vlatskaya, K.R. Dzhukashev  
EFFECTIVE PROGRAMMING TRAINING FOR  
INFORMATION SECURITY SPECIALISTS IN THE  
CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION

*Keywords: programming languages, development tools, import substitution.*

*This article discusses the changes made to the federal law "On Information, Information Technologies and Information Protection" dated 06/29/2015, which establish the transition to domestic software. The possibilities of effective training in programming for specialists in the field of information security are considered, namely, an analysis and choice of programming languages and development tools in the context of import substitution is carried out.*

I.V. Vlatskaya, K.R. Dzhukashev  
ANALYSIS OF VECTORS OF CYBER ATTACKS ON  
USER SYSTEMS

*This article is about the main types of cyber attacks on application software systems. Vulnerabilities and ways of hacking by hackers are considered. Platform for practicing cyberattack protection techniques are submitted.*

*Keywords: cyberattack, cybersecurity, brute-force, remote script execution, SQL- injections, CSRF, session management.*

## **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 2023

Направления:

- 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ  
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**
- 2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА  
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**
- 2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
СЕТЕЙ (технические науки)**
- 2.3.6. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,  
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
(физико-математические науки)**

[www.ntvprrt.ru](http://www.ntvprrt.ru)

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732  
Подписано в печать 27.03.2023      Формат А4. Печать цифровая.  
Дата выхода в свет 27.03.2023  
13,3 усл.печ.л. 16,8 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 4713.

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»