

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№2 2024

Направления:

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

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

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

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

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

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

**Казань
2024**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №2 2024г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2024. – 152 с.

ISSN 2079-5920

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

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

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

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

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

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

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

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

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Х.М. Гукетлов, А.М. Шинахов, И.А. Журикова, А.А. Дугулубгов, И.У. Жилетежев</i> К ВОПРОСУ О РЕЖИМЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ОБЛАЧНОСТИ В Г. НАЛЬЧИКЕ	8
<i>Н.И. Зонов, Д.В. Моисеев</i> ПРИБЛИЖЕНИЕ ПОЛИНОМАМИ ФУНКЦИЙ ВЕКТОРНОГО АРГУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗИСНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ	14
<i>А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин, И.С. Гуданов, Д.С. Долгин, Ф.С. Орлов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КАНАЛОВ МИКРОКАНАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ХЛАДАГЕНТА	17
<i>Ю.Г. Полкунов, М.Ю. Лобода</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОБЪЕМНЫХ ТРЕЩИН, ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПЛОСКОСТЯМ OYZ И OXZ	22
<i>Р.Н. Тазмеева, Б.Х. Тазмеев</i> К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСХОДОМ ГАЗА	27
<i>Р.Н. Тазмеева, Б.Х. Тазмеев</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСХОДОМ ГАЗА	31
<i>С.В. Харлашина, В.Р. Тимофеев</i> АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА РЕКУПЕРАЦИОННОГО ТИПА	35

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

<i>В.В. Андреев, А.М. Самойлов, Н.П. Тарасова, Е.Г. Дегтерев, М.М. Мамбве</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗМЕЕВИКА МАЛОГО РАДИУСА ГИБА	39
<i>Е.П. Барылькинова, И.П. Талипова</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СМАЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ШАТУННЫХ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	43
<i>О.Е. Виноградов, А.В. Семашко</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»	47
<i>Р.М. Галиев, Е.В. Леонов, О.Е. Воробьев, Х.Х. Хошимов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ОТКЛОНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА В СООТВЕТСТВИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМ КЛАССОМ	50
<i>Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, А.Ю. Барыкин, Е.В. Леонов, И.И. Абдушев</i> К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕРМОСТАТА ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ	53
<i>А.В. Ганичева, А.В. Ганичев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА	56
<i>Д.С. Горбатенко</i> ПРОФИЛАКТИКА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ ПРИ СЪЕЗДЕ С ДОРОГ	59
<i>В.Н. Дюпин</i> ПОДСИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА	62

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ЯЗЫКА PYTHON В НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ. ЧАСТЬ V. БИБЛИОТЕКА MATPLOTLIB	65
А.Л. Золкин, Р.А. Вербицкий, А.С. Тычков, Г.Ю. Азаренко ВНЕДРЕНИЕ УЛУЧШЕННОГО МУЛЬТИСЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ УЗЛА ДОСТУПА С ВНЕДРЕНИЕМ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ	69
А.Л. Золкин, Е.В. Матвиенко, С.В. Шамина, Ю.Н. Коваль РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВЫ АГРОКОМПЛЕКСА	74
А.Л. Золкин, В.Д. Мунистер, А.В. Ключанов, С.В. Анохина РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДАЛЬНЫХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	80
А.Л. Золкин, А.В. Юмашев, Н.Ю. Логунова, К.С. Задорнов РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ БИОИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ С RFID-ЧИПАМИ	85
А.О. Махорин КЛАСС УЛУЧШЕННЫХ ОТСЕЧЕНИЙ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ (0, 1)-ПРОГРАММИРОВАНИЯ	91
А.И. Остапюк, Ю.В. Малюсин, И.В. Усовик, П.О. Дроздова, Д.Р. Эфендиева ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ МНОГОСПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	94
Д.С. Пономарёв МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕКТОРА ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СИСТЕМЫ	98
М.М. Руденко, Е.М. Смирнова К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	101
Р.И. Соколов, Д.А. Михайлик, В.А. Нохрин ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СЖАТИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ФАЙЛОВ ПО АЛГОРИТМУ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ СЛУЧАЙНОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА	105
Е.Г. Царькова ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В ФСИН РОССИИ	109

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

А.А. Баевский, И.Н. Шканов, Н.В. Ершов, М.М. Агапов, Е.С. Аносова РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТОВ И ПОСТАВОК ЗАПЧАСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	112
И.Н. Галеня, М.С. Кожухова, В.С. Вишневский, А.Н. Коркишко, С.В. Романов ПРИМЕНЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛА В СРАВНЕНИЕ С ТРАДИЦИОННОЙ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ	116
Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, Л.В. Селиверстова, П.М. Салов, С.В. Солин, С.С. Сорокин ШЛИФОВАНИЕ ЗАГОТОВОК МАГНИТОВ В МНОГОМЕСТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ С СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ПРОЦЕСС ЭЛЕМЕНТАМИ	121
А.Р. Фардеев СРЕДСТВА ГИДРОАВТОМАТИКИ И ГИДРОАППАРАТУРА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ ЭНЕРГОПИТАНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЖИДКОСТИ	124
С.В. Харлашина, И.О. Гуцин ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ПРИ ЭЛС	128

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

<i>С.Н. Ефимов, Д.Л. Никифоров, И.А. Проворных, К.А. Моисеева</i> ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА С РАЗНОРОДНЫМИ ПРОЦЕССОРАМИ	131
<i>А.А. Лобанов, И.В. Черепанов</i> СИСТЕМА МОДЕРАЦИИ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ В МЕССЕНДЖЕРАХ	134
<i>Е.Н. Наточая, В.В. Наточий, С.А. Литвинова</i> НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА	138
АННОТАЦИИ	141

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

<i>H.M. Guketlov, A.M. Shinakhov, I.A. Zhirikova, A.A. Dugulubgov, I.U. Zhiletezhev</i> ON THE QUESTION OF VERTICAL ILLUMINATION REGIME UNDER REAL CLOUDY CONDITIONS IN NALCHIK	8
<i>N.I. Zonov, D.V. Moiseev</i> POLYNOMIAL APPROXIMATION OF VECTOR ARGUMENT FUNCTIONS USING BASIS PRODUCTS	14
<i>A.E. Lebedev, A.A. Vatagin, I.S. Gudanov, D.S. Dolgin, F.S. Orlov</i> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE CROSS-SECTIONAL SHAPE OF THE CHANNELS OF A MICROCHANNEL CONDENSER ON THE SPEED OF MOVEMENT OF THE REFRIGERANT	17
<i>Yu.G. Polkunov, M.Yu. Loboda</i> MATHEMATICAL MODELING OF DEVELOPMENT OF VOLUME CRACKS ORTHOGONAL TO OYZ AND OXZ PLANES	22
<i>R.N. Tazmeeva, B.K. Tazmeev</i> TO MODELING THE ARC IN A PLASMATRON WITH DISTRIBUTED GAS FLOW	27
<i>R.N. Tazmeeva, B.K. Tazmeev</i> MATHEMATICAL MODEL OF ARC IN A PLASMATRON WITH DISTRIBUTED GAS FLOW	31
<i>S.V. Kharlashina, V.R. Timofeev</i> ANALYSIS OF STATIC ACCURACY OF A RECOVERY TYPE LOAD DEVICE	35

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

<i>V.V. Andreev, A.M. Samoilov, N.P. Tarasova, E.G. Degterev, M.M. Mambwe</i> INVESTIGATION OF THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF A SMALL BEND RADIUS COIL	39
<i>E.P. Barylnikova, I.P. Talipova</i> THEORETICAL ANALYSIS OF THE LUBRICATION PROCESS OF CONNECTING ROD BEARINGS OF THE CRANKSHAFT OF AN AUTOMOBILE ENGINE	43
<i>O.E. Vinogradov, A.V. Semashko</i> APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO DETECT NETWORK ANOMALIES IN THE SAFE CITY HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX	47
<i>R.M. Galiev, E.V. Leonov, O.E. Vorobiev, Kh.Kh. Khashimov</i> DETERMINATION OF PERMISSIBLE DEVIATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CYLINDER LINER IN ACCORDANCE WITH THE ECOLOGICAL CLASS	50
<i>R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov, A.Yu. Barykin, E.V. Leonov, I.I. Abdushev</i> ON THE ISSUE OF INCREASING THE RELIABILITY OF THE ENGINE THERMOSTAT DURING PRODUCTION AND REPAIR	53
<i>A.V. Ganicheva, A.V. Ganichev</i> MODELING OF QUALITY INDICATORS THE EDUCATIONAL PROCESS	56
<i>D.S. Gorbatenko</i> PREVENTION OF TRAFFIC ACCIDENTS THAT HAPPEN WHEN LEAVING THE ROAD	59
<i>V.N. Dyupin</i> SUBSYSTEM FOR SIMULATION MODELING OF VIRTUAL ADAPTATION SPACE	62
<i>A.G. Zhornyak, T.A. Morozova</i> ADDITIONAL PYTHON LIBRARIES FOR SCIENTIFIC AND ENGINEERING TASKS. PART IV. THE MATPLOTLIB LIBRARY	65
<i>A.L. Zolkin, R.A. Verbitskiy, A.S. Tychkov, G.Yu. Azarenko</i> IMPLEMENTATION OF IMPROVED MULTISERVICE SERVICE FOR ACCESS NODE WITH IMPLEMENTATION OF NEURO-FUZZY SOFTWARE MODULE	69

<i>A.L. Zolkin, Ye.V. Matviyenko, S.V. Shamina, YU.N. Koval'</i> IMPLEMENTATION OF SOFTWARE CONTROLLER FOR CONTROL OF AGRICULTURAL COMPLEX SOIL RECLAMATION SYSTEM DATA PROCESSING	74
<i>A.L. Zolkin, V.D. Munister, A.V. Klyukanov, S.V. Anokhina</i> DEVELOPMENT OF ONTOLOGY OF CONTEXT-FREE SPATIALLY ORIENTED MODAL AND MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEMS	80
<i>A.L. Zolkin, A.V. Yumashev, N.Yu. Logunova, K.S. Zadornov</i> DEVELOPMENT OF TOOLS FOR CREATING SOFTWARE FOR PORTABLE BIOINFORMATION DEVICES WITH RFID CHIPS	85
<i>A.O. Makhorin</i> A CLASS OF IMPROVED COVER CUTS FOR 0-1 PROGRAMMING	91
<i>A.I. Ostapyuk, Y.V. Malyusin, I.V. Usovik, P.O. Drozdova, D.R. Efendieva</i> STUDY OF THE GENETIC ALGORITHM FOR ROUTING IN THE CONTEXT OF MULTI-SATELLITE COMMUNICATION AND DATA TRANSMISSION SYSTEMS	94
<i>D.S. Ponomarev</i> METHODS FOR ASSESSING THE PARAMETERS OF LABOR RESOURCES OF THE PRODUCTION SECTOR OF THE PENITENTIARY SYSTEM	98
<i>M.M. Rudenko, E.M. Smirnova</i> TO ASSESS ECONOMIC LOSSES DURING THE CONSTRUCTION OF LINEARLY EXTENDED FACILITIES	101
<i>R.I. Sokolov, D.A. Mikhailik, V.A. Nokhrin</i> INVESTIGATION OF THE QUALITY OF COMPRESSION AND RECOVERY OF AUDIO FILES USING AN ALGORITHM FOR EVALUATING THE INFORMATIVENESS OF A RANDOM TIME SERIES	105
<i>E.G. Tsarkova</i> APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS WHEN CREATING A SOFTWARE PACKAGE FOR PROCESSING CITIZENS' APPEALS TO THE FEDERAL PENITENTIARY SERVICE OF RUSSIA	109

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

<i>A.A. Baevsky, I.N. Shkanov, N.V. Ershov, M.M. Agapov, E.S. Anosova</i> DEVELOPMENT OF MODELS FOR AN AUTOMATED SYSTEM FOR PLANNING REPAIRS AND SUPPLIES OF SPARE PARTS FOR CONFECTIONERY INDUSTRY ENTERPRISES	112
<i>I.N. Galenya, M.S. Kozhukhova, V.S. Vishnevsky, A.N. Korkishko, S.V. Romanov</i> APPLICATION AND ADVANTAGES OF THE TECHNOLOGY LASER CLEANING OF METAL IN COMPARISON WITH TRADITIONAL SANDBLASTING	116
<i>D.P. Salova, T.G. Vinogradova, L.V. Seliverstova, P.M. Salov, S.V. Solin, S.S. Sorokin</i> GRINDING OF MAGNET BLANKS IN MULTI-SEAT DEVICES WITH PROCESS STABILIZING ELEMENTS	121
<i>A.R. Fardeev</i> MEANS OF HYDROAUTOMATICS AND HYDRAULIC EQUIPMENT USED IN THE CONTROL SYSTEM OF COMBINED POWER SUPPLY OF AUTOMATIC FLUID SUPPLY SYSTEM	124
<i>S.V. Kharlashina, I.O. Gushchin</i> TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES FOR CONTROL OF THERMAL OSCILLATIONS DURING EBW	128

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

<i>S.N. Efimov, D.L. Nikiforov, I.A. Provornykh, K.A. Moiseeva</i> SOFTWARE SYSTEM FOR CALCULATING THE RELIABILITY PARAMETERS OF A HETEROGENEOUS HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX	131
<i>A.A. Lobanov, I.V. Cherepanov</i> THE SYSTEM OF TEXT MESSAGE MODERATION IN MESSENGERS	134
<i>E.N. Natochaya, V.V. Natochiy, S.A. Litvinova</i> FUZZY MODEL FOR ASSESSING INDIVIDUAL ACHIEVEMENTS OF UNIVERSITY STUDENTS	138

ABSTRACTS	141
------------------	-----

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

1.2.2.

**Х.М. Гукетлов, А.М. Шинахов, И.А. Жирикова,
А.А. Дугулубгов, И.У. Жилетежев**

ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
123guket@mail.ru

**К ВОПРОСУ О РЕЖИМЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ РЕАЛЬНЫХ
УСЛОВИЯХ ОБЛАЧНОСТИ В Г. НАЛЬЧИКЕ**

В статье приводится метод оценки режима вертикальной освещенности, который основывается на фотометрических измерениях при реальных условиях облачности в г. Нальчике. Получены функциональная зависимость изменения вертикальной освещенности от времени суток для поверхностей, различно ориентированных по сторонам горизонта в различные времена года и коэффициенты вертикальной освещенности.

Ключевые слова: вертикальная освещенность, функциональная зависимость, аппроксимирующий полином, естественное освещение, коэффициент вертикальной освещенности.

Освещенность некоторого объекта, находящегося в помещении, складывается из освещенностей, создаваемых прямым солнечным светом, рассеянным светом неба, светом, отраженным от земли и от других видимых из окон предметов, в частности, от фасадов противостоящих зданий.

Последнее становится актуальным в связи с уплотнением городской застройки, так как доля освещенности светом, отраженного от фасадов противостоящих зданий, ощутимо высока.

Существующие методы определения естественной освещенности фасадов зданий разработаны применительно к стандартному облачному небу, обладающему симметричным распределением яркости независимо от времени суток, сезона года и ориентации фасадов по сторонам горизонта. Такая яркостная картина заключена в СНиП 23-05-95* [1]. В расчетах естественного освещения не учитывается изменение освещенности по сторонам горизонта, следовательно, закономерности, установленные для средних и северных широт, нельзя механически перенести на южные районы, так как особенности светового климата не могут не отразиться на распределении вертикальных освещенностей и в реальных условиях городской застройки.

Южные фасады за год имеют значительно большую освещенность, чем фасады, ориентированные на северную часть небосвода.

Наблюдения за естественной освещенностью проводились на протяжении 2,5 лет при реальных условиях облачности на специальной фотометрической площадке с открытым горизонтом, оборудованной на крыше двухэтажного лабораторного корпуса КБГУ [2]. На штативе были смонтированы селеновые фотоэлементы, строго ориентированные по четырем румбам горизонта. Пятый фотоэлемент был установлен горизонтально. Запись освещенностей велась с помощью автоматического самопишущего многоточечного потенциометра. Показания самопишущего прибора контролировались люксметром Ю116, который периодически градуировался на фотометрической скамье лаборатории строительной физики. Коэффициент отражения подстилающей поверхности – 0.25.

Для получения функциональной зависимости вертикальной освещенности от времени суток была произведена полиномиальная аппроксимация данных измерений с помощью процедуры «polyfit (x,y,n)» системы MatLAB [3].

$$E(t) = a_4 t^4 + a_3 t^3 + a_2 t^2 + a_1 t + a_0 ,$$

где n – порядок аппроксимирующего полинома. Для порядка аппроксимирующего полинома $n = 4$ зависимость аппроксимируется параболой четвертой степени.

Таблица – Значения коэффициентов аппроксимирующего полинома для различных ориентаций вертикальных поверхностей и месяцев года

Ориентация	Месяца года	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
Восток	январь	0,0002	-0,0091	0,1291	-0,6982	1,1223
	февраль	0	0,0019	-0,0390	0,3443	-1,0746
	июнь	0	0,0028	-0,0571	0,5039	-1,5541
	июль	0,0003	-0,0116	0,1105	-0,0995	-1,3527
	август	0	0,0026	-0,0518	0,4399	-1,3136
	ноябрь	-0,0001	0,0033	-0,0570	0,4218	-1,1263
Север	февраль	0	0,0024	-0,0433	0,3450	-1,0028
	июнь	0,0001	-0,0047	0,0863	-0,6654	1,9785
	июль	-0,0003	0,0159	-0,3041	2,6401	7,5212
	август	0,0001	-0,0055	0,1069	-0,8853	2,7096
	сентябрь	сентябрь	0,0001	-0,0060	0,1046	2,1435
	октябрь	октябрь	-0,0006	0,0254	-0,4327	-8,6149
Юг	январь	0,0006	-0,0287	0,4913	-3,4917	8,8091
	февраль	февраль	-0,0001	0,0039	-0,0654	-1,3621
	июнь	0,0005	-0,0257	0,4326	-3,0644	7,8377
	июль	0,0004	-0,0179	0,3178	-2,3422	6,2013
	август	0,0001	-0,0046	0,0825	-0,6300	1,7531
	сентябрь	0,0002	-0,0087	0,1581	-1,2323	3,4992
Запад	январь	-0,0003	0,0150	-0,2409	1,7219	-4,5983
	февраль	-0,0001	0,0045	-0,0761	0,5646	-1,5413
	июнь	-0,0001	-0,0008	0,0893	-0,9879	3,5971
	июль	-0,0004	0,0180	-0,3085	2,3068	-6,3089
	август	0	-0,0065	0,2054	-2,1478	7,7696
	сентябрь	-0,0004	0,0216	-0,3672	2,7336	-7,1947

На основании этой зависимости были построены графики (рис. 1-4), показывающие изменение освещенности на различно ориентированных вертикальных поверхностях в течение суток.

Характер изменения кривых четко показывает, что наибольшее освещение в утренние часы получают вертикальные поверхности, ориентированные на Восток (рис. 3) и на Запад в послеобеденное время (рис. 1). Наименьшие значения освещенности принимают поверхности, ориентированные на Север (рис. 2), но с плавным увеличением по мере приближения к лету. Вертикальные поверхности Южной ориентации в течение года принимают освещенности (рис. 4), превышающие значение горизонтальные освещенности зимой, например, при Южной ориентации, вертикальная освещенность почти в два раза больше горизонтальной.

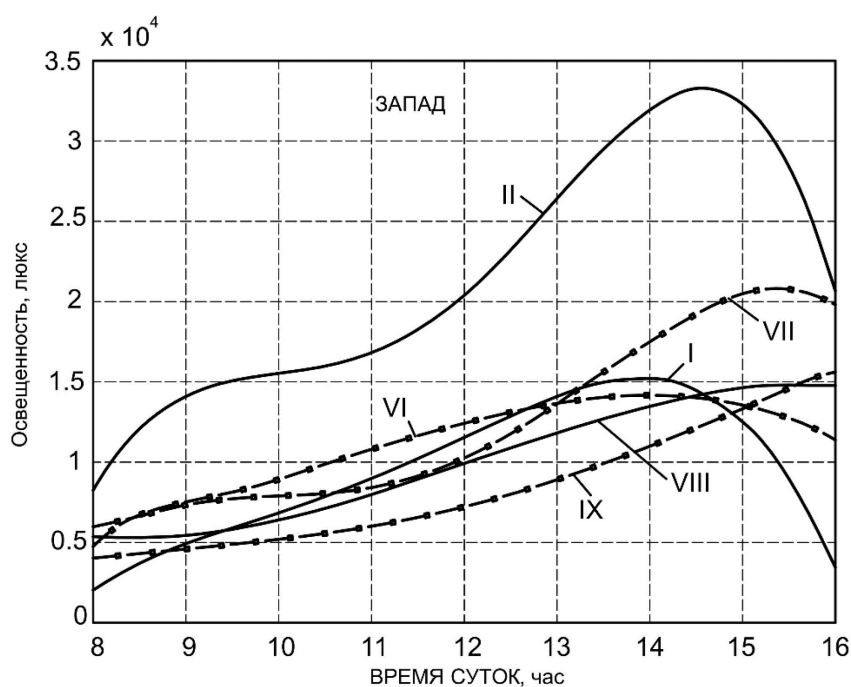


Рис.1 - Кривые среднего за месяц суточного хода наружной суммарной вертикальной освещенности на поверхности, ориентированной на Запад для г. Нальчика в (I, II, VI, VII, VIII, IX) месяцы года

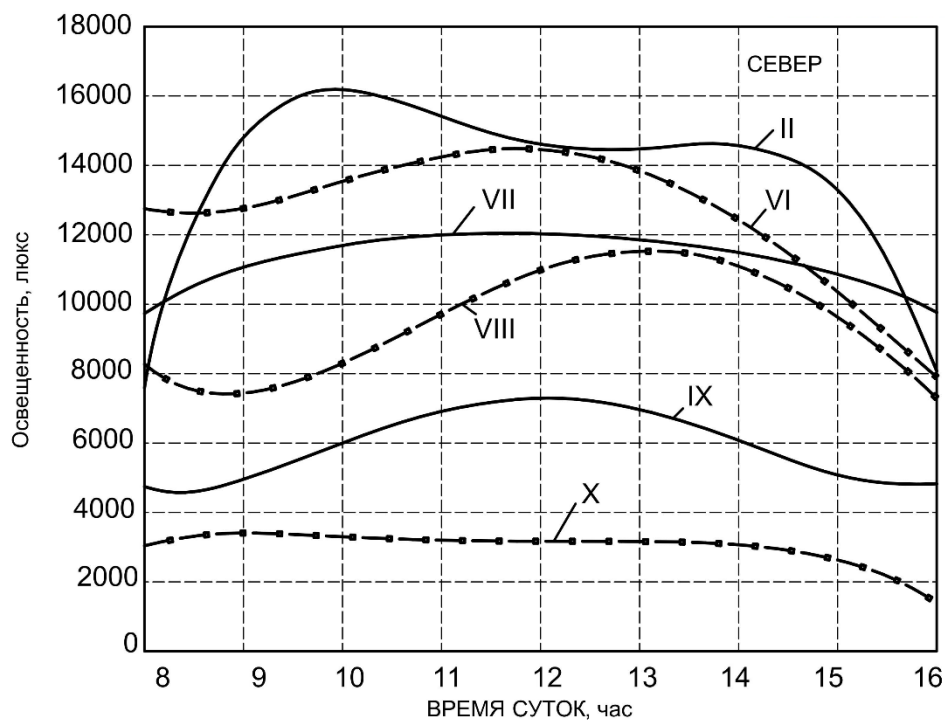


Рис.2 - Кривые среднего за месяц суточного хода наружной суммарной вертикальной освещенности на поверхности, ориентированной на Север для г. Нальчика в (II, VI, VII, VIII, IX, X) месяцы года

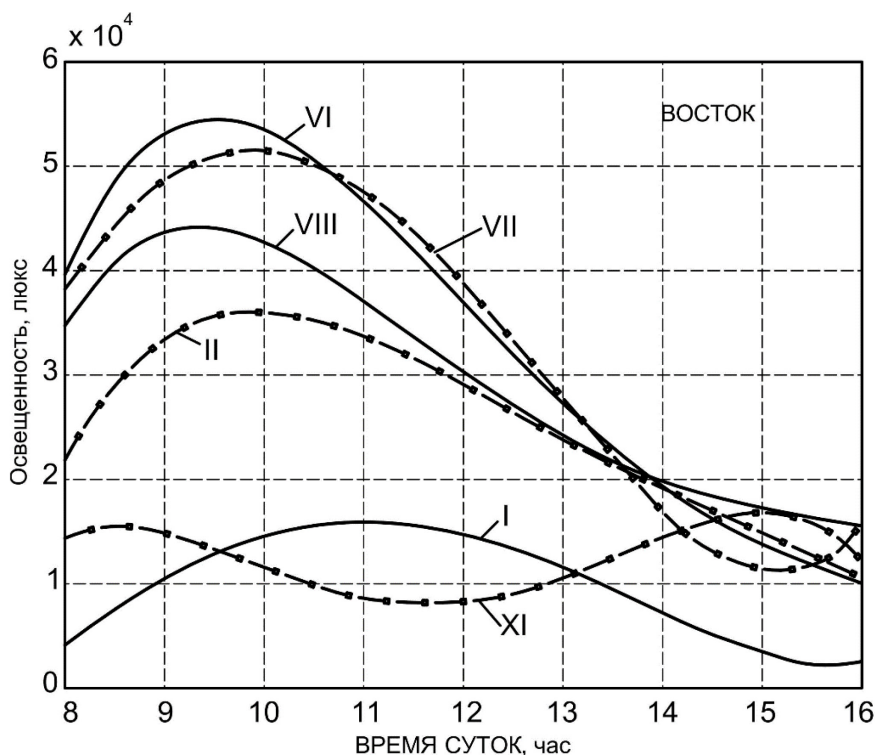


Рис.3 - Кривые среднего за месяц суточного хода наружной суммарной вертикальной освещенности на поверхности, ориентированной на Восток для г. Нальчика в (I, II, VI, VII, VIII, XI) месяцы года

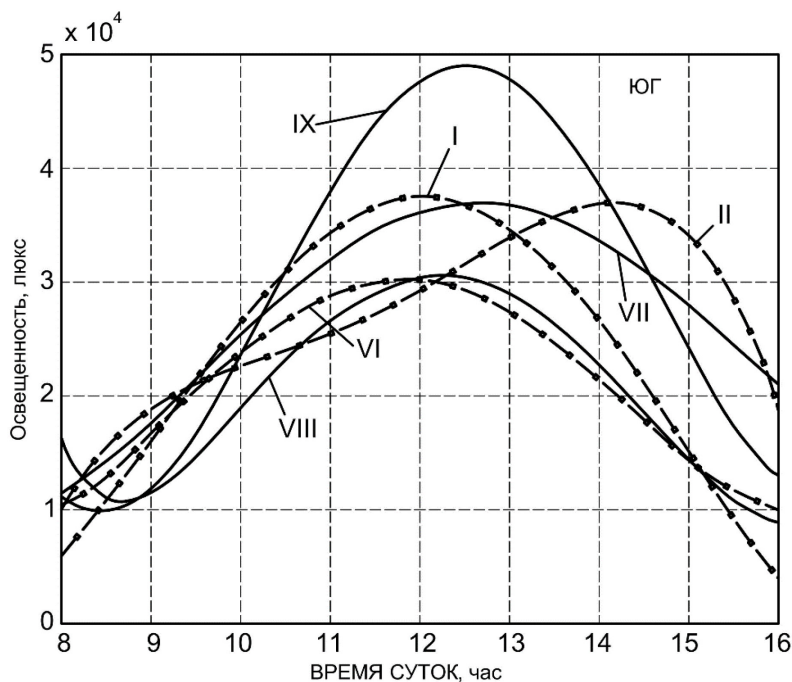


Рис.4 - Кривые среднего за месяц суточного хода наружной суммарной вертикальной освещенности на поверхности, ориентированной на Юг для г. Нальчика в (I, II, VI, VII, VIII, IX) месяцы года

Связь между рассеянной освещенностью при ясном небе на горизонтальной и различно ориентированных вертикальных поверхностях для средних и северных широт изучалась различными авторами (Л.Л. Дашкевич, М.С. Аверкиев, И.С. Суханов и др.). Ими были рассчитаны коэффициенты вертикальной освещенности и построены графические зависимости. Коэффициент вертикальной освещенности определяется путем отношения вертикальной освещенности к одновременной горизонтальной освещенности.

На рис. 5 и 6 представлены коэффициенты вертикальной освещенности, полученные нами при естественных условиях облачности (рассеянная освещенность плюс освещенность от солнца). Эти коэффициенты обладают достаточным постоянством по сравнению с абсолютными величинами вертикальных освещенностей. Имея эти коэффициенты по данным многолетних наблюдений горизонтальных освещенностей, легко вычисляются значения вертикальных освещенностей при естественных условиях облачности.

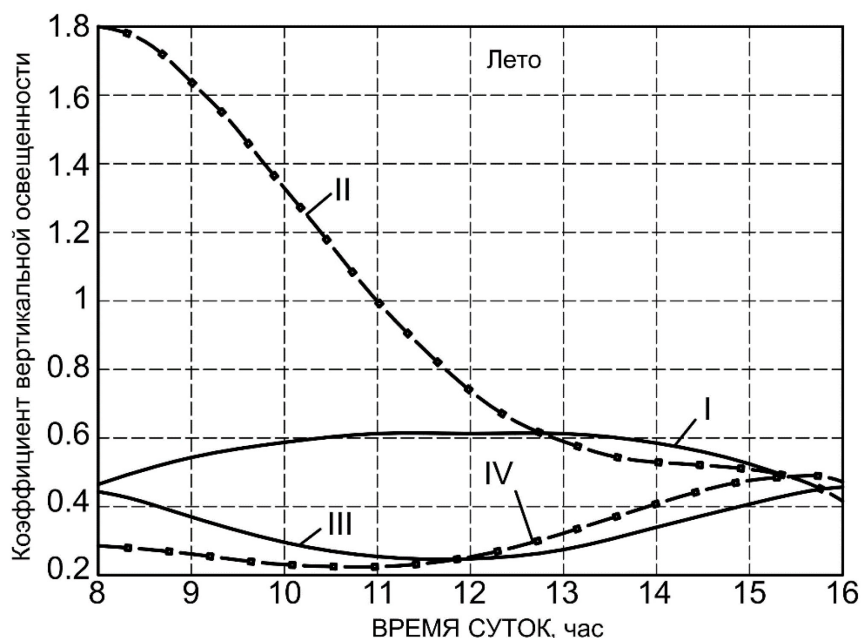


Рис.5 - Изменение коэффициента вертикальной освещенности в течение летних суток для различно ориентированных по сторонам горизонта вертикальных поверхностей
I – Юг, II - Восток, III – Север, IV – Запад

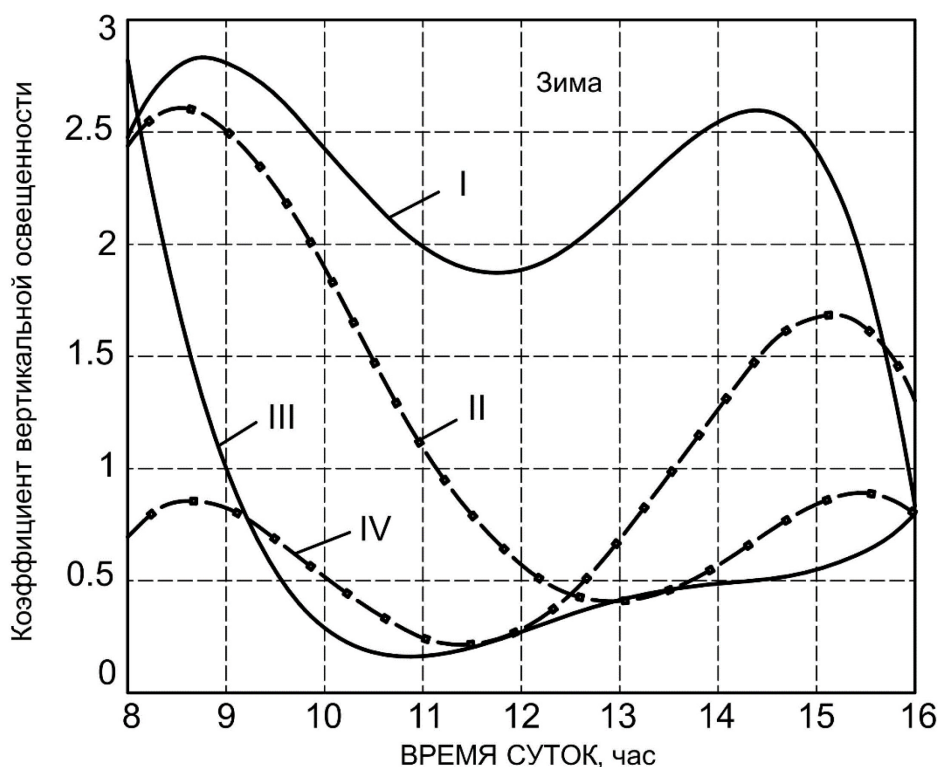


Рис.6 - Изменение коэффициента вертикальной освещенности в течение зимних суток для различно ориентированных по сторонам горизонта вертикальных поверхностей
I – Юг, II - Восток, III – Север, IV – Запад

В заключении следует отметить, что полученные функциональная зависимость и коэффициенты вертикальной освещенности позволят более полно использовать природные световые ресурсы г. Нальчика при расчете естественного освещения помещений с учетом отраженного света от противостоящих зданий.

Список литературы

1. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. М., 2004. -53с.
2. Карданов Л.Т., Гукетлов Х.М., Бжахов М.И. Оценка некоторых характеристик светового климата в г. Нальчике. Материалы научно-практической конференции Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной академии. Технические науки. – Нальчик: КБГСХА, 1996. – С. 258-263.
3. Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x. – К.: Издательская группа BHV, 2000. –384 с.

1.2.2.

Н.И. Зонов канд. техн. наук, Д.В. Моисеев канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
navicontr@mail.ru, moiseev801@mail.ru

ПРИБЛИЖЕНИЕ ПОЛИНОМАМИ ФУНКЦИЙ ВЕКТОРНОГО АРГУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗИСНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ

Приведено решение задачи аппроксимации функций n -мерного аргумента полиномами заданной степени на заданном множестве узлов методом наименьших квадратов. Для записи аппроксимирующих полиномов используется векторная символика. Благодаря этому решение задачи имеет предельно простой вид. Статья может быть полезна специалистам, решающим как прикладные, так и теоретические задачи.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, узловые значения функции, полиномиальная аппроксимация, базисные произведения.

Введение

Разложение функций в ряд Тейлора не всегда подходит для решения практических задач вне зависимости от порядка разложения функции. Дело в том, что ряд Тейлора не обеспечивает равномерного по точности приближения функции в окрестности точки разложения (см., например, формулу Тейлора с остаточным членом в форме Пеано [1]).

Альтернативный подход к приближению функций векторного аргумента состоит, как правило, в использовании методов аппроксимации, наиболее простым и эффективным из которых, является метод наименьших квадратов с применением в качестве базисных (приближающих) функций полиномов различной степени. При этом, если степень приближения известна заранее и относительно невелика (не более четырёх), проблем с записью приближающей функции в виде суммы полиномов различной степени, входящих в сумму со своими весами, подлежащими определению, не возникает. Запись аппроксимирующей функции для произвольной степени приближения не столь очевидна.

В данной работе для компактной записи аппроксимирующих полиномов в общей постановке (т.е. для произвольной размерности аргумента и произвольного порядка приближения) используется только векторная символика. С учётом этого решение задачи приближения функций полиномами по методу наименьших квадратов получено в предельно простом и универсальном виде.

Стремление к предельной простоте и универсальности особенно актуально для случаев, когда задача аппроксимации является промежуточной. Например, в алгоритмах автономной навигации [2], для определения статистических характеристик нелинейностей моделей эволюции состояния системы и измерений авторы использовали схему n -мерной интерполяции указанных моделей, приведённую в работе [3]. Данная схема, является хорошей основой для приближения функций полиномами второго порядка. Построить работоспособный в смысле быстродействия алгоритм более высокого порядка в полном объёме (без упрощений) по этой схеме не удаётся. Изложенная проблема послужила стимулом к проведению данной работы.

Запись полиномов как функций n -мерного аргумента

Используем векторную символика для записи полиномов как функций n -мерного аргумента.

Пусть $x, \hat{x} \in \mathbb{R}^n$, $\Delta x = x - \hat{x}$.

Определение. Назовём базисным произведением степени s вектор-функцию $\Delta X(\Delta x, s)$ размерности m , если выполняются условия

1. Каждая компонента базисного произведения $\Delta X_j(\Delta x, s)$ ($j = \overline{1, m}$) есть произведение компонент вектора Δx , некоторые из которых могут входить в $\Delta X_j(\Delta x, s)$ кратно.
2. Количество сомножителей, входящих в каждую из компонент базисного произведения, с учётом кратности равно s .
3. В совокупности произведений, образующих базисное произведение, нет совпадающих, т.е. $(\forall i \neq j) (\Delta X_i(\Delta x, s) \neq \Delta X_j(\Delta x, s))$ ($i, j = \overline{1, m}$).

Примечания.

1. Если в базисное произведение входит максимально возможное количество компонент, соответствующих трём изложенным требованиям, то такое произведение будем называть полным базисным или просто базисным произведением. Если некоторые из компонент по каким-либо соображениям исключаются из базисного произведения, то такое произведение будем называть усечённым базисным произведением.

2. Размерность m базисного произведения $\Delta X(\Delta x, s)$ определяется степенью s и размерностью n вектора Δx т.е. $m = m(s, n)$. В частности,

$$m(3, 2) = 4; m(3, 3) = 10; m(2, 3) = 6; m(4, 3) = 15;$$

3. Компоненты базисного произведения с точностью до постоянных (мультиномиальных) коэффициентов совпадают со слагаемыми полинома Ньютона

$$P(s, n) = (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n)^s = \sum_{k_j > 0; k_1 + k_2 + \dots + k_n = s} \frac{n!}{k_1! k_2! \dots k_n!} \Delta x_1^{k_1} \Delta x_2^{k_2} \dots \Delta x_n^{k_n}.$$

Например, для $s = 3; n = 3$:

$$\Delta X(\Delta x, s) = \|\Delta x_1^3, \Delta x_1^2 \Delta x_2, \Delta x_1^2 \Delta x_3, \Delta x_1 \Delta x_2^2, \Delta x_1 \Delta x_2 \Delta x_3, \Delta x_1 \Delta x_3^2, \Delta x_2^3, \Delta x_2^2 \Delta x_3, \Delta x_2 \Delta x_3^2, \Delta x_3^3\|;$$

$$P(s, n) = \Delta x_1^3 + 3\Delta x_1^2 \Delta x_2 + 3\Delta x_1^2 \Delta x_3 + 3\Delta x_1 \Delta x_2^2 + 6\Delta x_1 \Delta x_2 \Delta x_3 + 3\Delta x_1 \Delta x_3^2 + \Delta x_2^3 + 3\Delta x_2^2 \Delta x_3 + 3\Delta x_2 \Delta x_3^2 + \Delta x_3^3.$$

Перейдём к непосредственному определению вида полинома заданной степени q как функции n -мерного аргумента x в окрестности опорного значения $\hat{x}$. Коэффициенты полинома задаются набором векторов

$$a_k \in \mathbb{R}^{m_k}; k = \overline{0, q}. \quad (1)$$

В этих условиях требуемый полином с использованием базисных произведений приобретает вид:

$$P(x) = a_0 + \sum_{k=1}^q a_k \Delta X(\Delta x, k); \Delta X(\Delta x, k) \in \mathbb{R}^{m_k}; a_0 \in \mathbb{R}^1. \quad (2)$$

Последнее соотношение можно переписать по-другому:

$$P(x) = A^T X(\Delta x, q); A, X(\Delta x, q) \in \mathbb{R}^M, \quad (3)$$

где

$$M = 1 + m_1 + m_2 + \dots + m_q; A^T = \|a_0, a_1^T, a_2^T, \dots, a_q^T\|; \quad (4)$$

$$X^T(\Delta x, q) = \|1, \Delta X^T(\Delta x, 1), \Delta X^T(\Delta x, 2), \dots, \Delta X^T(\Delta x, q)\|. \quad (5)$$

Пример.

Определим вид полинома для $q = 3, n = 3$. В этом случае (см. Прим. 2)

$$M = 1 + m_1(1, 3) + m_2(2, 3) + m_3(3, 3) = 1 + 3 + 6 + 10 = 20;$$

$$A^T = \|a_0, a_1^T, a_2^T, a_3^T\|; A \in \mathbb{R}^{20}; a_0 \in \mathbb{R}^1; a_1 \in \mathbb{R}^3; a_2 \in \mathbb{R}^6; a_3 \in \mathbb{R}^{10};$$

$$X^T(\Delta x, q) = \|1, \Delta X^T(\Delta x, 1), \Delta X^T(\Delta x, 2), \Delta X^T(\Delta x, 3)\|;$$

$$X(\Delta x, q) \in \mathbb{R}^{20}; \Delta X(\Delta x, 1) \in \mathbb{R}^3; \Delta X(\Delta x, 2) \in \mathbb{R}^6; \Delta X(\Delta x, 3) \in \mathbb{R}^{10};$$

$$\Delta X^T(\Delta x, 1) = \|\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3\|;$$

$$\Delta X^T(\Delta x, 2) = \|\Delta x_1^2, \Delta x_1 \Delta x_2, \Delta x_1 \Delta x_3, \Delta x_2^2, \Delta x_2 \Delta x_3, \Delta x_3^2\|;$$

$$\Delta X^T(\Delta x, 3) = \|\Delta x_1^3, \Delta x_1^2 \Delta x_2, \Delta x_1^2 \Delta x_3, \Delta x_1 \Delta x_2^2, \Delta x_1 \Delta x_2 \Delta x_3, \Delta x_1 \Delta x_3^2, \Delta x_2^3, \Delta x_2^2 \Delta x_3, \Delta x_2 \Delta x_3^2, \Delta x_3^3\|.$$

Подставляя приведенные соотношения для определения вектора $X(\Delta x, q)$ в соотношение (3), получим полином искомого вида, т.е. полином третьей степени с трёх-мерным аргументом.

Аппроксимация функции n-мерного аргумента

Постановка задачи. Пусть $f(x)$ – непрерывная скалярная функция векторного аргумента $x \in \mathbb{R}^n$ и задан полином степени q вида (3–5). В соответствии с постановкой задачи требуется определить коэффициенты $A \in \mathbb{R}^M$ полинома (3–5), доставляющие минимум сумме квадратов невязок узловых значений функции и узловых значений полинома в N узлах x_k ($k = \overline{1, N}$):

$$J(A) = \min_A \sum_{k=1}^N [f(x_k) - A^T X(\Delta x_k, q)]^2. \quad (6)$$

Решение поставленной задачи с учётом выпуклости критерия $J(A)$ существует и является единственным:

$$A = \left[\sum_{k=1}^N X(\Delta x_k, q) X^T(\Delta x_k, q) \right]^{-1} \sum_{k=1}^N f(x_k) X(\Delta x_k, q). \quad (7)$$

Полученное решение несложно и выражается конечной формулой. Относительная трудоёмкость программной реализации соотношения (7) заключается в определении базисных произведений заданной степени для векторного аргумента. Указанная проблема, однако, достаточно просто преодолевается на основе использования «Генератора сочетаний с повторениями» [4].

Выводы

1. Введение в рассмотрение определения «Базисное произведение» позволяет записать полином заданной степени как функцию n-мерного аргумента, используя при этом только векторную символику.
2. Компоненты базисных произведений с точностью до постоянных коэффициентов совпадают со слагаемыми аналогичных полиномов Ньютона.
3. Сформированное универсальное представление полинома с использованием только векторной символики позволяет определять в конечном аналитическом виде его коэффициенты, дающие наилучшее приближение полинома к аппроксимируемой функции по методу наименьших квадратов.
4. Универсальность записи аппроксимирующих полиномов обеспечивает простоту «перенастройки» процесса аппроксимации для выбора наиболее подходящей степени приближения в каждой конкретной задаче.

Список литературы

1. Зорич В.А. Математический анализ, часть I – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 544 с.
2. Зонов Н.И., Моисеев Д.В. Автономная навигация геостационарных КА. Часть V. Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процессов навигации с использованием спутниковых навигационных систем и астроизмерений. // Научно-технический вестник Поволжья, 2022. – №9. – с. 22–28.
3. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: Учеб. Пособие для авиационных специальностей вузов/ А. А. Лебедев и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 280 с.
4. Библиотека алгоритмов 1516 – 2006: Справочное Б59 пособие. Вып. 4/ М. И. Агеев, В. П. Алик, Ю. И. Марков. Под ред. М. И. Агеева. – М.: Радио и связь, 1981. – с. 13–15.

1.2.2.

**А.Е. Лебедев д-р техн. наук, А.А. Ватагин канд. техн. наук,
И.С. Гуданов канд. техн. наук, Д.С. Долгин, Ф.С. Орлов**

Ярославский государственный технический университет –
институт инженерии и машиностроения,
кафедра технологические машины и оборудования

В статье приводится исследование влияния различных форм поперечного сечения канала микроканального конденсатора, при течении и фазовом переходе хладагента на примере R134a, на эффективность охлаждения. При помощи компьютерного моделирования выявлена рациональная форма сечения. Приведенное исследование способствует оптимальную проектированию габаритных размеров микроканальных конденсаторов.

Ключевые слова: микроканальный конденсатор, фреон, холодильный цикл, алюминий, поперечное сечение.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КАНАЛОВ МИКРОКАНАЛЬНОГО КОНДЕНСАТОРА НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ХЛАДАГЕНТА

В настоящее время в области холодильного оборудования борются за повышение энергоэффективности выпускаемых холодильных установок. Применение теплообменных аппаратов, а именно конденсаторов, на основе микроканальной технологии является одним из эффективных способов интенсификации процессов охлаждения. Конструктивно микроканальный теплообменник состоит из трех основных элементов: микроканальных пластин, полученных методами экструдирования или деформирующего резания, ребер между ними и двух коллекторов [1-5].

Работают конденсаторы на разнице температур между окружающей средой и веществом внутри. Разница между температурами хладагента и воздуха называется температурой недорекуперации. Чем выше эта разница, тем интенсивнее идет теплообмен. Чем ниже недорекуперация, тем ниже будет интенсивность теплообмена и тем больше должна быть необходимая полезная площадь теплообменного аппарата. Это означает, что уменьшение разницы температур будет сопровождаться увеличением массы и габаритов, а также ростом их стоимости. В связи с этим начинают использовать микроканальные конденсаторы [1-5]. Основными достоинствами микроканальных конденсаторов являются:

- меньшие габариты, масса и стоимость;
- Снижение потерь давления по воздуху на 50 %;
- повышенная коррозионная стойкость конструкции за счет применения алюминия и отсутствия гальванической коррозии;
- применяются в агрессивных средах.
- Сниженный внутренний объем требует на 30 % меньшей заправки хладагентом, что дополнительно снижает массу заполненного аппарата. [1].

Таким образом, применение микроканальных конденсаторов благоприятно сказывается на общем виде и компоновки холодильной техники.

В большинстве случаев в микроканальных конденсаторах используются каналы, поперечное сечение которых выполнено в круглой форме. Однако, такая форма канала не всегда является рациональной. Проанализировав существующие конструкции конденсаторов и их режим работы, было предложено выполнить каналы иной формы, а именно прямоугольной с закругленными углами и с наличием внутренних ребер (рис. 1).

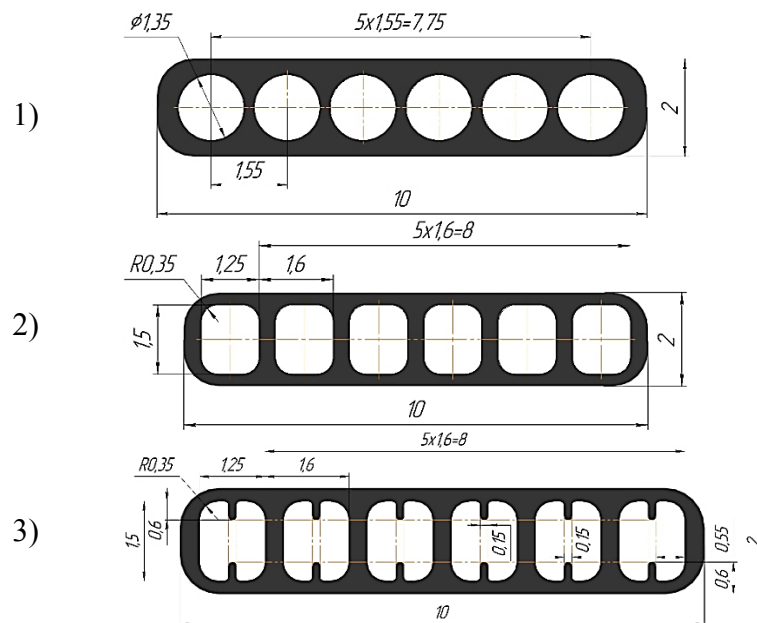


Рис. 1 – Исследуемые формы каналов конденсатора:

1-круглое сечение ($S=1,43 \text{ мм}^2$), 2-прямоугольное сечение канала со скругленными углами ($S=1,77 \text{ мм}^2$), 3- прямоугольное сечение канала со скругленными углами и ребрами ($S=1,66 \text{ мм}^2$)

На примере микроканального конденсатора мощностью 4 кВт, проведем компьютерное моделирование течения фреона по каналам. Для расчета воспользуемся программным продуктом SolidWorks: Flow Simulation [6]. С помощью технологий САПР были спроектированы каналы конденсатора со следующими параметрами. Общая длина канала $L=400 \text{ мм}$, габариты в сечении представлены на рис.1.

Для проведения расчетов задавались следующие данные:

- Протекающий газ – реальный газ: фреон R134a;
- Материал канала – алюминий;
- Массовый расход на входе – $0,0187 \text{ кг/с}$;
- На входе в каналы давление фреона $P=1,2 \text{ МПа}$ с температурой $T=50 \text{ }^\circ\text{C}$;
- На выходе из канала статическое давление $P=1,2 \text{ МПа}$.

Целями исследования были давление, скорость потока и температура текучей среды. При проведении расчетов с реальными газами, программный продукт SolidWorks: Flow Simulation использует модифицированное уравнение состояния Редлиха-Квонга:

$$P_r = T_r \cdot \left(\frac{1}{\Phi_r - b} - \frac{a}{\Phi_r(\Phi_r + c)} \right) \quad (1)$$

где $P_r = P/P_c$; $T_r = T/T_c$; $F_r = V \cdot P_c / (R \cdot T_c)$ – уменьшенное давление, температура и удельный объем соответственно, V – молярный объем, P_c и T_c – критическое давление и температура соответственно и R – газовая постоянная.

На рис. 2-4 представлены результаты анализа круглой формы канала. В результате расчета на входе в канал скорость порядка 30 м/с , на выходе из канала – $38,7 \text{ м/с}$, причем увеличение скорости происходит, после фазового перехода, ближе к концу канала. Картина распределения давления показывает, что давление на входе в канал увеличивается, по сравнению с заданным, до $1,37 \text{ МПа}$, что является нормальным явлением для парокомпрессионного цикла холодильной машины, свидетельствующим о перегретом паре, на выходе давление соответствует конденсации фреона – $1,2 \text{ МПа}$, падение имеет ступенчатый характер.

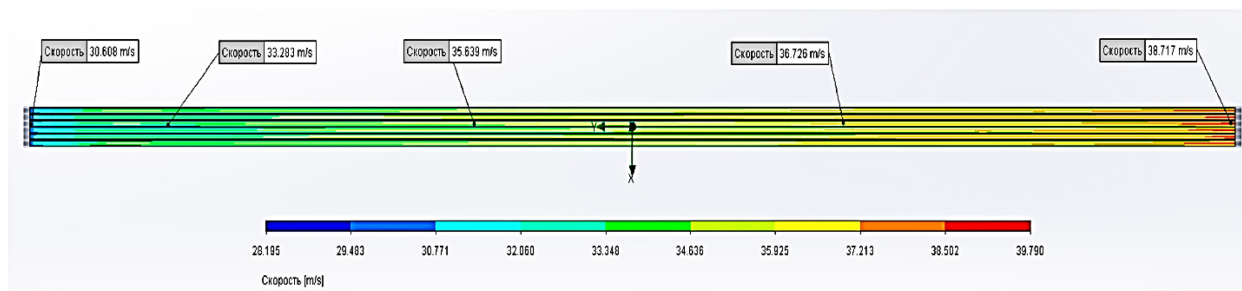


Рис. 2 – Распределение скорости фреона канала круглой формы

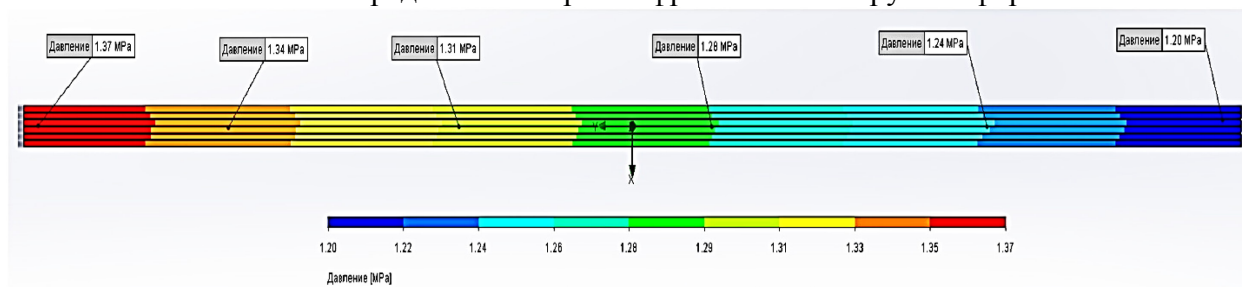


Рис. 3 – Распределение давления фреона канала круглой формы

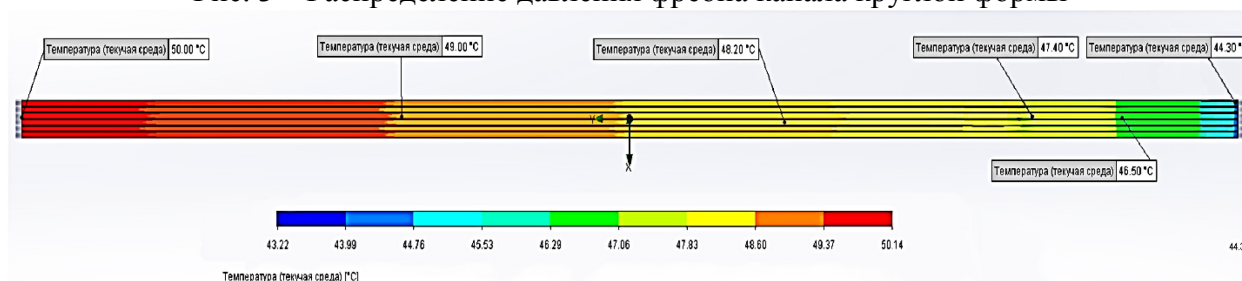


Рис. 4 – Распределение температуры текучей среды в канале круглой формы

На рис. 5-7 представлены результаты анализа прямоугольной формы канала. Анализ результатов показывает, что в сравнении с круглой формой, скорость на входе и выходе из канала меньше и составляет 27 м/с и 33 м/с соответственно. Картина распределения выглядит более равномерной. В результате расчета давления в канале видно, что давление на входе 1,31 МПа, а на выходе соответствует конденсации фреона, падение также имеет ступенчатый характер. По сравнению с круглым сечением картина распределения более ровная.

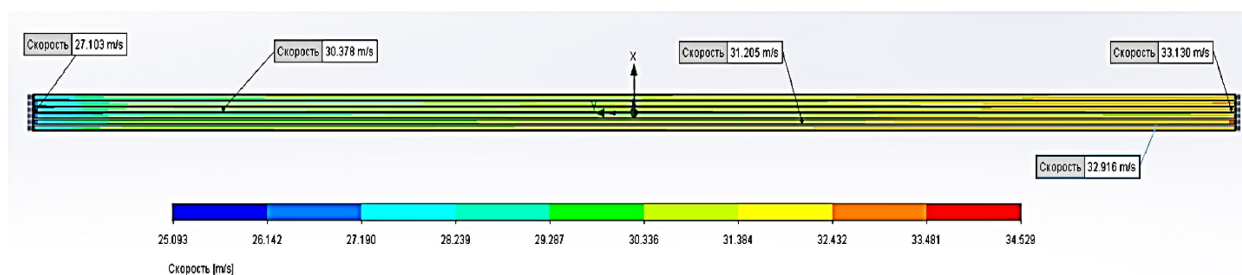


Рис. 5 – Распределение скорости фреона канала прямоугольной формы

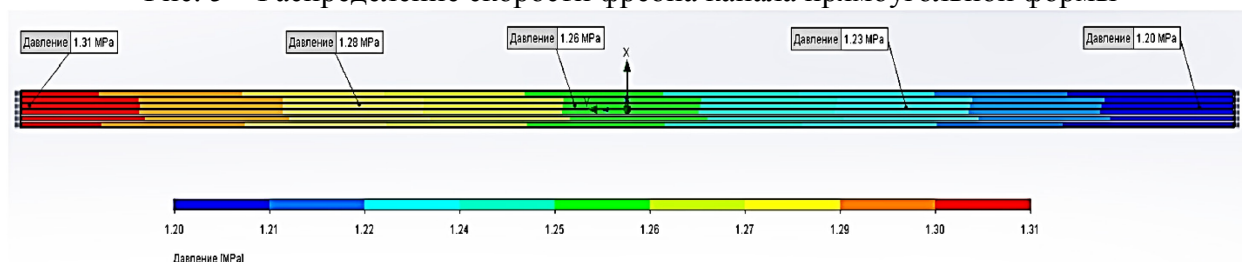


Рис. 6 – Распределение давления фреона канала прямоугольной формы

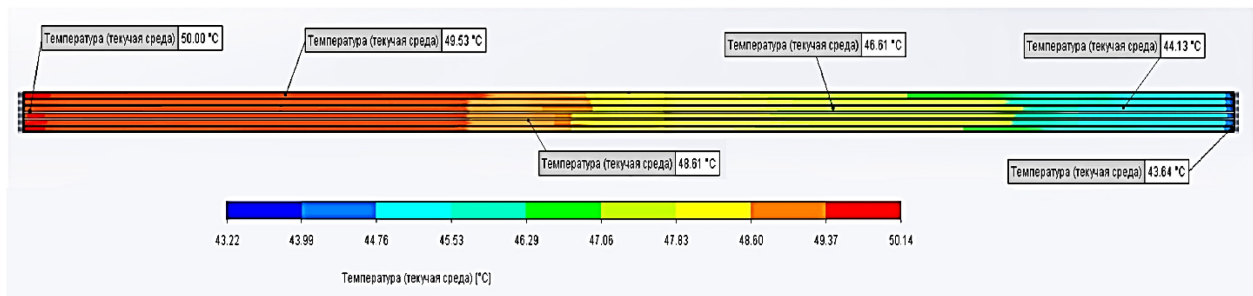


Рис. 7 – Распределение температуры текучей среды в канале прямоугольной формы

На рис. 8-10 представлены результаты анализа прямоугольной формы канала с ребрами. В результате расчета на входе в канал скорость порядка 27 м/с, на выходе из канала – 35,3 м/с, причем увеличение скорости происходит, с середины каналов, в районе фазового перехода. Анализ результатов по давлению показывает, что распределение равномерное по длине канала, имеет ступенчатый характер, аналогичное распределению при прямоугольной форме. На входе в канал давление 1,35 МПа, а на выходе – 1,2 МПа, что примерно аналогично круглой форме.

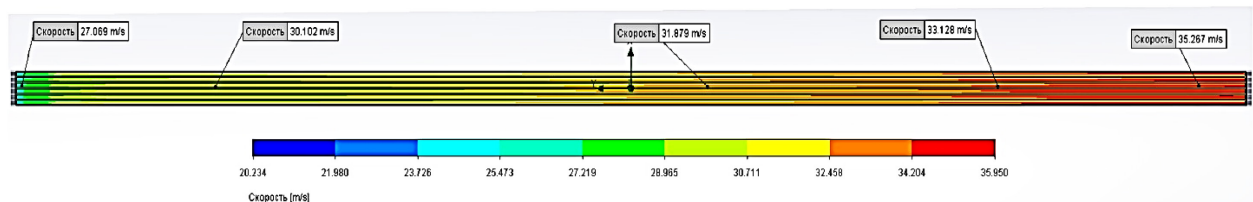


Рис. 8 – Распределение скорости фреона канала прямоугольной формы с ребрами

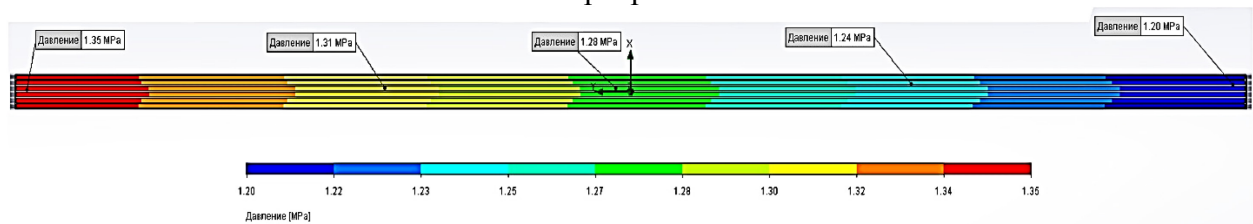


Рис. 9 – Распределение давления фреона канала прямоугольной формы с ребрами

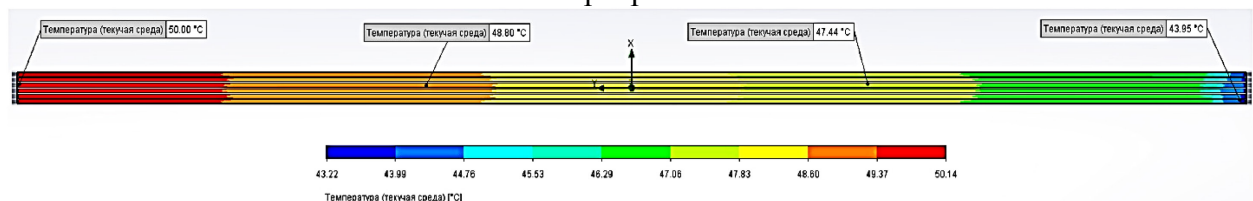


Рис. 10 – Распределение температуры текучей среды в канале прямоугольной формы с ребрами

Стоит отметить, что используемая модель реального газа позволяет предсказать возможность фазового перехода [2, 4, 5]. Согласно литературным источникам и практическим наблюдениям оптимальным значением температурного перепада (в зависимости от температуры фреона и парокомпрессионного цикла) является значение около 5 °C.

Анализируя картины распределения температуры (рис. 4, 7, 10) наблюдается следующие. Во всех случаях температура на выходе находилась в допустимых пределах, причем в круглом сечении значение – 44,3 °C; в прямоугольном сечении значение – 43,6 °C; в прямоугольном сечении с ребрами значение – 43,95 °C. Картина распределения во всех случаях имела ступенчатый характер. Наиболее плавные изменения происходили в каналах прямоугольной формы с ребрами.

При одинаковых исходных параметрах форма канала конденсатора играет большую роль при протекании процесса. Наличие ребер, представленной конструкции, в каналах не повлияли на скорость протекания фреона. Давление в системе осталось на том же уровне, что и в каналах круглой формы. Наличие ребер в каналах будет способствовать увеличению теплопередачи примерно на 15-20%, что в свою очередь повлияет на фазовый переход между газообразным и жидким фреоном, т.к. процесс будет наступать раньше.

Список литературы

1. Бараненко А.В., Лаптев Ю.А., Ховалыг Д.М. Миниканальные теплообменники в холодильной технике. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014, №3, с.1 – 8;
2. Ховалыг Д.М., Бараненко А.В. Теплоотдача при кипении хладагентов в малых каналах. // Вестник Международной академии холода. – 2013. № 4. С. 3-12;
3. Шелякин И.Д., Стриженов Е.М., Чугаев С.С. и др. Математическое моделирование процесса охлаждения адсорбентов с различной геометрией каналов при низкотемпературной циркуляционной заправке метаном // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2022, №12 С. 29-33.
4. Минаков А.В., Лобанов А.А., Дектерев А.А. Моделирование гидродинамики и конвективного теплообмена в микроканалах. // Вычислительная механика сплошных сред, 2012, Т.5, № 4, с.481 – 488;
5. Бараненко А.В., Сатин Н.И., Лоскутов А.С. Теплообмен при конденсации хладагентов в миниканалах. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2015, №3, С. 13-26.
6. Программный продукт SolidWorks: Flow Simulation 2021 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.solidworks.com>. Лицензия для образовательных учреждений № 9710004411973644, срок действия не ограничен;

1.2.2.

Ю.Г. Полкунов, М.Ю. Лобода

Оренбургский государственный университет,
 институт математики и информационных технологий,
 кафедра прикладной математики,
 Оренбург, polkunov_ug@mail.ru, marianne_03@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОБЪЕМНЫХ ТРЕЩИН, ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПЛОСКОСТЯМ OYZ И OXZ

В статье излагается новый численный, разработанный авторами, метод расчета объемных трещин, имеющих сложную форму при разрушении в конечных телах.

Ключевые слова: *объемная трещина.*

Разрушение горного массива при землетрясениях, горных ударах и добычи полезных ископаемых сопровождается образованием не только плоских – объемных трещин, но и образованием конечных тел. Для исследования этих явлений возникает необходимость разработки численных методов для моделирования развития объемных трещин.

В основе представляемого метода исследования развития объемных трещин в конечных телах заложен принцип совмещения двух методов, изложенных в работах [1] и [2].

Граничные интегральные уравнения метода разрывных смещений в объемной постановке для трещин, ортогональным плоскостям OYZ и OXZ, сводятся к решению системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} \sigma_{nx}^i &= \frac{G}{4\pi(1-\nu)} \left[\left\{ \sum_{j=1}^M A11_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B11_{ij} \right\} D_{nxj} + \right. \\ &+ \left. \left\{ \sum_{j=1}^M A12_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B12_{ij} \right\} D_{nyj} + \left\{ \sum_{j=1}^M A13_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B13_{ij} \right\} D_{nzj} \right], \\ \sigma_{ny}^i &= \frac{G}{4\pi(1-\nu)} \left[\left\{ \sum_{j=1}^M A21_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B21_{ij} \right\} D_{nxj} + \right. \\ &+ \left. \left\{ \sum_{j=1}^M A22_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B22_{ij} \right\} D_{nyj} + \left\{ \sum_{j=1}^M A23_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B23_{ij} \right\} D_{nzj} \right], \\ \sigma_{nz}^i &= \frac{G}{4\pi(1-\nu)} \left[\left\{ \sum_{j=1}^M A31_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B31_{ij} \right\} D_{nxj} + \right. \\ &+ \left. \left\{ \sum_{j=1}^M A32_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B32_{ij} \right\} D_{nyj} + \left\{ \sum_{j=1}^M A33_{ij} + \sum_{j=M+1}^N B33_{ij} \right\} D_{nzj} \right], \\ (i=1,2,\dots,N), \end{aligned}$$

где

M - количество граничных элементов (трещина ортогональна OYZ),

$$r = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2 + \bar{z}^2},$$

$$\bar{x} = x_i - x_j, \quad \bar{y} = (y_i - y_j) \cos \beta_j + (z_i - z_j) \sin \beta_j,$$

$$\bar{z} = -(y_i - y_j) \sin \beta_j + (z_i - z_j) \cos \beta_j,$$

$$\gamma = \beta_i - \beta_j,$$

β_i - угол, образованный между i -м элементом и осью OY,

β_j - угол, образованный между j -м граничным элементом и осью OY,

$$A11_{ii} = \frac{(2-\nu)\sqrt{2}G}{\pi(1-\nu)a_i}, \quad A22_{ii} = \frac{(2-\nu)\sqrt{2}G}{\pi(1-\nu)a_i},$$

$$A33_{ii} = \frac{2\sqrt{2}G}{\pi(1-\nu)a_i},$$

$$A12_{ii} = A13_{ii} = 0, \quad A21_{ii} = A23_{ii} = 0, \quad A31_{ii} = A32_{ii} = 0,$$

$$A11_{ij} = -F_{121} \sin \gamma + F_{131} \cos \gamma, \quad A12_{ij} = -F_{122} \sin \gamma + F_{132} \cos \gamma,$$

$$A13_{ij} = -F_{123} \sin \gamma + F_{133} \cos \gamma,$$

$$A21_{ij} = -F_{221} \frac{1}{2} \sin 2\gamma + F_{331} \frac{1}{2} \sin 2\gamma + F_{231} \cos 2\gamma,$$

$$A22_{ij} = -F_{222} \frac{1}{2} \sin 2\gamma + F_{332} \frac{1}{2} \sin 2\gamma + F_{232} \cos 2\gamma,$$

$$A23_{ij} = -F_{223} \frac{1}{2} \sin 2\gamma + F_{333} \frac{1}{2} \sin 2\gamma + F_{233} \cos 2\gamma,$$

$$A31_{ij} = F_{221} \sin^2 \gamma + F_{331} \cos^2 \gamma - F_{231} \sin 2\gamma,$$

$$A32_{ij} = F_{222} \sin^2 \gamma + F_{332} \cos^2 \gamma - F_{232} \sin 2\gamma,$$

$$A33_{ij} = F_{223} \sin^2 \gamma + F_{333} \cos^2 \gamma - F_{233} \sin 2\gamma,$$

$N - M$ - количество граничных элементов (трещина ортогональна OXZ),

$$\bar{x} = (x_i - x_j) \cos \psi_j + (z_i - z_j) \sin \psi_j, \quad \bar{y} = y_i - y_j,$$

$$\bar{z} = (x_i - x_j) \sin \psi_j + (z_i - z_j) \cos \psi_j,$$

$$r = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2 + \bar{z}^2},$$

$$\alpha = \psi_i - \psi_j,$$

ψ_i - угол, образованный между i -м элементом и осью OX,

ψ_j - угол, образованный между j -м элементом и осью OX,

$$\begin{aligned}
B11_{ii} &= \frac{(2-\nu)\sqrt{2}G}{\pi(1-\nu)a_i}, & B22_{ii} &= \frac{(2-\nu)\sqrt{2}G}{\pi(1-\nu)a_i}, \\
B33_{ii} &= \frac{2\sqrt{2}G}{\pi(1-\nu)a_i}, \\
B12_{ii} &= B13_{ii} = 0, & B21_{ii} &= B23_{ii} = 0, & B31_{ii} &= B32_{ii} = 0, \\
B11_{ij} &= F_{111} \frac{1}{2} \sin 2\alpha - F_{331} \frac{1}{2} \sin 2\alpha + F_{131} \cos 2\alpha, \\
B12_{ij} &= F_{112} \frac{1}{2} \sin 2\alpha - F_{332} \frac{1}{2} \sin 2\alpha + F_{132} \cos 2\alpha, \\
B13_{ij} &= F_{113} \frac{1}{2} \sin 2\alpha - F_{333} \frac{1}{2} \sin 2\alpha + F_{133} \cos 2\alpha, \\
B21_{ij} &= F_{121} \sin \alpha + F_{231} \cos \alpha, & B22_{ij} &= F_{122} \sin \alpha + F_{232} \cos \alpha, \\
B23_{ij} &= F_{123} \sin \alpha + F_{233} \cos \alpha, \\
B31_{ij} &= F_{111} \sin^2 \alpha + F_{331} \cos^2 \alpha + F_{131} \sin 2\alpha, \\
B32_{ij} &= F_{112} \sin^2 \alpha + F_{332} \cos^2 \alpha + F_{132} \sin 2\alpha, \\
B33_{ij} &= F_{113} \sin^2 \alpha + F_{333} \cos^2 \alpha + F_{133} \sin 2\alpha, \\
F_{111} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3 \frac{\bar{x}\bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}^3\bar{z}}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{112} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[(6\nu-3) \frac{\bar{y}\bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}^2\bar{y}\bar{z}}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{113} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[(2\nu-2) \frac{1}{r^3} + (3-6\nu) \frac{\bar{y}^2}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}^2\bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{121} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3\nu \frac{\bar{y}\bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}^2\bar{y}\bar{z}}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{122} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3\nu \frac{\bar{x}\bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}\bar{y}^2\bar{z}}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{123} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[(2\nu-1) 3 \frac{\bar{x}\bar{y}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}\bar{y}\bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F_{131} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-(1+\nu) \frac{1}{r^3} + 3\nu \frac{\bar{y}^2}{r^5} + 15 \frac{\bar{x}^2 \bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{132} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3\nu \frac{\bar{x} \bar{y}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x} \bar{y} \bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{133} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3 \frac{\bar{x} \bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x} \bar{z}^3}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{221} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[(6\nu - 3) \frac{\bar{x} \bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x} \bar{y}^2 \bar{z}}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{222} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3 \frac{\bar{y} \bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{y}^3 \bar{z}}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{223} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[(2\nu - 2) \frac{1}{r^3} + (3 - 6\nu) \frac{\bar{x}^2}{r^5} + 15 \frac{\bar{y}^2 \bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{231} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3\nu \frac{\bar{x} \bar{y}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x} \bar{y} \bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{232} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-(1+\nu) \frac{1}{r^3} + 3\nu \frac{\bar{x}^2}{r^5} + 15 \frac{\bar{y}^2 \bar{z}^2}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{233} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3 \frac{\bar{y} \bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{y} \bar{z}^3}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{331} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3 \frac{\bar{x} \bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{x} \bar{z}^3}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{332} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-3 \frac{\bar{y} \bar{z}}{r^5} + 15 \frac{\bar{y} \bar{z}^3}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2, \\
F_{333} &= \int_{-a}^a \int_{-a}^a \left[-\frac{1}{r^3} - 6 \frac{\bar{z}^2}{r^5} + 15 \frac{\bar{z}^4}{r^7} \right] d\xi_1 d\xi_2,
\end{aligned}$$

N - количество всех граничных элементов,

ν - коэффициент Пуассона,

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)},$$

E - модуль Юнга,

D_{nxj} , D_{nyj} , D_{nzj} - компоненты разрыва смещений j - го граничного элемента,

σ_{nx}^i , σ_{ny}^i , σ_{nz}^i - напряжения, заданные на границе.

Итак, можно утверждать, что разработанный метод с численными расчетами интегралов [3] расширяет возможности проводить исследования и реализовывать математические модели развития различных типов трещин в конечных телах.

Список литературы

1. Полкунов Ю.Г., Лобода М.Ю. Математическое моделирование объемных трещин // Научно – технический вестник Поволжья. -2019. - №4. – С. 26 – 29.
2. Полкунов Ю.Г., Лобода М.Ю. Математическое моделирование развития объемных трещин, ортогональных плоскости OXZ // Научно – технический вестник Поволжья. -2022. - №2. – С. 65 – 68.
3. Копченкова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах/ Н.В. Копченкова, И.А. Марон.– М.: Наука, 1972. – 368 с.

1.2.2.

¹Р.Н. Тазмеева, ²Б.Х. Тазмеев¹Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт,²Набережночелнинский государственный педагогический университет,
Набережные Челны, tazmeeva@mail.ru

К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСХОДОМ ГАЗА

Проанализированы газодинамические условия в цилиндрическом канале плазмотрона с распределенным расходом газа. Обоснована возможность моделирования дуги в плазмотроне разделением его цилиндрического канала на проводящую и непроводящую области. Предложен метод состыковки этих двух областей с учетом неразрывности потока газа.

Ключевые слова: *плазмотрон, модель дуги, ламинарная дуга, электродуговой нагрев газа.*

Распределенный расход газа в плазмотронах осуществляется путем вдува газа либо в зазоры между секциями разрядного канала, либо через вставки с пористыми стенками. Как показывают экспериментальные исследования [1-5], вдув газа позволяет существенно улучшить характеристики плазмотрона. Так при небольшой интенсивности вдува $\dot{G} = (5 - 30) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ и токах $I = 35 - 150 \text{ А}$ достигнут тепловой к.п.д. плазмотрона 0,80-0,86 [2]. С увеличением интенсивности вдува тепловой к.п.д. ещё более растет и находится на уровне 0,90-0,95 при $\dot{G} = 0,5 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ и $I = 250 - 1300 \text{ А}$ [3]. Большой практический интерес представляет возможность создания мощного ($\sim 1 \text{ МВт}$) плазмотрона с регенеративным охлаждением, в котором вся энергия, отводимая к стенкам разрядной камеры, полностью возвращается в разрядный канал вдуваемым через пористые стенки плазмообразующим газом [4].

Однако, несмотря на перспективность плазмотронов с распределенным расходом газа, создание таких плазмотронов в промышленном варианте для технологических целей осуществляется сравнительно медленно. Это связано с тем, что в настоящее время свойства дуги в условиях стабилизации в разрядном канале плазмотрона с распределенным расходом газа изучены недостаточно полно. Ускорению создания высокоэффективных промышленных плазмотронов, какими являются плазмотроны с распределенным расходом газа, главным образом способствуют экспериментальные исследования. В немалой степени этому способствует и разработка модели, которая позволяет анализировать процессы в дуге, горящей в условиях распределенного вдува газа.

В работе [1] рассматривается модель дуги в плазмотроне с распределенным расходом газа, которая дает сравнительно простые расчетные формулы. Эта модель хорошо согласуется с экспериментом при малом расходе вдуваемого газа. Однако, она неприменима при большой интенсивности вдува, так как не учитывает неравномерность распределения плотности осевого потока массы по сечению разрядной камеры. В данной работе теоретический подход к дуге в канале с распределенным расходом газа, описанный в [1], развивается для области интенсивного вдува.

Постановка задачи.

Электрическая дуга горит в длинном цилиндрическом канале с проницаемыми стенками и ламинарным потоком газа. Предполагается, что в канале реализуется предельный участок, где устанавливается неизменное радиальное распределение температуры, напряженности электрического поля и ряда других параметров потока газа. Предельный участок состоит из двух концентричных областей: центральной проводящей области I с радиусом ξ и пристеночной непроводящей области II (рис.1).

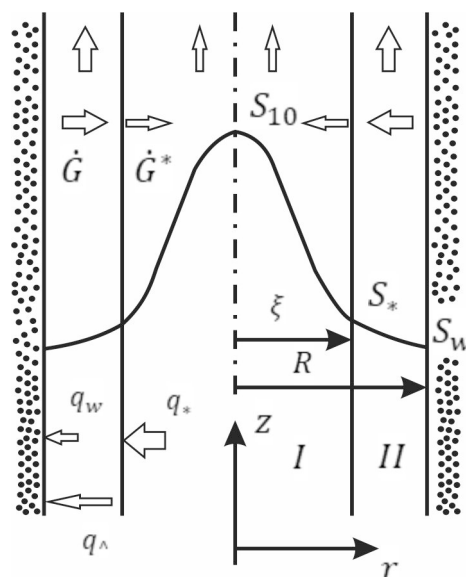


Рис. 1 - Схема предельного участка цилиндрического канала плазмотрона
 r и z – радиальные и осевые координаты; G и q – массовые и тепловые потоки;
 S – функция теплопроводности.

Через поверхность единицы длины канала в область II в единицу времени поступает газ массой $\dot{G}$. Часть этого газа $\dot{G}^*$ проникает в проводящую область I. В данной работе считается, что

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

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

Как указывается в работе [6], в длинных стационарных ламинарных дугах при отсутствии внешнего магнитного поля можно пренебречь вязкой диссипацией энергии, изменением кинетической энергии газа и переносом тепла в направлении оси канала за счет теплопроводности по сравнению с конвективным переносом энергии, подводимым джоулевым теплом и переносом тепла в радиальном направлении за счет теплопроводности и конвекции. Далеко от электродов также можно пренебречь радиальными составляющими плотности тока и напряженности электрического поля по сравнению с их осевыми составляющими.

Введение функции теплопроводности

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

позволяет упростить зависимости электропроводности σ , энтальпии h и излучательной способности (плотности объемного излучения) W_r газа от температуры T и давления p и представить их в виде

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

В эти формулы давление p входит как параметр. Здесь $S = S_1 - S_*$.

S_* , h_* – значения функции теплопроводности S_1 и энтальпии h на границе проводящей области I. λ – коэффициент теплопроводности.

Предполагается, что поглощение энергии излучения отсутствует.

С учетом изложенного выше, уравнения, описывающие свойства предельного участка дуги, приводятся к виду:

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

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

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

Численные расчеты [7-9] показывают, что в центральной области канала плотность осевого потока массы ρV_z меняется по радиусу незначительно как при малой, так и при большой интенсивности вдува газа. Поэтому ρV_z можно принять постоянным по сечению проводящей области I. В непроводящей области II ρV_z существенно меняется вдоль радиуса (рис. 2). На границе канала значение ρV_z равно нулю. При малой интенсивности вдува газа ρV_z монотонно возрастает в радиальном направлении к центру канала. При большой интенсивности вдува газа ρV_z в области II имеет максимум. Причем с увеличением интенсивности вдува этот максимум растет [9].

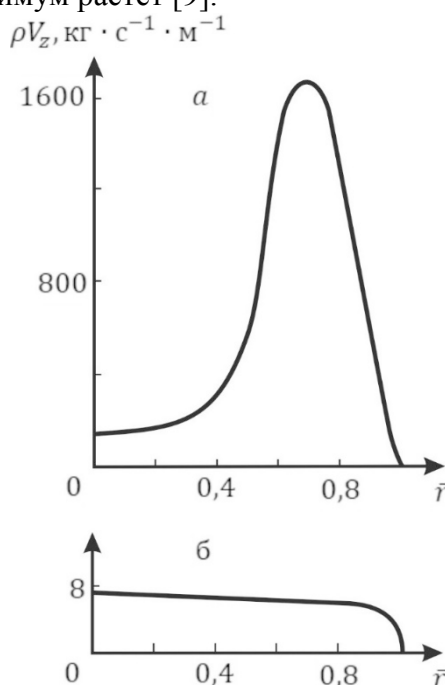


Рис.2 - Распределение по сечению канала плотности осевого потока массы (газ - аргон)

а - $\dot{G} = 1,57 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, $I = 100 \text{ А}$, $z/d = 4,5$ [8]. б - $\dot{G} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$,
 $I = 200 \text{ А}$, $z/d = 8$ [7].

В приближенной теории [1] считается, что ρV_z , постоянна по всему сечению канала. Как следует из результатов численных исследований [6-8], такое приближение приемлемо лишь при малой интенсивности вдува газа.

В данной работе предполагается, что сложную зависимость ρV_z по радиусу канала можно аппроксимировать ступенчатой функцией, которая терпит разрыв на границе областей I и II. И в проводящей, и в непроводящей областях ρV_z принимается постоянной, причем считается, что

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

где коэффициент $\varepsilon \geq 1$.

На предельном участке разрядного канала ρV_{zI} меняется вдоль оси z по линейному закону

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

Из условия осесимметричности течения следует

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

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

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

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

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

Список литературы

1. Галимарданов М.Ш., Даутов Г.Ю., Исмагилов Р.Х., Киямов Х.Г. // Физика и химия обработки материалов, 1975, № 6, с. 13-16.
2. Генерация низкотемпературной плазмы и плазменные технологии: Проблемы и перспективы / Г.Ю.Даутов, А.Н.Тимошевский, Б.А.Урюков и др. - Новосибирск: Наука, 2004. - 464 с. - (Низкотемпературная плазма; Т.20)
3. Курочкин Ю.В., Пустогаров А.В. Исследование плазмотронов с подачей рабочего тела через пористую межэлектродную вставку. В кн.: Экспериментальные исследования плазмотронов. Новосибирск: Наука, 1977, с. 82 - 103.
4. Пустогаров А.В., Мельников Г.Н., Карабут А.Б. и др. // Изв. СО АН СССР, 1986, серия техн. наук, вып. 3, с. 86 - 90.
5. Tazmeev A.K., Tazmeeva R.N. // J. Phys.: Conf. Ser., 2018. V. 1058. P. 012036
6. Даутов Г.Ю., Дзюба В.А., Карп И.Н. Плазмотроны со стабилизированными электрическими дугами. Киев: Наук.думка, 1984. -168 с.
7. Бербасов В.В., Урюков Б.А. Ламинарная электрическая дуга в канале с пористым охлаждением стенок. - В кн.: Теория электрической дуги в условиях вынужденного теплообмена. Новосибирск: Наука, 1977, с. 49 - 61.
8. Курочкин Ю.В., Пустогаров А.В., Уколов В.В. // Изв. СО АН СССР, 1978, № 3, серия техн. наук, вып.1, с.9-15.
9. Карабут А.Б., Курочкин Ю.В., Прокофьев А.Н. // Теплофизика высоких температур, 1961; т. 19, № 3, с. 595 - 602.

1.2.2.

¹Р.Н. Тазмеева, ²Б.Х. Тазмеев¹Казанский федеральный университет, Набережночелнинский институт²Набережночелнинский государственный педагогический университет,
Набережные Челны, tazmeeva@mail.ru**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСХОДОМ ГАЗА**

Разработана математическая модель электрической дуги в цилиндрическом канале плазмотрона с распределенным расходом газа. Получены формулы для расчета тепловых и электрических характеристик плазмотрона.

Ключевые слова: плазмотрон, модель дуги, ламинарная дуга, электродуговой нагрев газа.

Как известно, распределенный расход газа позволяет улучшить многие параметры электродуговых плазмотронов. При распределенном вдуве газа существенно повышается тепловой к.п.д., увеличивается объемная плотность энергии в разрядном канале и т.д. [1-3]. Поэтому плазмотроны с распределенным расходом газа перспективны для многих энергоемких технологий. В данной работе приводится модель дуги, которая позволяет изучить влияние распределенного вдува газа на свойства дуги в канале плазмотрона. В построение модели использованы предпосылки и упрощения, традиционные для теоретического описания газовых разрядов [2-5]. Согласно модели дуги, известной как каналовая, предельный участок состоит из проводящей области с радиусом ξ и пристеночной непроводящей области. Через поверхность единицы длины предельного участка в канал плазмотрона поступает газ массовой скоростью $\dot{G}$. Некоторая часть этого газа $\dot{G}^*$ проникает в проводящую область. В данной работе считается, что

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

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

При таком подходе к задаче предельный участок дуги описывается уравнениями баланса энергии

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

закона Ома

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

неразрывности потока газа

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

Сложная зависимость ρV_z по радиусу канала может быть аппроксимирована ступенчатой функцией (рис. 1а), причем

$$\rho V_{zII} = \varepsilon \rho V_{zI}. \#(5)$$

Здесь коэффициент $\varepsilon \geq 1$.

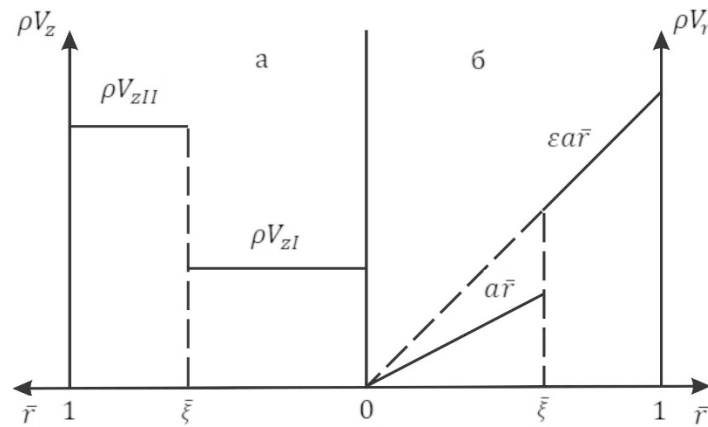


Рис.1 - Распределение по сечению канала плотностей осевого (а) и радиального (б) потоков массы

На предельном участке разрядного канала ρV_{zI} меняется вдоль оси z по линейному закону

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

На оси канала

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

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

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

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

Таким образом уравнений (2 - 4) решаются при условиях (5 - 9).

Из (4) находим

$$\rho V_{rI} = -\frac{\dot{G}^*}{2\pi R \bar{\xi}^2} \cdot \bar{r}$$

С учетом (1) ρV_{rI} можно представить в виде

$$\rho V_{rI} = a \bar{r}, \#(10)$$

где

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

Таким образом, в данной модели, как и в [2], плотность радиального потока массы ρV_r меняется по радиусу проводящей области линейно (рис. 1б).

Предположим, что в области II плотность радиального потока массы также меняется пропорционально радиусу

$$\rho V_{rII} = \varepsilon a \bar{r}. \#(11)$$

При этом коэффициенты ε и k будут связаны соотношением

$$\varepsilon k = 1. \#(12)$$

С учетом (10) уравнение сохранения энергии (2) для области I можно записать в виде

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

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

$$\frac{1}{\theta} \cdot \frac{d}{d\theta} \left(\theta \frac{d\Phi}{d\theta} \right) + \frac{\beta}{2} \cdot \theta \frac{d\Phi}{d\theta} + \mu^2 \Phi = 0. \#(13)$$

Здесь

$$\beta = \frac{k \bar{\xi}^2 \dot{G} h_s}{\pi}, \#(14)$$

$$\mu^2 = \sigma_s R^2 \bar{\xi}^2 E^2 - W_{rs} R^2 \bar{\xi}^2. \#(15)$$

Решение уравнения (13) представляется в виде ряда [1]

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

$$a_{2m}^n = (-1)^m \cdot \frac{\mu_n^2(\mu_n^2 + \beta)(\mu_n^2 + 2\beta) \dots [\mu_n^2 + (m-1)\beta]}{2^{2m}(m!)^2}, \#(16)$$

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

$$S = S_0 \Phi_1(\mu_1, \theta) = S_0 \left\{ 1 + \sum_{m=1}^{\infty} (-1)^m \cdot \frac{\mu_1^2(\mu_1^2 + \beta) \dots [\mu_1^2 + (m-1)\beta]}{2^{2m}(m!)^2} \cdot \theta^{2m} \right\}. \#(17)$$

Величины I и E , удовлетворяющие решению (17), находятся из (3) и (15).

$$I = 2\pi R \bar{\xi} S_0 \gamma_1 \sqrt{\sigma_s(\mu_1^2 + W_{rs} \bar{\xi}^2 R^2)}, \#(18)$$

$$E = \sqrt{\frac{\mu_1^2}{\sigma_s \bar{\xi}^2 R^2} + \frac{W_{rs}}{\sigma_s}}, \#(19)$$

где

$$\gamma_1 = \int_0^1 \Phi_1(\mu_1, \theta) \theta d\theta. \#(20)$$

Значения μ_1 , γ_1 и функции Φ_1 для различных β приведены в [5].

Среднемассовое значение функции теплопроводности проводящей области I определяется как

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

Расчет с использованием (6), (17) и (20) дает

$$S_{1c} = S_* + 2S_0 \gamma_1. \#(21)$$

Среднемассовые значения энтальпии внутри проводящей области и на выходе из разрядного канала рассчитываются по формулам

$$h_c^* = h_* + 2S_c h_s \gamma_1, \quad h_c = h_w + \frac{IE \bar{\xi}^2}{\pi \beta} h_s. \#(22)$$

Поток тепла на границе проводящей области I равен

$$q_* = -2\pi \left. \frac{dS}{d\theta} \right|_{\theta=1}. \#(23)$$

А поток энергии излучения вычисляется по формуле

$$q_{\wedge} = 2\pi R^2 \int_0^{\bar{\xi}} W_{rs} S \bar{r} d\bar{r}. \#(24)$$

С учетом (17) и (20) формула (24) приводится к виду

$$q_{\wedge} = 2\pi R^2 \bar{\xi}^2 W_{rs} S_0 \gamma_1. \#(25)$$

Как видно из формул (17) - (25), для расчета тепловых и электрических свойств предельного участка столба дуги необходимо знать безразмерный радиус дуги $\bar{\xi}$. Значение $\bar{\xi}$ находится из условия непрерывности теплового потока на границе областей I и II. Запишем уравнение сохранения энергии (2) для области II с учетом (11) в виде

$$\theta \frac{d^2 S}{d\theta^2} + \left(1 + \frac{\varepsilon \beta \theta^2}{2} \right) \cdot \frac{dS}{d\theta} = 0. \#(26)$$

Интегрируя однократно уравнение (26), получаем

$$\theta \frac{dS}{d\theta} = \frac{dS}{d\theta} \Big|_{\theta=1} \cdot \exp \left[\frac{\varepsilon \beta}{4} (1 - \theta^2) \right]. \#(27)$$

Интегрирование уравнения сохранения энергии (13) для проводящей области после некоторых преобразований приводит к формуле

$$\left. \frac{dS}{d\theta} \right|_{\theta=1} = -(\mu_1^2 - \beta) S_0 \gamma_1. \#(28)$$

Из (27) и (28) получаем для непроводящей области II выражение

$$S(\theta) = \int_1^{\theta} (\beta - \mu_1^2) S_0 \gamma_1 \exp \left[\frac{\varepsilon \beta}{4} (1 - \theta^2) \right] \frac{d\theta}{\theta}. \#(29)$$

С учетом условия на стенке канала $S(I, \bar{\xi}) = S_w - S_*$ из формулы (29) находим уравнение для определения $\bar{\xi}$

$$(\mu_1^2 - \beta) \gamma_1 \int_1^{\frac{1}{\bar{\xi}}} \exp \left[\frac{\varepsilon \beta}{4} (1 - \theta^2) \right] \frac{d\theta}{\theta} - A = 0, \#(30)$$

где $A = (S_* - S_w)/S_0$, S_* , S_w - значения функции теплопроводности, соответственно, на границе проводящей области и на стенке канала.

Таким образом, получены формулы для расчета тепловых и электрических характеристик плазмотрона с распределенным расходом газа.

Список литературы

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

1.2.2.

С.В. Харлашина, В.Р. Тимофеев

Сибирский государственный университет науки и технологий имени М. Ф. Решетнева,
институт космической техники,
кафедра систем автоматического управления,
Красноярск, kharlashina.v@mail.ru

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА РЕКУПЕРАЦИОННОГО ТИПА

В работе представлен анализ статической точности нагрузочного устройства рекуперационного типа, в ходе которого были получены следующие результаты: определена зависимость методической ошибки и статического коэффициента, также установлена зависимость методической ошибки от значений напряжения холостого хода.

Ключевые слова: *нагрузочное устройство, рекуперация, точность, система электропитания, методическая ошибка.*

Система электропитания (СЭП) представляет собой ключевую систему для любого космического аппарата (КА). неполадки в работе этой системы могут привести к нарушению функционирования других систем, а в случае ее отказа – к прекращению активной эксплуатации КА., т.к. электроэнергия, которую вырабатывает СЭП, идет на питание системы управления движением КА, двигателей ориентации и стабилизации КА, систем радиосвязи, терморегулирования и т.д. Все служебные и полезные устройства КА нуждаются в бесперебойном электропитании [1]. Именно поэтому самым важным этапом создания СЭП являются наземные испытания. Очевидно, что подключение реальных устройств – солнечных батарей, аккумуляторных батарей, бортовой полезной нагрузки при проведении испытаний невозможно [2].

Данная проблема может быть решена путем выполнения нагрузочных устройств, которые входят в состав испытательных комплексов и содержат различные виды нагрузок.

Для оценки погрешности стабилизации входного тока, сопротивления и мощности нагрузочного устройства рекуперационного типа (НУРТ) используется $\delta_m(U)$ – методическая ошибка, обусловленная конкретной реализацией НУРТ.

Методическая ошибка $\delta_{mI_{вх}}(U)$ по току для входного тока [3] находится из выражения (1):

$$\delta_{mI_{вх}}(U) = \left| \frac{I_T(U) - I_{вх1}(U)}{I_{max}} \right|, \quad (1)$$

где $I_T(U)$ – требуемое значение входного тока НУРТ, $I_{вх1}(U)$ – реальное значение входного тока НУРТ, $I_{max} = 10$ А – максимальное значение входного тока НУРТ.

На рисунках 1 и 2 показаны зависимости методической ошибки $\delta_{mI_{вх}}(1)$ от статического коэффициента K_{yc} при различных значениях входного тока НУРТ и при различных значениях напряжения холостого хода СЭП $U_{СЭП}^{xx}$.

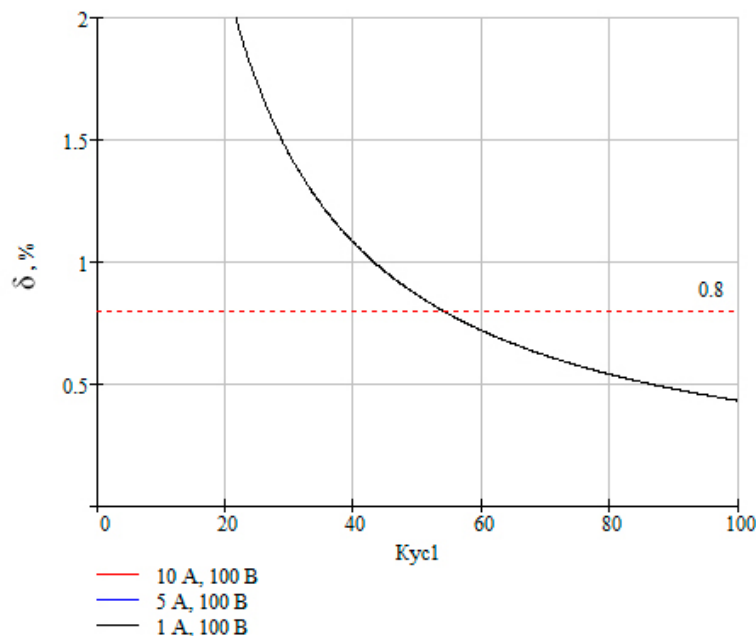


Рис. 1 – Зависимость методической ошибки $\delta_{MI_{BX}}$ от коэффициента передачи K_{yc1} при разных значениях тока I и значении напряжения $U_{сэп}^{xx} = 100$ В

Из рисунка 1 видно, что методическая ошибка $\delta_{MI_{BX}}$ уменьшается с ростом статического коэффициента K_{yc1} и практически не зависит от значений тока I .

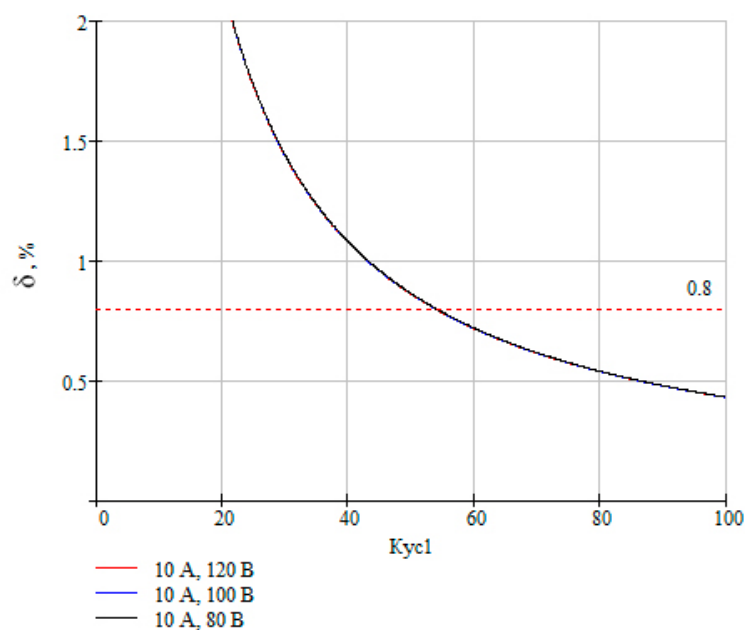


Рис. 2 – Зависимость методической ошибки $\delta_{MI_{BX}}$ от коэффициента передачи K_{yc1} при разных значениях напряжения $U_{сэп}^{xx}$ и максимальном входном токе

Из рисунка 2 видно, что методическая ошибка $\delta_{MI_{BX}}$ уменьшается с ростом коэффициента K_{yc1} и практически не зависит от значений напряжения $U_{сэп}^{xx}$.

Используем рисунки 1 и 2 для выбора коэффициента K_{yc1} разомкнутого контура НУРТ. Например, задаваясь величиной методической ошибки $\delta_{MI_{BX}} = 0,8\%$ для худшего случая, получим значение $K_{yc1} = 56$.

Методическая ошибка $\delta_{M_{\text{нрз}}}$ по току для тока через НРЭ [4] находится из выражения:

$$\delta_{M_{\text{нрз}}}(U) = \left| \frac{I_{\text{т}}(U) - I_{\text{НРЭ1}}(U)}{I_{\text{нрз}}} \right| \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $I_{\text{т}}(U)$ – требуемое значение тока через НРЭ, $I_{\text{НРЭ1}}(U)$ – реальное значение тока через НРЭ, $I_{\text{нрз}} = 1$ А – значение тока через НРЭ.

На рисунках 3 и 4 показаны зависимости методической ошибки $\delta_{M_{\text{нрз}}}$ (2) от статического коэффициента передачи K_{yc2} при различных значениях входного тока НУРТ и при различных значениях напряжения холостого хода $U_{\text{сЭП}}^{\text{xx}}$.

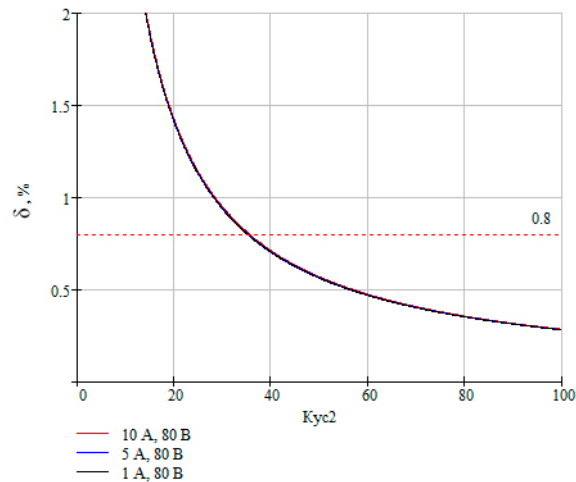


Рис. 3 – Зависимость методической ошибки $\delta_{M_{\text{нрз}}}$ от коэффициента передачи K_{yc2}

при разных значениях тока I и значении напряжения $U_{\text{сЭП}}^{\text{xx}} = 80$ В

Из рисунка 3 видно, что методическая ошибка $\delta_{M_{\text{нрз}}}$ уменьшается с ростом статического коэффициента K_{yc2} и практически не зависит от значений тока I .

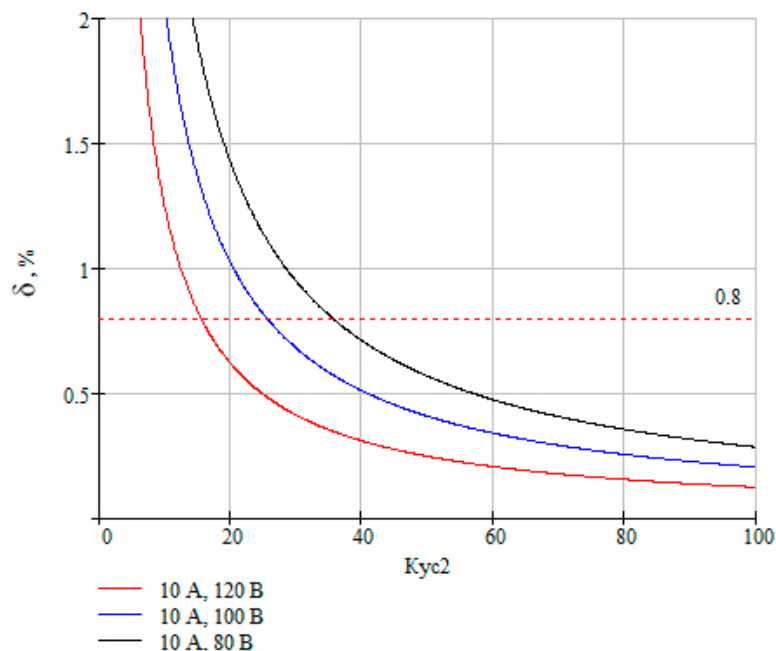


Рис. 4 – Зависимость методической ошибки $\delta_{M_{\text{нрз}}}$ от коэффициента передачи K_{yc2}

при разных значениях напряжения $U_{\text{сЭП}}^{\text{xx}}$ и максимальном входном токе

Из рисунка 4 видно, что методическая ошибка $\delta_{M_{\text{нрз}}}$ уменьшается с ростом коэффициента $K_{\text{ус2}}$ и с увеличением напряжения $U_{\text{сэп}}^{\text{xx}}$.

Используем рисунки 3 и 4 для выбора коэффициента $K_{\text{ус2}}$ разомкнутого контура нагрузочного устройства. Задаваясь величиной методической ошибки $\delta_{M_{\text{нрз}}} = 0,8\%$ для худшего случая, получим значение $K_{\text{ус2}} = 36$.

В ходе анализа статической точности НУРТ были получены следующие результаты: а) методическая ошибка $\delta_{M_{\text{вх}}}(U)$ уменьшается с ростом статического коэффициента $K_{\text{ус}}$ и увеличивается с ростом тока I ; б) методическая ошибка практически не зависит от значений напряжения $U_{\text{ип}}^{\text{xx}}$.

Список литературы

1. Юдинцев А.Г. Многофункциональный энергосберегающий имитационный нагрузочный комплекс для систем электропитания космических аппаратов / А.Г. Юдинцев, В.М. Рулевский, Ю.А. Шиняков, Ю.А. Кремзуков // Доклады ТУСУРа. – Томск, 2011. – №2(24), часть 1. – С. 275–282.
2. Кремзуков Ю.А. Имитатор солнечной батареи // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. научно-техн. конф. молодых специалистов. – ОАО НПЦ «Полус». – Томск, 2008. – С. 20–22.
3. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
4. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники : Учебник в 2 ч. Ч. 2 / Г.С. Зиновьев. – Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2000. – 197 с.
5. Чаки Ф. Силовая электроника : Примеры и расчеты. Пер. с англ. / Ф. Чаки, И. Герман, И. Ипшич и др. – М.: Энергоиздат, 1982. – 384 с.
6. Лобанов Д.К. Энергосберегающее нагрузочное устройство для испытаний систем электропитания постоянного тока / Д.К. Лобанов, Е.А. Мизрах // Вестник СибГАУ. – Красноярск, 2010. – Вып. 6(32) – С. 56–60.

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

2.3.1.

**В.В. Андреев д-р техн. наук, А.М. Самойлов,
Н.П. Тарасова, Е.Г. Дегтерев, М.М. Мамбве**

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗМЕЕВИКА
МАЛОГО РАДИУСА ГИБА**

В статье приведены результаты экспериментальной работы по определению гидравлического сопротивления однотрубной модели теплообменного элемента в виде змеевика малого радиуса гiba. В качестве объекта исследования рассмотрены несколько вариантов теплообменного элемента с различным шагом навивки, межтрубное пространство моделировалось вытеснителем.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, гидравлические испытания, змеевик малого радиуса гiba, теплообменники.

При проектировании теплообменных систем или отдельного теплообменного оборудования одной из главных задач является определение гидравлического сопротивления всей системы или теплообменника в частности. Несмотря на то, что в настоящее время имеется множество открытых источников, в которых обобщены результаты экспериментальных исследований гидравлического сопротивления для различных объектов [1], основным методом определения гидравлических потерь сложных технических объектов преимущественно является эксперимент.

В настоящее время актуализировались исследования теплообменников с трубной системой, составленной из змеевиков малого радиуса гiba (ЗМРГ). Для такой компоновки трубной системы характерны высокие значения коэффициентов теплоотдачи, самодистанцирование, удобство секционирования, однако, в настоящее время практически отсутствуют данные по теплогидравлическим характеристикам таких теплообменников. Одной из таких характеристик является гидравлическое сопротивление, так как оно определяет требования на прокачку теплоносителя.

На базе лаборатории теплогидравлики кафедры «Ядерные реакторы и энергетические установки» НГТУ им. Р.Е. Алексеева имеется стенд для проведения гидравлических испытаний. На рисунке 1 приведена принципиальная схема действующего стенда. В состав стенда входят следующие элементы: 1 - буферный бак, 2 - насос, 3 - опытный участок, 4 - запорная и регулирующая арматура, 5 - расходомерное устройство, 6 - дифференциальный манометр.

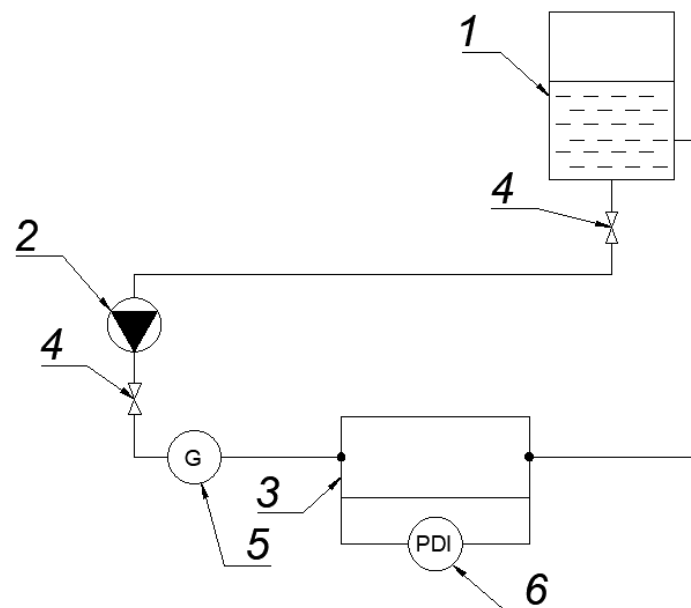


Рис. 1– Принципиальная схема стенда

Для определения гидравлических характеристик теплообменных элементов в виде ЗМРГ были проведены серии экспериментальных работ. Змеевик изготавливался из стандартной трубки диаметром 6,4 мм, для имитации межтрубного пространства рассматривались два варианта центрального вытеснителя диаметром 25 и 32 мм. Рассмотрены три варианта шага навивки змеевика: 25, 50 и 75 мм.

Опытный участок представляет собой разборный канал внутренним диаметром 50 мм внутрь которого помещается опытный образец. Опытный образец представляет собой змеевик малого радиусагиба, в центре которого располагается вытеснитель, имитирующий затеснение межтрубного пространства соседними змеевиками.

Коэффициент гидравлического сопротивления, а, следовательно, и потери давления, зависят от режима течения. В открытых источниках часто можно встретить различные эмпирические соотношения для расчета гидравлически потерь в виде функциональной зависимости [1, 2]:

$$\Delta P = f(Re)$$

На рисунке 2 приведена зависимость коэффициента гидравлического сопротивления, отнесенного к одному витку опытного образца ЗМРГ, в зависимости от критерия Рейнольдса. Коэффициент гидравлического сопротивления определялся в соответствии с формулой Дарси-Вейсбаха [3]. В качестве определяющей скорости принята скорость в наименьшем сечении опытного участка. На рисунке 2 приняты следующие обозначения: h – шаг между витками ЗМРГ, мм; D – диаметр центрального вытеснителя, мм.

Полученные результаты были обработаны в соответствии с методикой, рассмотренной в статье [4]. Суть данной методики заключается в обобщении гидравлических характеристик различных технических объектов в виде параметризованных безразмерных параметров: приведенных чисел Рейнольдса, коэффициентов гидравлического сопротивления и т.д.

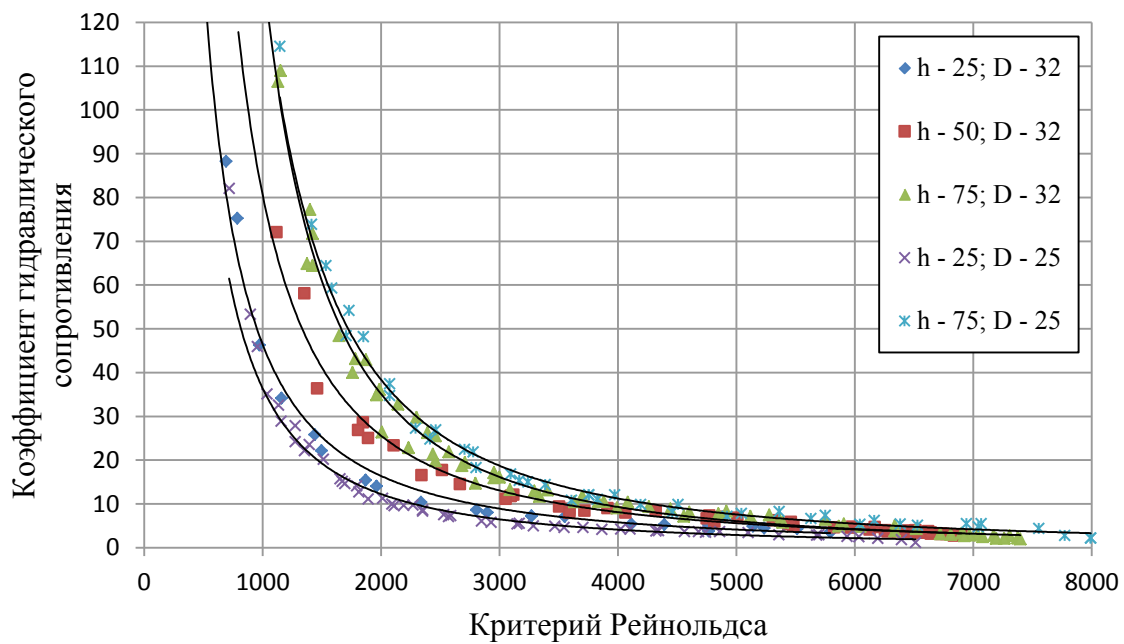


Рис. 2 – Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от критерия Рейнольдса

На рисунке 3 приведена зависимость приведенного критерия Рейнольдса от приведенного коэффициента гидравлического сопротивления для гидравлических характеристик, полученных в данной работе, и характеристик, обработанных авторами работы [4]. Для наглядности, полученные в рамках данной работы результаты выделены отдельными маркерами.

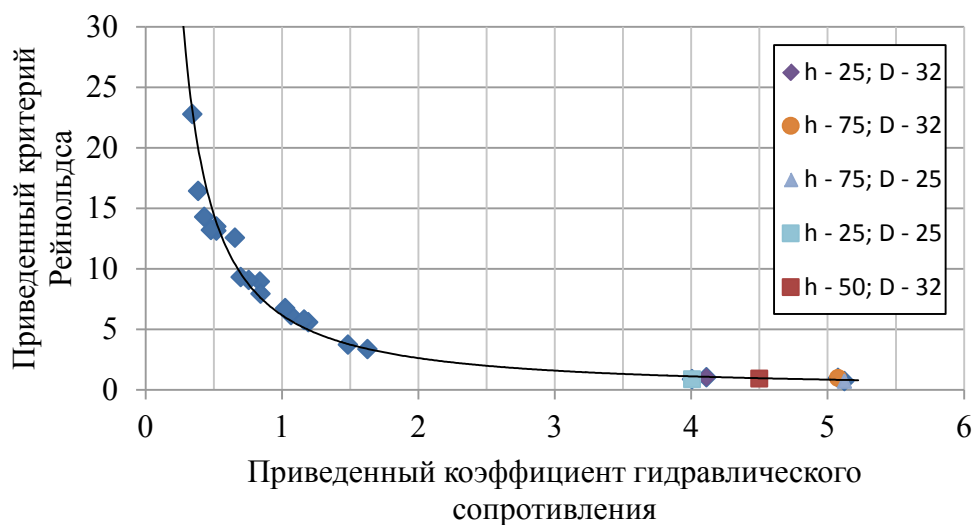


Рис. 3 – Зависимость приведенного критерия Рейнольдса от приведенного коэффициента гидравлического сопротивления

На рисунке 4 приведена трехмерная зависимость между безразмерным приведенным критерием Рейнольдса (Re), приведенным коэффициентом гидравлического сопротивления ($K_{ГС}$) и приведенным тангенсом угла наклона касательной к гидравлической характеристике в ламинарной области (T_g) для гидравлических характеристик, полученных в данной работе, и характеристик, обработанных авторами работы [4].

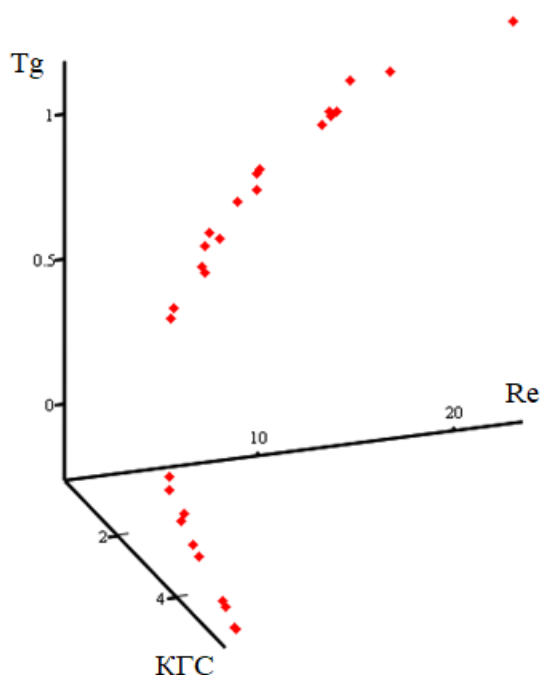


Рис. 4 - Трехмерная зависимость между безразмерным приведенным критерием Рейнольдса, приведенным коэффициентом гидравлического сопротивления и приведенным тангенсом угла наклона

В результате работы были определены гидравлические характеристики для однотрубной модели теплообменника в виде змеевика малого радиусагиба. Получено, что размер центрального вытеснителя оказывает незначительное влияние на величину коэффициента гидравлического сопротивления. При числах Рейнольдса более 6000 прослеживается асимптотическое стремление коэффициента гидравлического сопротивления всех змеевиков к одному значению. Сравнение результатов данной работы с материалами, рассматриваемыми в работе [4] позволяет судить о возможности прогнозирования гидравлического сопротивления как рассматриваемых объектов, так и любых других технических объектов в целом.

Список литературы

1. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик; под ред. М. О. Штейнберга. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Машиностроение, 1992. – 671 с.
2. *Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П.* Справочник по теплогидравлическим расчетам. – 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 360 с.
3. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. — 7-е изд. — М.: Дрофа, 2003. — 840 с.
4. *Андреев В.В., Самойлов А.М., Тарасова Н.П., Андреева О.В., Никулина А.М.* Анализ обобщенных параметров гидравлических характеристик // Научно-технический вестник Поволжья. - 2023. - №11. - С. 143-145.

2.3.1.

Е.П. Барыльникова, И.П. Талипова

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
¹кафедра эксплуатации автомобильного транспорта,
²кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, 692401@mail.ru, okm206@mail.ru

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СМАЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ШАТУННЫХ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В статье рассмотрен смазочный процесс по параметру давления масла в подшипниках коленчатого вала. Приведена эквивалентная схема гидравлических потоков масла в каналах коленчатого вала. Показано, как режимы смазки шатунных подшипников определяются давлением масла в кольцевом канале коренного подшипника, от которого они питаются и потерями, связанные с переходом из кольцевого неподвижного канала вкладыша во вращающиеся каналы коленчатого вала.

Ключевые слова: подшипники скольжения, система смазки, поток масла, давление масла, коленчатый вал.

Одним из основных конструктивных элементов автомобильного двигателя является коленчатый вал (КВ), работоспособность которого зависит от технического состояния подшипники коленчатого вала (ПКВ) и подвода масла к ним. ПКВ относятся к подшипникам, рабочие функции которых выполняются на основе трения скольжения.

В подшипниках скольжения может наблюдаться три режима смазки: жидкостная, полужидкостная и граничная. На установившемся режиме работы двигателя и большом числе оборотов обеспечивается режим жидкостной смазки, в период запуска и остановки двигателя ПКВ работают в режиме граничной смазки. Самым благоприятным режимом для ПКВ является режим жидкостного или гидродинамического трения [1], при котором рабочие поверхности КВ и вкладыша подшипника скольжения разделены слоем масла, коэффициент трения незначителен $f \approx 0,001$. Что характерно, давление масла в подводящей магистрали системы смазки практически мало сказывается на величине давления в слое масла [1], но в значительной степени влияет на количество прокачиваемого масла через подшипники.

ПКВ, работая в условиях непрерывно меняющихся скоростей и нагрузок нуждаются в непрерывном подводе масла под давлением. У исправного двигателя давление в системе смазки достаточно для обеспечения оптимальных режимов смазки трущихся поверхностей. В эксплуатации важно не допустить нарушения этого условия [2].

Надежность ПКВ определяется организацией подачи масла к подшипникам, количеством подводимого масла, его давлением и температурой, а также вязкостью и физико-химическими свойствами.

Для анализа процесса смазывания ПКВ рассмотрим схему подвода масла к подшипникам на примере двигателя КАМАЗ (рис. 1).

Масло к кольцевой канавке 1 коренной шейки КВ подается от главной масляной магистрали по каналам, выполненных в блоке цилиндров. Масло от коренной шейки к шатунной подается по просверленным в валу каналам 2 и 4. Пройдя по каналам, масло поступает в центробежную ловушку 5, из которой через отверстия поступает в шатунный подшипник.

Самые критичные условия работы у шатунных ПКВ, так как их смазывание определяется затруднительным подводом масла, чем к коренным.

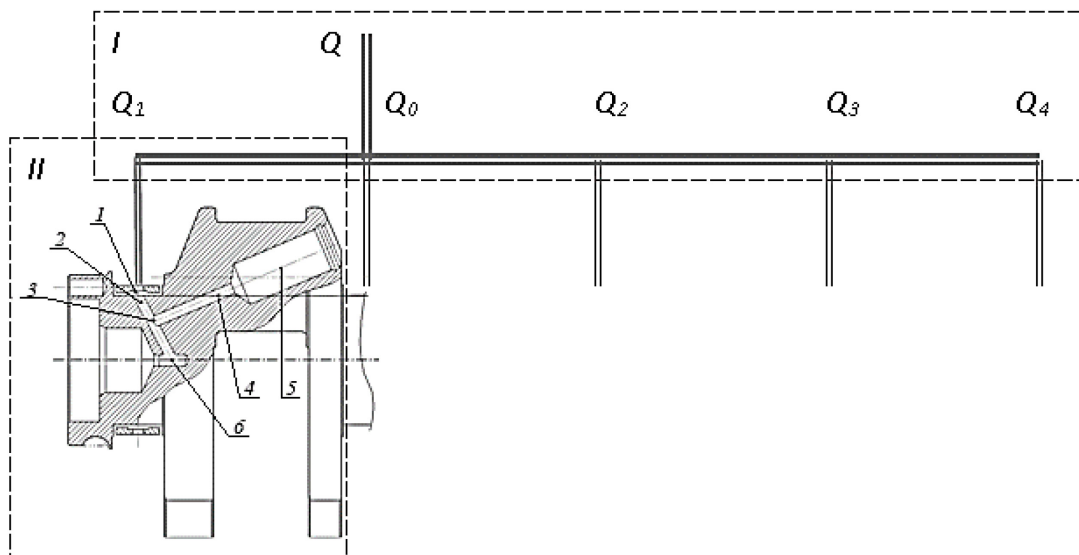


Рис. 1 – Схема подвода масла к шатунным ПКВ двигателя КАМАЗ [3]:

1 – кольцевой канал, 2 – канал в коренной шейке, 3 – вход в канал подвода к шатунной шейке, 4 – канал подвода, 5 – полость центробежной ловушки, 6 – точка по оси КВ

Процесс смазывания ПКВ двигателя можно рассматривать как сложную систему (рис. 1), состоящую из параллельных (зона I) и последовательных соединений (зона II). Точка 0 является первой точкой перехода, от которой масло подается в систему соединений с расходом Q_0 . В точках 1, 2, 3 и 4 происходит отбор масла с расходами соответственно Q_1 , Q_2 , Q_3 и Q_4 . Расход и потери напора можно описать следующими системами [4]:

- для параллельно соединенных участков (зона I, рис. 1):

$$\begin{cases} Q = Q_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \\ \sum h_0 = \sum h_1 = \sum h_2 = \sum h_3 = \sum h_4' \end{cases} \quad (1)$$

где Q – расход масла; h – потери напора;

- для последовательно соединенных участков (зона II, рис. 1)

$$\begin{cases} Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 \\ \sum h = \sum h_0 + \sum h_1 + \sum h_2 + \sum h_3 + \sum h_4' \end{cases} \quad (2)$$

Для анализа процесса смазывания ПКВ интерес представляет зона II. В качестве пояснения происходящего процесса используем расчетную эквивалентную схему, приведенную на рисунке 2. Схема наглядно демонстрирует направление потока масла, гидравлические сопротивления, а также подачу и/или расход масла в ПКВ. Из схемы (рис. 2) видно, что поток масла из главной масляной магистрали на входе в коренной подшипник преодолевает местные гидравлические сопротивления ζ_1 и ζ_2 . В коренном подшипнике между вкладышем и шейкой вала имеется кольцевой зазор, где часть потока масла уходит на слив в поддон, проходит через местное гидравлическое сопротивление ζ_3 и ζ_4 , а другая часть потока масла, проходя по каналам, выполненным в коренной и шатунной шейках, преодолевает знакопеременное действие центробежных сил в каналах, местные сопротивления ζ_6 , ζ_7 , ζ_8 и ζ_9 , поступает в шатунный подшипник.

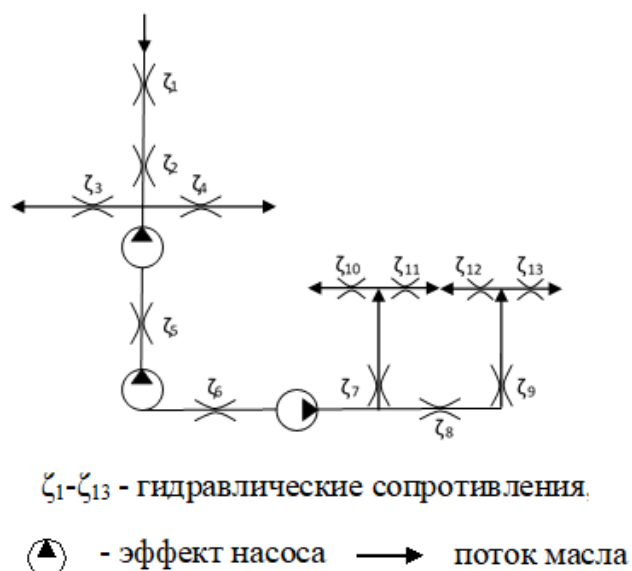


Рис. 2 – Расчетная эквивалентная схема гидравлических потоков смазывания ПКВ [4]

Подача масла к ПКВ характеризуется: течением масла в главной масляной магистрали системы смазки; истечением масла через зазор, образованного между подвижной поверхностью (вращающийся вал) и неподвижной поверхностью (вкладыш); течением масла во вращающихся каналах, то есть каналах, выполненных в коленчатом вале. Анализ эквивалентной схемы позволяет предположить, что по мере движения масла по участкам течения масла в КВ происходят перепады давления [4]:

1) суммарный перепад давления масла ΔP_{Σ} , включающий перепады давления необходимых на преодоление сопротивления на трение в каналах $\Delta P_{тр}$ и местных сопротивлений ΔP_m

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{тр} + \Delta P_m. \quad (3)$$

2) перепад давления в кольцевом зазоре. Поскольку величина зазора $\delta \ll d$, то движение масла в кольцевом зазоре можно представить как движение жидкости в плоской щели и, используя соответствующие формулы, можно определить потери давления по формуле:

$$\Delta P_k = \frac{12 \cdot \nu \cdot \gamma \cdot L}{g \cdot a \cdot \delta^3} \cdot Q \quad (4)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости; γ – плотность масла; L – длина щели в направлении потока масла; g – ускорение свободного падения; a – ширина щели в направлении, перпендикулярном к движению потока масла; δ – зазор. Как видно из формулы (4) потери давления из-за утечки масла через зазор существенно зависит от величины зазора δ , с увеличением зазора расход масла увеличивается, давление масла понижается;

3) потери давления в канале коренной шейки от поверхности шейки до оси КВ от действия центробежных сил. Так как при работе двигателя каналы в коренных и шатунных шейках совершают вращательное движение вокруг оси КВ и в этом случае на масло дополнительно действуют силы инерции вращательного движения КВ, потери составят

$$\Delta P_{цбк} = \gamma \frac{\omega^2}{2 \cdot g} r_k^2 \quad (5)$$

4) приращение давления масла на участке от кольцевого канала коренных опор до шатунных подшипников от действия центробежных сил

$$\Delta P_{цбш} = \gamma \frac{\omega^2}{2g} r_{ш}^2. \quad (6)$$

Таким образом, потери давления, а также центробежные силы определяют режимы смазки шатунных ПКВ. Расход масла через шатунные подшипники зависит от давления масла в кольцевом канале коренного подшипника, от которого они питаются и потерями давления масла, связанные с переходом от кольцевого неподвижного канала в вкладыше во вращающиеся каналы КВ.

Список литературы

1. *Архангельский В.М.* Автомобильные двигатели / В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов, и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с. – Текст: непосредственный.
2. *Денисов А.С.* Обеспечение надежности автотракторных двигателей / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков. – Саратов: СГТУ, 2007. – 422 с. – Текст непосредственный.
3. *Барун В.Н.* Автомобили КамАЗ: Техническое обслуживание и ремонт / В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, Е.А. Машков и др. – М.: Транспорт, 1988. – 352 с.
4. *Барыльникова Е.П.* Повышение ресурса автомобильных двигателей стабилизацией режима смазывания шатунных подшипников в эксплуатации: дисс. ... канд. техн. наук / Е.П. Барыльникова. – Оренбург, 2013. – 140 с.

2.3.1.

О.Е. Виноградов, А.В. Семашко

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
vinogradov-oe@yandex.ru, semashko52@yandex.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ
В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»**

При решении задач управления сложной информационной системой, такой как аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (далее АПК Безопасный город) востребованы такие технологии мониторинга, которые оказывали бы поддержку системным и сетевым администраторам в разрешении проблем сокращения среднего времени реакции на неисправность. В статье рассмотрены методы, применяемые для выявления сетевых аномалий. Практически реализован метод, основанный на использовании нейронных сетей для обнаружения аномального поведения сетевого трафика.

Ключевые слова: *Безопасный город, нейронные сети, автокодировщик.*

Методы обнаружения аномалий сетевого трафика можно разделить на три группы:

- графический;

Графический метод анализа используется для установления строгого порога отсечения и упрощения дальнейшей задачи исследования.

- статический (рисунок 1);

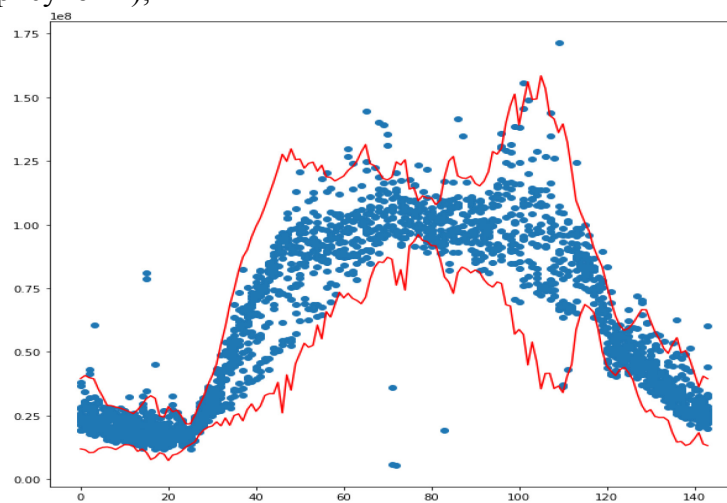


Рис. 1 - Коридор статистических уровней

При применении коридора статистических уровней верхняя и нижняя границы симметрично расположены от математического ожидания значения. Таким образом, наличие резких всплесков графика в определенные моменты делает допустимыми и аналогичные падения объема трафика в те же периоды времени. Данный подход очень требователен к точности времени в данных. Небольшой сдвиг данных вследствие недоступности сервера синхронизации времени может ошибочно классифицировать показатели как аномальные.

- машинного обучения.

Статистический метод анализа ориентирован на проверку заранее сформулированных гипотез и на «грубый» разведочный анализ, составляющий основу оперативной аналитической обработки данных, а одно из основных положений машинного обучения – поиск неочевидных закономерностей. Инструменты машинного обучения могут находить такие закономерности самостоятельно и также самостоятельно строить гипотезы о

взаимосвязях. Поскольку именно формулировка гипотезы относительно зависимостей является самой сложной задачей.

Идея проектирования интеллектуальных вычислительных устройств по образу и подобию биологических систем привела к созданию теории нейронных сетей, ставшей одним из подходов к разработке машинного обучения [1].

В соответствии с критерием: обучаются ли с человеческим контролем системы машинного обучения можно разделить на следующие типы: обучение с учителем, обучения без учителя, частичное обучение, обучение с подкреплением [2].

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

Задача выявления сетевых аномалий с использованием искусственных нейронных сетей решается в несколько этапов.

1. Этап.

Подготовка обучающей выборки.

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

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

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

Исходные данные представляют собой вектора 2 измерения: T - временная отметка, на графике представлена выборка за семь суток, V - значение объема трафика на интерфейсе, от 0 до $1,75 \cdot 10^8$ бит/с. Фактически на этом интерфейсе поток с 58 камер видеонаблюдения правоохранительного сегмента АПК Безопасный город.

Преобразование исходных данных.

Данные имеют повторяющийся характер с суточным периодом. Таким образом, требуется трансформировать данные в вид, облегчающий нейронной сети задачу выявления закономерности в данных (рисунок 2).

Временные отметки кодируются числом от 0 до 143. Каждое число соответствует 10 мин. интервалу в сутках. ($24 \text{ часа} \cdot 60 \text{ мин.} = 1440 \text{ мин.} / 10 \text{ мин. интервалы} = 144 \text{ интервала}$).

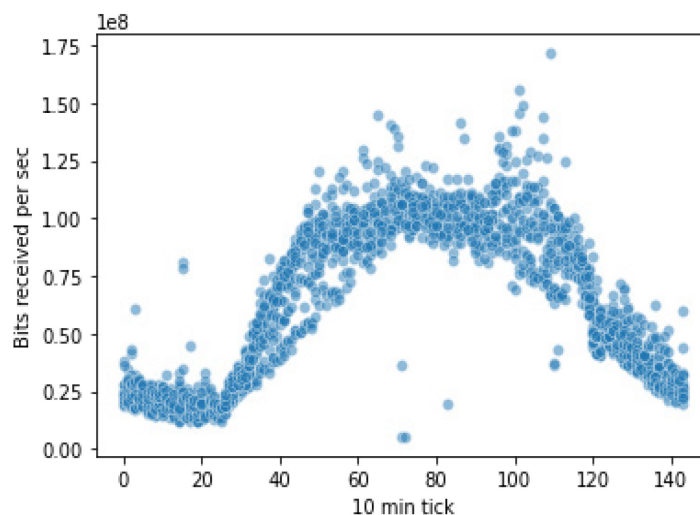


Рис. 2- График распределения трафика в среднем за сутки

2. Этап.

Выбор архитектуры искусственной нейронной сети

Для решения подобных задач применяется архитектура нейронной сети - автокодировщик.

Автокодировщики – это искусственные нейронные сети, которые способны узнавать плотные представления входных данных, называемые латентные представления или кодировками, без какого-либо учителя.

Применение автокодировщиков.

- Обучение сетей в два этапа при недостатке размеченных данных;
- Поиск аномалий;
- Генерация новых данных по заданному образцу. Автокодировщик при поиске аномалий:
 - Автокодировщик определяет структуру данных;
 - Позволяет находить «компактное» представление данных;
 - «Компактное» представление подходит только для тех данных, на которых автокодировщик обучался.

Алгоритм применения автокодировщика для поиска аномалий.

1. Обучаем автокодировщик только на обычных данных;
2. При распознавании оцениваем, насколько автокодировщик восстановил данные на выходе;
3. Автокодировщик не обучался на выбросах, поэтому будет плохо их восстанавливать;
4. Ошибка восстановления больше заданного порога – данных объект является аномальным.

Автокодировщик состоит из двух частей: кодировщика (распознающей сети), который преобразует входы в латентное представление, и следующего за ним декодировщика (порождающей сети), который преобразует латентное представление в выходы. Таким образом, количество нейронов в выходном слое должно быть равно количеству входов. Внутреннее представление имеет меньшую размерность, чем входные данные, поэтому автокодировщик выделяет важные признаки в входных данных и отбрасывает несущественные. Добавление дополнительных слоев помогает автокодировщику узнавать более сложные кодировки, но это может привести к тому, что он будет реконструировать обучающие данные, но в процессе не узнает важные признаки входных данных.

3 этап.

Подбор гиперпараметров: функция активации, количество эпох обучения, размер выборки, количество слоев автокодировщика, ширина слоев.

Нет формулы для определения правильного количества слоев или правильного размера каждого слоя. Процесс поиска подходящего размера модели начинается с относительно небольшого количества слоев и параметров, постепенно увеличивая количество слоев до определения оптимальных параметров [3].

Мониторинг сетевого трафика с использованием обученного автокодировщика с оптимально подобранными гиперпараметрами не требует много ресурсов вычислительной системы: дискового пространства и вычислительной мощности процессора, а также рабочего времени персонала. Нейронная сеть более качественно, чем администратор сети формирует правило отбора событий, требующих внимания [4].

Список литературы

1. Рашид Тарик. Создаем нейронную сеть. – 2017.
2. Орельен Жерон. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow. – СПб, 2020. – 1040 с.
3. Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Python. – СПб, 2019 – 400 с.
4. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб, 2017. – 992 с.

2.3.1.

Р.М. Галиев канд. техн. наук, Е.В. Леонов, О.Е. Воробьев, Х.Х. Хошимов

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, radikrabota@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ОТКЛОНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА В СООТВЕТСТВИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМ КЛАССОМ

В данной статье проводится исследование взаимосвязи между допустимым отклонением параметра технического состояния гильзы цилиндра и соответствием экологическому классу. Рассмотрено сравнение стендовых испытаний и с использованием портативной системы измерения выбросов вредных веществ на дороге и экологических требований к транспортным средствам в процессе эксплуатации. На основании проведенных исследований предложено предельное значение износа гильзы по диаметру для дизельных двигателей.

Ключевые слова: *гильза цилиндра, портативная система измерения выбросов, грузовой автомобиль, дизельный двигатель.*

Современные грузовые автомобили должны быть надежными и должны соответствовать определенному экологическому классу. Критерий выполнения требуемых функций определяется надежностью в соответствии со следующими свойствами: безотказность, долговечность, сохраняемость. Этого можно достичь благодаря высоким технологиям и точности изготовления. В процессе эксплуатации поддержание этих свойств потребует своевременного и качественного технического обслуживания, высококачественных запасных частей и расходных материалов.

В процессе эксплуатации автомобиля изнашиваются трущиеся части узлов транспортного средства, особенно двигателя внутреннего сгорания. Это связано с постоянными динамическими нагрузками и изменением температурного режима. Геометрические размеры деталей изменяются от номинальных до предельных значений. Допускаемые отклонения определяют его ресурс. Поэтому определение предельных значений для деталей двигателя в соответствии с экологическими требованиями является актуальной задачей.

Целью исследования является определение допустимого отклонения технического состояния гильзы цилиндра от номинального до предельного значения в соответствии с требованиями экологического класса Евро.

Завод-изготовитель разрабатывает нормативно-техническую документацию по эксплуатации и ремонту, в документе указывается предельные значения износа деталей. При установлении предельного отклонения учитываются экологическая безопасность, безопасность дорожного движения и экономические последствия. Для первого износ деталей двигателя допускается при условии соответствия требованиям экологического класса Евро и Правилам ЕЭК ООН № 49 [1, 2]; для второго – из условия обеспечения максимальной вероятности безотказной работы в процессе эксплуатации; для третьего – из условия затрат, связанных с эксплуатацией, устранением последствий отказов, техническим обслуживанием и ремонтом.

При определении предельного значения износа деталей двигателя учитывается следующее [3, 4, 5]:

- несоответствие нормативам допустимых выбросов вредных веществ с выхлопными газами;
- вероятность заклинивания сборочных деталей;

- шум и вибрация, превышающие предельные значения, указанные в нормативных документах, или влияющие на работу других компонентов;
- интенсивный износ деталей из-за уменьшения защитного слоя.

В последнее время вопросу экологии уделяется много внимания [5]. Потому что количество транспортных средств растет быстрыми темпами, особенно с дизельными двигателями большой мощности. Поэтому в Европе и в других странах ввели новый метод испытаний для официального утверждения типа и в процессе эксплуатации с использованием портативной системой измерения вредных веществ с отработавшими газами по дорогам общего пользования. Следовательно, требуется высокоточное изготовление цилиндропоршневой группы и поддержание допустимых отклонений технического состояния, что влияет на давление картерных газов, расход масла на угар, расход топлива, что в конечном итоге влияет на экологические показатели.

Испытания с использованием портативной системы измерения выбросов вредных веществ на дороге более объективны, но предъявляют более жесткие требования к заводу-изготовителю транспортных средств. Поскольку, например, во время дорожных испытаний выбросы NOx в 2-13 раз выше, чем на стенде [6]. Во время испытания на дороге учитываются условия окружающей среды (температура, атмосферное давление, влажность), дорожные условия (высота над уровнем моря, рельеф местности), требования к испытаниям (маршрут, скорость, ускорение, время на маршруте), подготовка транспортного средства и стиль вождения.

Согласно Правилам ЕЭК ООН № 49, транспортные средства категории N3 должны соответствовать экологическим требованиям после выпуска Евро-5 до пробега 500 тыс. км или семь лет, а Евро-6 -- до 700 тыс. км пробега или семь лет, в зависимости от того, что наступит раньше.

Предельная величина износа диаметра гильзы определяется по следующей формуле:

$$Пз = Пп - Пн \quad (1)$$

где Пп – предельное значение диаметра гильзы,

Пн – номинальное значение диаметра гильзы.

На рисунке 1 схематично показаны номинальные и предельные размеры гильзы.

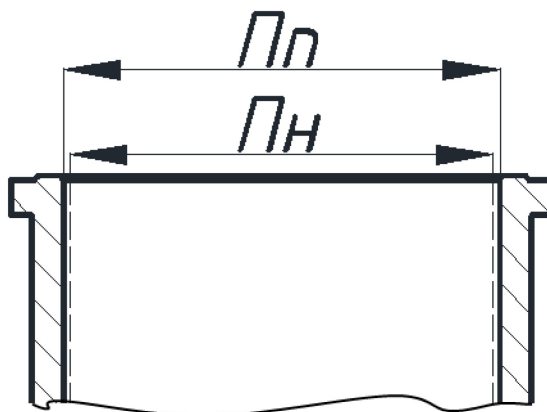


Рис. 1 – Схематическое изображение гильзы

Показателей соответствия выбросов вредных веществ с отработавшими газами с использованием портативной системы измерения выбросов рассчитываются по следующей формуле:

$$Кс = \frac{e}{L} \quad (2)$$

где e - удельные выбросы соответствующего компонента во время дорожных испытаний в мг/кВт•ч;

L - применимое предельное значение по экологическому классу в мг/кВт•ч.

Исследование показало, что предельное значение износа диаметра гильзы для дизельных двигателей с рабочим объемом 12 л составляет не более 0,150 мм. Показатель соответствия выбросам вредных веществ с отработавшими газами (CO, CO₂, NO, NO₂, THC, CH₄) с

использованием портативной системы измерения выбросов на сегодняшний день составляет 1,5, а для взвешенных частиц (PM, PN) - 1,0.

Полученные значения позволяют инженерно-техническим работникам, участвующим в разработке нормативно-технической документацией по ремонту грузовых автомобилей, устанавливать допускаемые отклонения параметра технического состояния и прогнозировать остаточный ресурс цилиндропоршневой группы от номинального до предельных значений в соответствии с требованиями экологического класса Евро, которые изменяются в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» ТР ТС018/2011. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/fb912286b5c44149bb594585163dbf84f712edb5/ (Дата обращения 10.01.2024).
2. Правила ООН № 49 «Единообразные предписания, касающиеся подлежащих принятию мер по ограничению выбросов загрязняющих газообразных веществ и взвешенных частиц двигателями с воспламенением от сжатия и двигателями с принудительным зажиганием, предназначенными для использования на транспортных средствах» (E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.48/rev6).
3. *Галиев Р.М.* Исследование надежности дизельных двигателей внутреннего сгорания грузового автомобиля / Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, Ф.Л. Назаров // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. НЧИ КФУ. 2022. №1 (90). – С. 14-22.
4. *Галиев Р.М.* Влияние технического состояния двигателя на производительность автомобиля / Р.М. Галиев, Е.В. Леонов, Э.Р. Шарифуллин, А.Ю. Салихова, Д.И. Нуретдинов, А.Ю. Барыкин // Технический журнал «Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника»: №5 2023г. – Москва, 2023. – С. 12-14.
5. *Галиев Р.М.* Методика определения остаточного ресурса двигателя внутреннего сгорания по давлению картерных газов. / Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Р.Ф. Илдарханов, В.М. Нигметзянова, Д.К. Шакуров // Научно-технический вестник Поволжья. №4 2021г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. – С. 25-27.
6. *Кисуленко Б.В.* Концепция сохраняемости параметров безопасности автомобилей в жизненном цикле и пути ее реализации в России. [Электронный ресурс]. - URL: <https://oag-info.ru/article/safeauto> (Дата обращения 18.01.2024).
7. Development of the Japan's RDE (Real Driving Emission) procedure. [Электронный ресурс]. <https://unece.org/DAM/trans/doc/2018/wp29grpe/GRPE-76-18e.pdf> (Дата обращения 20.01.2024).

2.3.1.

**Р.М. Галиев канд. техн. наук, Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук,
А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, Е.В. Леонов, И.И. Абдушев**

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, radikrabota@mail.ru

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕРМОСТАТА ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ

В данной статье рассматривается конструкция термостата дизельного двигателя внутреннего сгорания грузового автомобиля. Было проведено исследование статистики его отказов. Рассмотрены причины возникновения дефектов. Проанализирован технологический процесс сборки термостата. На основе проведенных исследований предложен способ повышения надежности термостата при производстве и ремонте.

Ключевые слова: *транспортное средство, дизельный двигатель, термостат, водяная коробка.*

Автомобиль состоит из множества элементов, которые должны работать вместе. Эти элементы поставляются на сборочное производство различными компаниями. Поставляемые элементы для автомобиля должны соответствовать технической документации производителя соответствующих транспортных средств [1]. Разработка и производство надежных, конкурентоспособных автомобилей являются основными задачами заводоизготовителей [2]. Надежность автомобиля зависит от его элементов, поэтому к поставляемой продукции предъявляются повышенные требования. Транспортное средство должно обладать следующими свойствами: надежностью, долговечностью, сохраняемостью и ремонтпригодностью [3]. Надежность автомобиля влияет на эффективность технической и коммерческой эксплуатации [4]. Чем выше надежность автомобиля, тем выше будут показатели технической и коммерческой эксплуатации транспортного средства. Путем анализа неисправностей конкретного элемента транспортного средства, который систематически выявляет неисправность, определения ее причины и изменения технологического процесса при производстве и ремонте этого элемента, можно устранить этот дефект.

Целью исследования является анализ дефекта поставляемой продукции в процессе эксплуатации транспортного средства, а именно термостата системы охлаждения двигателя, и разработка мер по его устранению.

Статистические данные за 2023 год по автомобилям с двигателем КАМАЗ-740, поступающим в сервис из-за неисправностей термостата, приведены на рисунке 1.

Во время работы двигателя циркуляция охлаждающей жидкости (ОЖ) в системе создается водяным насосом. В системе охлаждения имеется расширительный бачок для компенсации теплового расширения ОЖ с выпускным клапаном для поддержания в системе избыточного давления в диапазоне от 0,098 до 0,127 МПа (от 1,0 до 1,3 кгс/см²) и впускным клапаном для сообщения системы с атмосферой, срабатывающим при разрежении в диапазоне от 0,010 до 0,020 МПа (от 0,1 до 0,2 кгс/см²) [5]. Жидкость из насоса нагнетается в полость охлаждения левого ряда цилиндров, и через трубу в полость охлаждения правого ряда цилиндров. Омывая наружные поверхности гильз цилиндров, охлаждающая жидкость через отверстия в верхних привалочных плоскостях блока цилиндров поступает в полости охлаждения головок цилиндров. Из головок цилиндров нагретая жидкость по трубам поступает в водяную коробку термостата, из которой в зависимости от температуры, она направляется в радиатор или на вход насоса. Поперечное сечение термостата показано на рисунке 2.

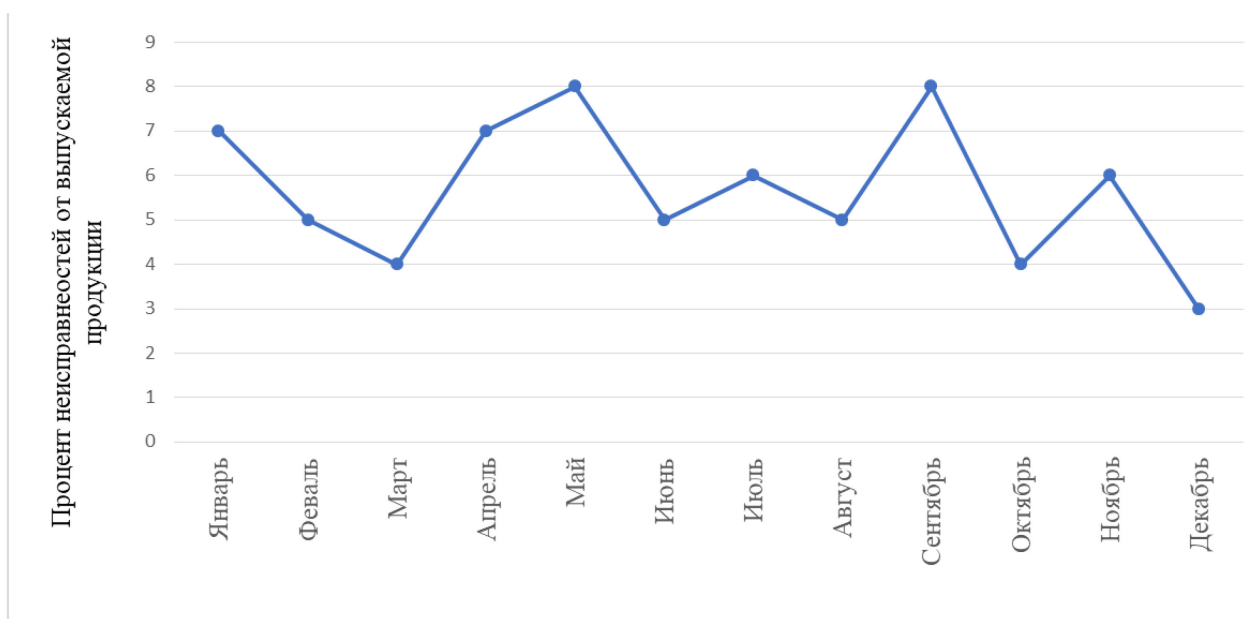


Рис. 1 - Статистические данные неисправностей термостата

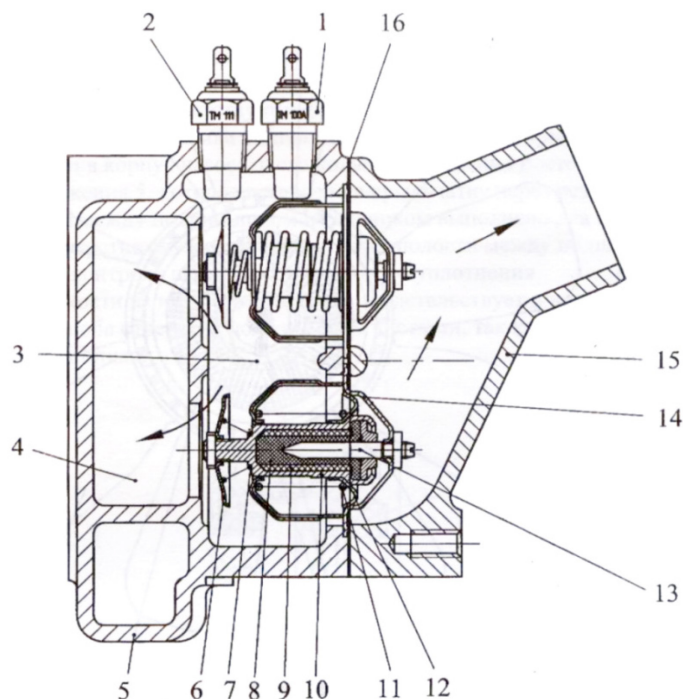


Рис. 2 - Термостат в разрезе:

- 1 – датчик указателя температуры; 2 – датчик сигнализатора аварийного перегрева;
 3 – канал выхода жидкости из двигателя; 4 – канал перепуска жидкости на вход водяного насоса; 5 – коробка водяная; 6 – перепускной клапан; 7 – пружина перепускного клапана;
 8 – резиновая вставка; 9 – наполнитель; 10 – баллон; 11 – пружина основного клапана;
 12 – основной клапан; 13 – поршень; 14 – корпус; 15 – патрубок водяной; 16 – прокладка

По данным сервисных центров, основной неисправностью термостата является утечка антифриза из патрубки (15), водяной коробки (5) из-за скрытых литейных раковин и на стыках с прокладкой (16), которые показаны на рисунке 3.

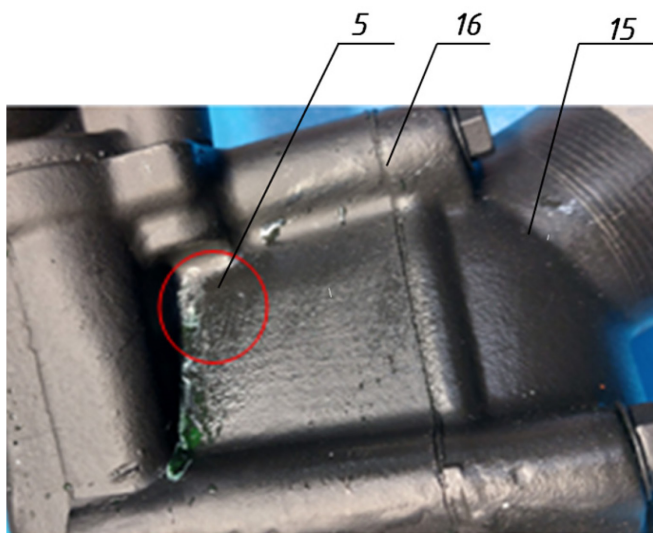


Рис. 3 - Дефектный термостат

Указанный дефект представляет собой литейную раковину, образовавшуюся при изготовлении. Его можно определить, изучив микроструктуру детали - расположение параметров дендрита (DP) по следующей формуле:

$$DP = \frac{L}{N - 2}$$

где L – длина первичной оси дендрита; N – количество вторичных осей дендрита.

Изучение каждой детали на предмет микроструктуры - трудоемкая и дорогостоящая работа. Следовательно, эта работа должна выполняться выборочно при дополнительном исследовании, а параметры дендрита не должны превышать 30 мкм.

В соответствии с технологическим процессом, на предприятии по выпуску поставляемой продукции, эти детали отдельно проверяются на герметичность. Но после сборки в соответствии с установленным технологическим процессом проверка на герметичность не проводится.

Чтобы устранить вышеизложенные дефекты, при ремонте и производстве, предлагается внедрить метод проверки термостата после сборки на наличие утечек, путем загружая в емкость с рабочей жидкостью 40°C и подачей сжатого воздуха в две полости.

Внедрение метода проверки каждого термостата после сборки на герметичность, по мнению авторов, должно привести к полному контролю отсутствия его отказов, а также к сокращению производственных дефектов при производстве и ремонте, тем самым повышая надежность поставляемой продукции изготовителем.

Список литературы

1. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» ТР ТС018/2011. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/fb912286b5c44149bb594585163dbf84f712edb5/ (Дата обращения 10.01.2024).
2. Галиев Р.М. Исследование надежности дизельных двигателей внутреннего сгорания грузового автомобиля / Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, Ф.Л. Назаров // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. НЧИ КФУ. 2022. №1 (90). С. 14-22.
3. Барыкин А.Ю. Системный анализ оценочных показателей ресурса автомобильного двигателя / А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов, А.М. Фролов // Научно-технический вестник Поволжья. Казань. 2020. №1. С. 15-17.
4. Галиев Р.М. Анализ и методика повышения надежности отремонтированных двигателей КАМАЗ-740.10 / Р.М. Галиев, З.А. Аюкин, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов // Научно-технический вестник Поволжья. Казань. 2021. №2. С. 14-16.
5. Автомобили КАМАЗ-4350 семейства мустанг. Руководство по эксплуатации. Набережные Челны. ОАО КАМАЗ. 2012. 659 с.

2.3.1.

¹А.В. Ганичева канд. физ.-мат. наук, ²А.В. Ганичев¹Тверская государственная сельскохозяйственная академия,
кафедра физико-математических дисциплин и информационных технологий,²Тверской государственный технический университет,
кафедра информатики и прикладной математики,
Тверь, alexej.ganichev@yandex.ru**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

В статье разработана математическая модель определения согласованности коллективной оценки экспертов на основе статистических критериев Фишера-Снедекора и Пирсона. Показана особенность построения эконометрических моделей для согласованных оценок. Предложен метод оценки качеств преподавателей и учащихся по совокупности показателей.

Ключевые слова: *методы оценивания, эксперт, двухфакторный дисперсионный анализ, преподаватель, учащийся.*

Введение

Для оценки качества учебного процесса одного показателя оказывается недостаточно, поэтому используется их совокупность. Для количественных показателей возникает проблема многокритериального оценивания. Эту проблему решают за счет многоуровневой свертки показателей [1] или векторной моделей [2]. При наличии не только количественных, но и качественных показателей используют методы экспертных оценок [3]. В этом случае появляется проблема качества принимаемого экспертами коллективного решения. Для эффективного решения необходимо согласование как методов оценивания так и решений экспертов.

1. Согласование способов оценивания и мнений экспертов

При оценке объекта или субъекта разными способами и разными экспертами возникает важная задача согласования способов оценивания и мнений экспертов, чтобы коллективная оценка была максимально объективной. Встает вопрос: как оценить степень объективности оценки, т. е. ее качество? Рассмотрим следующую методику, сущность которой заключается в применении системного подхода к оценке.

Пусть имеется n разных методов оценивания данного объекта (субъекта) и m экспертов, каждый из которых производит оценивание по каждому из этих методов. Таким образом, имеется система (X, Y) , где X – множество методов оценивания данного объекта или субъекта (фактор X), Y – множество экспертов (фактор Y). Обозначим через Z оценку данного объекта (субъекта), она является случайной величиной, т. к. зависит от множеств (факторов) X, Y . Методика отыскания качественной оценки заключается в следующем. С использованием двухфакторного дисперсионного анализа (факторы: X, Y) для данного уровня значимости α определяется, значимо ли влияют на результаты оценки два фактора: эксперт и применяемый метод.

Для этого применяется критерий Фишера-Снедекора [4], связанный с проверкой гипотезы H_0 об отсутствии влияния на оценку Z факторов X, Y . За меру качества оценки в этом случае можно взять величину α , где α – максимальный уровень значимости, для которого выполняется гипотеза H_0 .

Если гипотеза H_0 не выполняется даже для достаточно малых значений α , то это означает, что оценка Z существенно зависит от факторов X, Y , а поэтому не может быть объективной.

Для выявления влияния на оценку Z каждого фактора X и Y в отдельности можно использовать коэффициент множественной конкордации [4] для Z и X , Z и Y . Если этот коэффициент близок к 1, можно утверждать о большой коррелированности способов оценивания (суждений экспертов). Чем меньше этот коэффициент, тем менее согласованы способы оценивания (суждения экспертов). Таким образом, этот коэффициент можно рассматривать как меру качества оценивания.

Если речь идет об оценке множества однородных единиц (объектов или субъектов) с возможностью распространения результата оценивания на генеральную совокупность, то в случае согласования результатов далее используется χ^2 - критерий Пирсона (для числа объектов более семи) для данного уровня значимости α . Тогда показателем степени качества оценки можно считать минимальное из значений α и коэффициента множественной конкордации.

Допустим, оценивается k факторов $z_1, z_2, \dots, z_k$ m экспертами (m методами), причем $z_1, z_2, \dots, z_k$ являются факторными признаками для признака u , т. е. $u = f(z_1, \dots, z_k)$. Пусть $z_i^{(j)}$ - оценка i -го фактора j -ым экспертом ($i = \overline{1, k}, j = \overline{1, m}$):

$$\begin{cases} u_1 = f(z_1^{(1)}, \dots, z_k^{(1)}), \\ u_2 = f(z_1^{(2)}, \dots, z_k^{(2)}), \\ \dots \\ u_m = f(z_1^{(m)}, \dots, z_k^{(m)}). \end{cases}$$

В случае согласованности оценок на основе этой системы можно построить эконометрические модели, используя в качестве u_i ($i = \overline{1, m}$) правую часть любого другого равенства этой системы. Такое отождествление дает возможность избавиться от субъективности оценки либо существенно ее уменьшить. Для каждого уравнения регрессии ищется доверительный интервал прогноза u . Поскольку уравнений регрессии несколько, получается несколько таких доверительных интервалов. В качестве интервальной оценки u рассматривается доверительный интервал, левая граница которого равна минимальной левой границе этих доверительных интервалов, а правая – наибольшей правой границе этих интервалов.

2. Оценка преподавателей и учащихся

В настоящее время очень распространенной является учебно – психологическая оценка преподавателей и учащихся, осуществляемая либо на основе тестирования, либо усредненного индивидуального мнения.

Чтобы достигнуть максимальной объективности оценки, необходимо использовать разные способы оценивания:

для преподавателей это: 1) тестирование; 2) оценка обучаемыми (может быть, и их родителями); 3) оценка коллег; 4) оценка администрации; 5) самооценка;

для обучаемых это: 1) тестирование; 2) оценка преподавателей; 3) оценка группы; 4) самооценка.

Оценка должна служить для создания целостной системы показателей (качеств) u_i , образующих учебно-психологический портрет преподавателя и обучаемого. Для преподавателя – это компетентность, умение объяснять, требовательность, лидерство, показатель волевой регуляции, культура общения, инициативность, справедливость, коммуникабельность, трудолюбие, уверенность и т. д.; для обучаемых – это коэффициент интеллекта, показатель уровня мотивации достижения, трудолюбие, терпение и настойчивость, дисциплинированность, готовность к изменению и т. д.

Произведение таких факторов либо их сумм с соответствующими статистически определенными коэффициентами можно рассматривать в качестве обобщенного показателя u учебно – психологического портрета преподавателя и обучаемого. При согласованности способов оценивания и индивидуальных мнений экспертов социально-психологические портреты преподавателя и обучаемого описываются соответствующими уравнениями

множественной регрессии, из анализа которых делается вывод о доминирующем факторе z_i , строится доверительная оценка обобщенного показателя u для преподавателя и обучаемого.

Для оценки точности аппроксимации статистических данных, полученными уравнениями регрессии вычисляются множественные коэффициенты детерминации

$$(R_i)^2 = \frac{Q_r(i)}{Q_i},$$

где $Q_r(i)$ - сумма квадратов, обусловленная регрессией, отражающей влияние основных факторов, Q_i - сумма квадратов отклонений зависимой переменной u_i от ее среднего значения.

Для сравнения влияния факторов z_i на соответствующий обобщенный показатель u используются стандартизированные коэффициенты регрессии и коэффициенты эластичности, вычисляемые соответственно по формулам:

$$\varepsilon_i = b_i \cdot \frac{S_{z_i}}{S_u}, \quad E_i = b_i \cdot \frac{\bar{z}_i}{\bar{u}},$$

где S_{z_i}, S_u - статистические оценки соответствующих средних квадратических отклонений, b_i – коэффициенты уравнения регрессии, $\bar{z}_i, \bar{u}$ - статистические оценки соответствующих средних значений.

Заключение

В статье разработаны простые и эффективные методы оценивания согласованности процедур оценивания и мнений экспертов. Показано как можно построить эконометрические модели для согласованных оценок факторов. Рассмотрен метод оценки качеств преподавателей и учащихся для создания целостной системы показателей.

Список литературы

1. Ризен Ю.С., Захарова А.А., Минин М.Г. Математическое моделирование образовательного процесса в оценке качества деятельности вуза // Информационное общество, 2014. - № 3. - С. 25-33.
2. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Векторная модель многокритериальной оценки // Научное обозрение: теория и практика, 2020. - Т. 10. - № 10 (78). - С. 2245-2253.
3. Моделирование процесса оценки качества вузовского образования: постановка задачи / Борисова Л.В. и [др.] // Векторы благополучия: экономика и социум, 2021. - № 1 (40). - С. 122-130.
4. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 573 с.

2.3.1.

Д.С. Горбатенко

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

**ПРОФИЛАКТИКА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ,
ПРОИЗОШЕДШИХ ПРИ СЪЕЗДЕ С ДОРОГ**

В статье рассматривается проблематика профилактики такого вида дорожно-транспортных происшествий как «съезд с дороги». Проведен анализ основных причин съездов с дорог. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике данного вида дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, съезд с дороги, улично-дорожная сеть, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

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

Съезд с дороги является самостоятельным видом ДТП, при котором механическое транспортное средство (ТС) покинуло проезжую часть и оказалось вне дороги, где и произошло ее опрокидывание, столкновение, или наезд на пешехода, препятствие, животных. Согласно Правил дорожного движения (ПДД) дорогой является обустроенная или приспособленная и используемая для движения ТС полоса земли либо поверхность искусственного сооружения. Дорога включает в себя одну или несколько проезжих частей, а также трамвайные пути, тротуары, обочины и разделительные полосы при их наличии.

В результате произошедшего съезда с дороги для водителя и пассажиров ТС ситуация усугубляется возможными наездами на деревья, конструкции, а также многократными опрокидываниями. После происшествий такого характера водители и пассажиры могут получить ряд тяжелых травм. Не пристегнутые водитель и пассажиры ТС могут вылететь из ТС, получив при падении тяжелые травмы.

Рассмотрим структуру данного вида ДТП, произошедших на улично-дорожной сети (УДС) Московской области за 2019-23 гг. [2].

Доля съездов с дорог в общей дорожно-транспортной аварийности в среднем составляет 5-7 %, и тем не менее, проблема нуждается в профилактике.

В среднем 70 % съездов с дорог с пострадавшими происходило на участках УДС вне населенных пунктов, в свою очередь из них в среднем 70 % происходило на автодорогах регионального значения, в среднем 30 % происходило на автодорогах федерального значения. В среднем только в 30 % съездов в местах ДТП фиксировались какие-либо недостатки транспортно-эксплуатационного состояния дорог. Самыми распространенными недостатками являлись отсутствие горизонтальной дорожной разметки (в среднем в 35 % случаев), неудовлетворительное состояние обочин (в среднем в 25 % случаев), отсутствие или неправильное применение дорожных знаков (в среднем в 20 % случаев), отсутствие или неисправность освещения проезжей части (в среднем в 10 % случаев), и отсутствие дорожных ограждений в необходимых местах (в среднем в 5 % случаев). В среднем 80% съездов происходило на перегонах, в среднем 15 % съездов происходило в зонах перекрестков и выездов с прилегающих территорий. В среднем в 40 % съездов в местах ДТП фиксировалось наличие в непосредственной близости объектов УДС и объектов притяжения, а именно наличие вблизи пешеходных переходов (в среднем в 25 % случаев), остановок

общественного транспорта (в среднем в 25 % случаев), автозаправочных станций (АЗС) (в среднем в 20 % случаев), перекрестков (в среднем в 15 % случаев), и объектов торговли (в среднем в 10 % случаев). В среднем только в 10 % съездов отмечались факторы, влияющие на режим движения, чаще всего дорожные работы (в среднем в 60 % случаев), и наличие стационарных камер автоматической фотовидеофиксации нарушений ПДД (в среднем в 35 % случаев).

В среднем 70 % съездов происходило при сухом состоянии проезжей части. В среднем 60 % съездов происходило при пасмурной погоде, в среднем 10 % еще и в условиях дождя, в среднем 5 % еще и в условиях снегопада. В светлое время суток происходило в среднем 65 % съездов, в темное время суток при включенном освещении - в среднем 20 % съездов, в темное время суток при отсутствующем или не включённом освещении происходило в среднем 10 % съездов. В среднем 75 % съездов происходили на прямолинейных участках дорог. Почти все съезды (в среднем 95 %) происходили на горизонтальных участках автодорог. В среднем 90 % съездов происходили на участках УДС без разделительной полосы. На участках УДС с асфальтобетонным покрытием в среднем происходило 95 % съездов.

За редким исключением съезды ТС с дорог происходили после нарушения водителями ПДД. Самым распространенным нарушением ПДД являлось несоответствие выбранной скорости конкретным условиям движения (в среднем в 90 % случаев). Почти все водители – мужчины. В возрастной группе от 21 до 30 лет в среднем 24 % водителей, в возрасте 31-40 лет в среднем 22 % водителей, в возрасте 41-50 лет в среднем 21 % водителей, в возрасте 60 лет и старше в среднем 16 % водителей, в возрасте 51-60 лет в среднем 11 % водителей, и в возрасте до 20 лет в среднем 6 % водителей. В среднем 60 % водителей с солидным водительским стажем (свыше 10 лет), в среднем по 20 % - с водительским стажем до 3 лет, и от 3 до 10 лет. В среднем в 60 % съездов водители и пассажиры ТС были пристегнутыми. В среднем в 85 % случаев водители управляли легковым автотранспортом. Сопутствующими нарушениями ПДД водителями ТС в среднем в 60 % случаев являлись управление ТС в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, и отказ от медицинского освидетельствования, а также управление ТС в состоянии нетрудоспособности (болезни), переутомление, сон за рулем (в среднем в 10 % случаев).

Анализ структуры съездов с дорог на УДС Московской области за последние 5 лет [2] позволил сделать вывод о том, что основными причинами съездов с дорог являются:

- несоответствие выбранного водителями скоростного режима либо требованиям ПДД, либо конкретным условиям движения, либо собственному физическому состоянию;
- неадекватное состояние водителей (алкогольное или наркотическое опьянение, болезнь, переутомление, сон за рулем).

Следовательно, основными направлениями профилактики съездов с дорог должны быть следующие:

- надзор за движением;
- контроль за соблюдением водителями требований ПДД;
- совершенствование обеспечения соблюдения водителями режима труда и отдыха;
- пропаганда БДД.

Основными направлениями профилактики пьянства за рулем могут быть следующие.

1. Большее присутствие на УДС инспекторов дорожно-патрульной службы (ДПС), что позволит останавливать ТС, движение которых дает основание полагать, что водитель находится в нетрезвом состоянии.

2. Расширение сети медицинских пунктов, осуществляющих освидетельствование водителей на алкогольное или наркотическое опьянение. Это может быть реализовано путем внедрения передвижных лабораторий, а также возврат лицензий на право освидетельствования всем районным больницам. Это даст возможность минимизировать время доставки водителя, имеющего признаки алкогольного или наркотического опьянения, к месту проведения освидетельствования.

3. Внедрение специальных технических средств, работающих по принципу «Алкозамок». В случае посадки в автомобиль водителя, находящегося в нетрезвом состоянии, запуск двигателя будет заблокирован. Также необходимо, чтобы в любой момент управления автомобилем система запрашивала повторный тест, в целях исключения ситуации, при которой водитель, находящийся в нетрезвом состоянии, попросит трезвого подуть в прибор. Если проверка выявит появление опьянения в процессе движения, система должна принуждать водителя к остановке [3]. Первоначально такие средства можно внедрять в автомобилях, осуществляющих перевозку пассажиров, и используемых в режиме «каршеринга».

Препятствованием «засыпания» водителя за рулем могут стать такие инженерные решения, как шумовая ребристая разметка, искусственные неровности, дорожные ограждения.

Необходимо также обеспечить отсутствие для водителей различных придорожных отвлекающих внешних факторов (т.н. визуального мусора), главным образом рекламы.

Большинство ДТП связано с сознательным невыполнением требований безопасности участниками движения. Поэтому, весомую роль в предупреждении ДТП играет неукоснительное соблюдение ПДД. Обеспечение соблюдения участниками движения требований ПДД осуществляется средствами надзора и контроля за движением. Инструментами (средствами) надзора и контроля за движением являются ДПС и автоматическая фотовидеофиксация нарушений ПДД. Естественно, что функции надзора и контроля за движением не могут эффективно осуществляться без соответствующей ответственности за нарушение ПДД, которая должна состоять не только из высоких денежных сумм, но и обеспечиваться надежной системой неотвратимости наказания (например, задержание водительского удостоверения до исполнения, ограничение или запрет выполнения каких-либо действий до исполнения, ограничение пользования имуществом до исполнения и т.п.).

Предлагаемый набор профилактических мероприятий способен минимизировать вероятность совершения съездов с проезжих частей улиц и автомобильных дорог.

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

Список литературы

1. Лукьянов В.В. Безопасность дорожного движения. М. Транспорт, 2008, 106 с.
2. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2019-23.
3. Горбатенко Д.С. Нетрезвое состояние водителя как причина дорожно-транспортного происшествия. Казань, журнал «Научно-технический вестник Поволжья», выпуск № 11, 2020 г., с. 27-29.

2.3.1.

В.Н. Дюпин

Саровский физико-технический институт,
филиал «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
факультет информационных технологий и электроники,
кафедра вычислительной и информационной техники,
Саров, rehcraser@mail.ru

**ПОДСИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО
АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА**

В работе представлено описание подсистемы имитационного моделирования виртуального адаптационного пространства. Рассмотрены методы построения имитационных моделей сложных технических систем с гибридной архитектурой, которая поддерживает частичную виртуализацию исследуемых подсистем. Описана модель имитационной среды.

Ключевые слова: *виртуальная реальность, виртуальное адаптационное пространство, имитационное моделирование, технические системы, интерфейсы взаимодействия систем.*

Введение

Современные системы инженерного анализа используют методы имитационного моделирования для анализа технических процессов, которые протекают в исследуемых системах. Имитационное моделирование позволяет провести анализ исследуемой системы через математическую модель поведения этой системы.

Для анализа поведения системы исследуемая система разбивается на более простые подсистемы. Модель взаимодействия подсистем определяет поведение исследуемой системы.

Виртуальная реальность представляет собой совокупность компьютерных моделей реального мира и технических средств взаимодействия субъекта виртуальной реальности и компьютерными моделями. Виртуальное адаптационное пространство – комплексная система виртуальной реальности, в которой реализована система балансировки нагрузки на каналы восприятия субъекта виртуальной реальности [1]. Ядром виртуального адаптационного пространства является математическая модель объектов окружающего мира, которая учитывает динамику свойств объектов виртуального мира [2].

Цель исследования

Цель исследования заключается в разработке методологических основ создания подсистемы имитационного моделирования для исследования поведения объектов виртуальной реальности.

Задачи исследования

- разработка методики построения архитектуры для подсистемы имитационного моделирования;
- разработка методики построения компьютерных моделей для объектов имитационной среды.

Материалы и методы исследования

Для построения архитектуры имитационного моделирования виртуального адаптационного пространства в исследуемой системе выделяются ключевые свойства системы, которые определяют поведение всей системы. Совокупность взаимосвязанных свойств системы формируют облик объектов имитационной среды [3, 4]. Для построения математической модели объектов имитационной среды используются методы:

- системная динамика – метод моделирования сложных систем на высоком уровне абстракции через описание обратной связи взаимодействия объектов исследуемой системы;
- агентное моделирование – метод имитационного моделирования, который учитывает открытость и эволюцию поведения объектов моделирования (агентов).

На рисунке 1 представлен проект архитектуры подсистемы имитационного моделирования для системы виртуального адаптационного пространства.

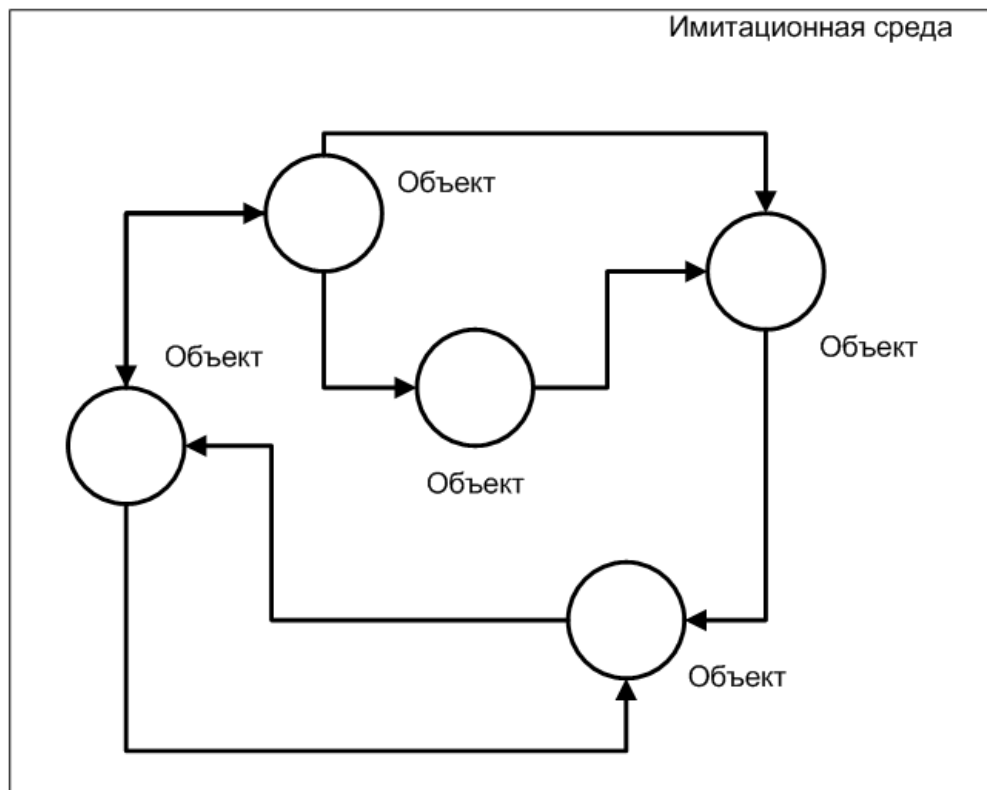


Рис. 1 – Подсистема имитационного моделирования

Кружками на рисунке 1 обозначены объекты исследуемой системы, стрелками – показаны каналы взаимодействия между объектами имитационной модели.

Для построения имитационной компьютерной модели объектов информационной системы строится временная UML (Unified Modeling Language) диаграмма взаимодействия объектов системы.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования была рассмотрена модель пешеходного трафика. Объектами модели пешеходного трафика являются:

- пешеход;
- светофор;
- участок дороги;
- транспорт.

Модель пешеходного перехода оперирует двумя классами объектов:

- Агенты – активные объекты, взаимодействующие с окружающей средой;
- Транспортная инфраструктура – статические объекты модели.

Агенты рассматриваемой логистической модели осуществляют перемещение по транспортным маршрутам. Агент «пешеход» выполняет перемещение по заданному маршруту с анализом окружающих агентов в допустимой области видимости агента.

При попадании в поле зрения агента «пешеход» агента «светофор» выполняется анализ параметров агента «светофор». Для состояния светофора «зеленый» агент «пешеход» выполняет переход по транспортному маршруту. Для состояния «желтый» агент «пешеход» осуществляет прерывание задачи перемещения по маршруту до наступления сигнала от

светофора «смена состояния». Для «красного» состояния светофора агент «пешеход» останавливает задачу движения по маршруту.

Аналогичным образом реализовано поведение агента «транспорт». Отличие поведения агента «транспорт» от агента «пешеход» заключается в типе светофоров. Агент «транспорт» использует «автомобильный светофор», а агент «пешеход» использует «пешеходный светофор».

Заключение

В статье был показан пример построения подсистемы имитационного моделирования для системы виртуального адаптационного пространства. Подсистема имитационного моделирования базируется на моделировании поведения объектов рассматриваемой системы. Математическая модель имитационной системы опирается на граф взаимодействия объектов системы. В рассмотренной имитационной модели транспортной системы были смоделированы правила взаимодействия объектов и правила эволюции поведения объектов при переключении состояния окружающих объектов системы.

Список литературы

1. Дюпин В.Н. СЛОЙ БИОТЕХНИЧЕСКОГО СОПРЯЖЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 7. – С. 222-226.
2. Дюпин В.Н. РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАЩИЩЕННОГО ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ВИРТУАЛЬНОМ АДАПТАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 7. – С. 237-240.
3. Акопов, А.С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 389 с.
4. Палей А.Г., Поллак Г.А. Имитационное моделирование. Разработка имитационных моделей средствами iWebsim и AnyLogic: учебное пособие. Издательство: СПб.: Лань. Издание 2-е, стер. 208 с. 2023 г..

2.3.1.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

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

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ЯЗЫКА PYTHON В НАУЧНЫХ И
ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ. ЧАСТЬ V. БИБЛИОТЕКА MATPLOTLIB**

Статья посвящена дополнительной библиотеке Matplotlib языка программирования Python, предназначенной для построения различных типов графиков. В статье рассмотрены возможности библиотеки Matplotlib для визуализации результатов вычислений в инженерных, научных или экономических задачах. Также рассмотрена возможность интеграции графиков библиотеки Matplotlib в состав визуальных пользовательских интерфейсов в программах на Python.

Ключевые слова: язык программирования Python, библиотека Matplotlib, столбчатая диаграмма, круговая диаграмма, коробчатая диаграмма, диаграмма разброса, линейный график, визуализация результатов научных исследований.

Дополнительная библиотека Matplotlib языка программирования Python предназначена для визуализации результатов вычислений и обработки данных в научных, инженерных и экономических задачах. Библиотека Matplotlib позволяет строить десятки различных типов графиков в программах на языке Python.

Библиотека Matplotlib поддерживает построение линейных графиков, столбчатых диаграмм и гистограмм, диаграмм разброса, круговых диаграмм, коробчатых диаграмм, поддерживает построение графиков в полярных и логарифмических системах координат, а также поддерживает построение множества трехмерных графиков, таких как трехмерные поверхности, линейные и точечные графики в трехмерной проекции [1].

Библиотека Matplotlib не входит в число стандартных библиотек языка Python, для ее установки в окне командной строки Windows необходимо ввести команду “C:\windows\system32> PIP install matplotlib”. После ввода данной команды управление процессом установки библиотеки Matplotlib будет передано менеджеру пакетов PIP языка Python, который скачает пакет с библиотекой Matplotlib с официального сайта языка Python и установит библиотеку Matplotlib в состав средств языка Python. При установке библиотеки Matplotlib может потребоваться установка ряда связанных с Matplotlib библиотек, таких как Python-dateutil или Pillow. Установка этих требуемых библиотек также будет произведена модулем PIP в автоматическом режиме. Завершение процесса установки дополнительной библиотеки Matplotlib будет обозначено сообщением “Successfully installed matplotlib...” выведенным в командную строку Windows.

Графики библиотеки Matplotlib имеют многослойную структуру [2]. Самым нижним слоем графика в библиотеке matplotlib является рисунок Figure. На рисунке Figure располагаются области рисования графиков Axes, а также дополнительные элементы графика, такие как заголовок Title. Слой второго уровня в графиках Matplotlib является область рисования Axes, предназначенная для построения графика Matplotlib. Каждая область рисования Axes содержит две или три координатных оси Axis, предназначенных для определения точек рисования графиков отображения данных. Слой третьего уровня в графиках Matplotlib являются координатные оси Axis, определяющие область отображения данных на графике. Самым верхним слоем в графиках Matplotlib являются элементы рисунка Artists, отвечающие непосредственно за рисование самих графиков Matplotlib. Элементы рисунка Artists могут включать в себя простые графические примитивы, такие как, например, линия Line2D, отвечающие за рисование самих графиков библиотеки Matplotlib. Благодаря

вышеописанной многослойной структуре графиков библиотека Matplotlib позволяет строить как двумерные, так и трехмерные графики, а также, при необходимости, позволяет с использованием функции `figure.add_subplot()` нижнего слоя Figure разделять один график на несколько сегментов и строить несколько различных графиков на одном рисунке Figure.

Импорт библиотеки Matplotlib в программу на языке Python осуществляется командой `“import matplotlib.pyplot as plt”`. После подключения библиотеки обращение к функциям Matplotlib осуществляется следующим образом: `“plt.имя_функции”`.

Для построения каждого типа графиков в библиотеке Matplotlib есть специализированная функция, обязательными входными параметрами которой являются переменные или массивы данных, по которым будет строиться соответствующий график. Также в число входных параметров специализированных функций построения графиков Matplotlib может входить набор основных настроек, таких как, например, параметр `color`, описывающий цвет линий или точек, которые будут использоваться для построения графика.

Так для построения линейных графиков в библиотеке Matplotlib используется функция `plt.plot()` (рис.1а), для диаграмм разброса используется функция `plt.scatter()` (рис.1б).

Для построения столбчатых диаграмм в библиотеке Matplotlib используется функция `plt.bar()` (рис.2а), для коробчатых диаграмм используется функция `plt.boxplot()` (рис.2б).

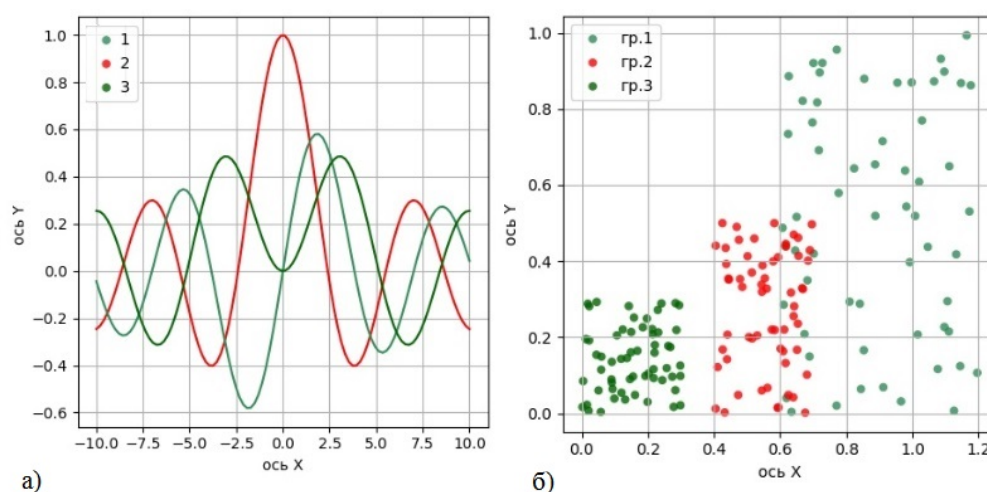


Рис. 1 – Примеры линейного графика и диаграммы разброса Matplotlib
а) – использование функции `plt.plot()` для линейных графиков;
б) – использование функции `plt.scatter()` для диаграмм разброса

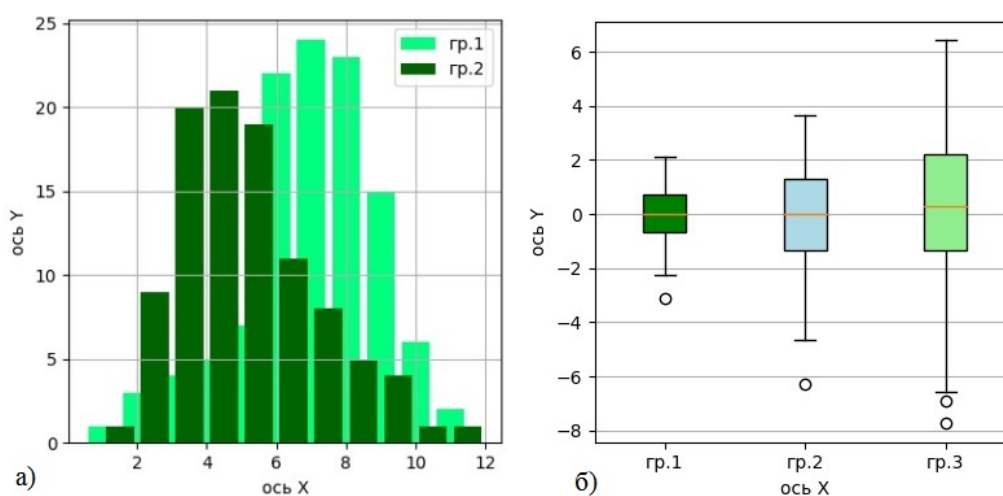


Рис. 2 – Примеры диаграмм библиотеки Matplotlib
а) – использование функции `plt.bar()` для столбчатых диаграмм;
б) – использование функции `plt.boxplot()` для коробчатых диаграмм

Для построения круговой диаграммы в библиотеке Matplotlib используется функция `plt.pie()` (рис.3а). А для построения кругового графика в полярной системе координат в библиотеке Matplotlib используется та же функция `plt.plot()`, что и для линейных графиков, но при этом в настройках слоя Figure необходимо добавить параметр `projection='polar'`, отвечающий за настройку рисования графиков в полярной системе координат (рис.3б).

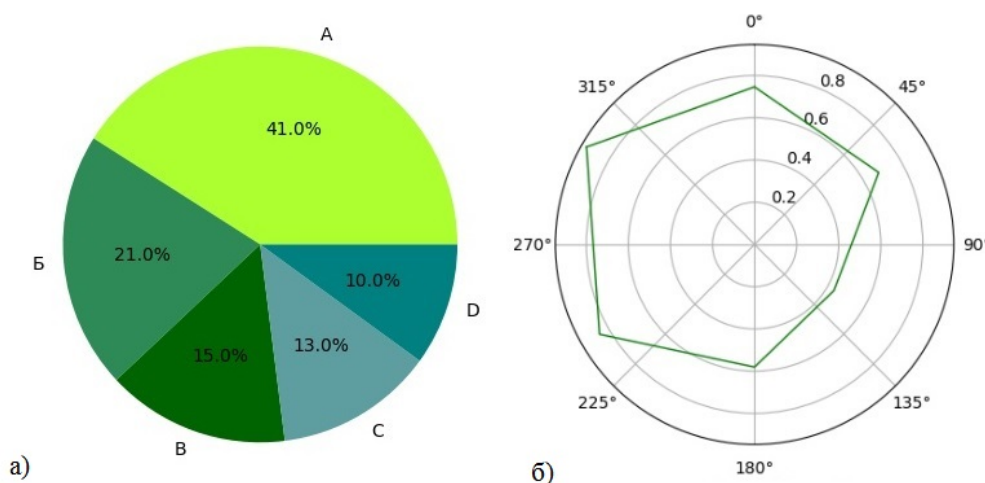


Рис. 3 – Примеры круговых графиков библиотеки Matplotlib
а) – использование функции `plt.pie()` для круговой диаграммы;
б) – использование функции `plt.plot()` для кругового графика в полярной системе координат

Для построения трехмерных графиков Matplotlib сначала с помощью команды `axes3d = figure.add_subplot(projection='3d')` настраивается трехмерное отображение графика. И уже затем в созданном трехмерном отображении строятся необходимые графики. Например, для линейного графика в трехмерной проекции в библиотеке Matplotlib используется функция `axes3d.plot()` с массивами координат точек по трем осям x , y , z в качестве входных параметров (рис.4а).

Для построения трехмерной поверхности в библиотеке Matplotlib используется функция `axes3d.plot_wireframe()` с массивами координат точек поверхности по трем осям x , y , z в качестве входных параметров (рис.4б).

Также в библиотеке Matplotlib можно настроить угол поворота полученных трехмерных проекций графиков. Для этого используется функция `axes.view_init()` библиотеки Matplotlib.

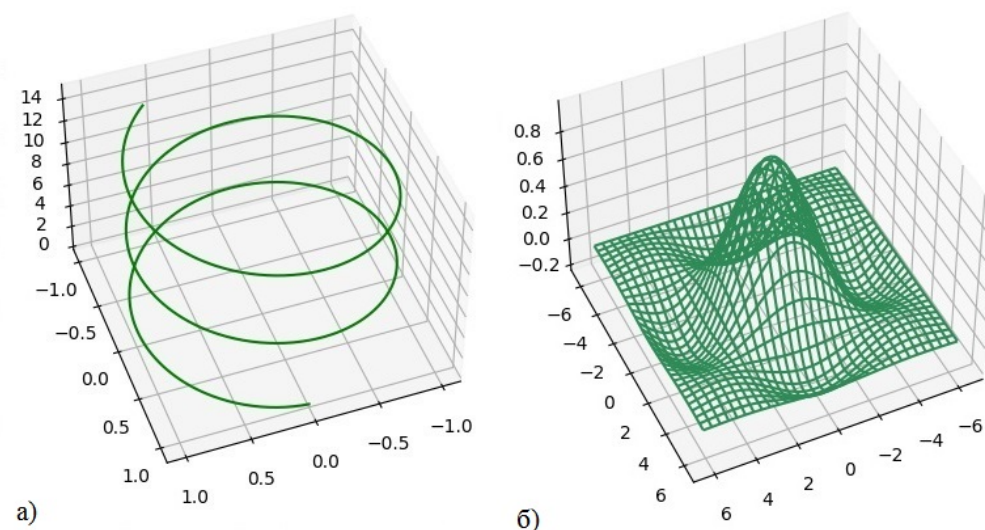


Рис. 4 – Примеры трехмерных графиков библиотеки Matplotlib
а) – использование функции `axes3d.plot()` для линейного графика в трехмерной проекции;
б) – использование функции `axes3d.plot_wireframe()` для трехмерной поверхности

Завершающим шагом в построении графиков в программе будет вызов функции `plt.show()`, отвечающей за прорисовку и визуализацию графика. Перед вызовом функции `plt.show()` могут быть вызваны дополнительные функции, такие как `plt.xlabel()` и `plt.ylabel()`, отвечающие за добавление названий осей графика, или функция `plt.grid(True)`, отвечающая за визуализацию координатной сетки на графике.

Следует отметить возможность интеграции графиков библиотеки Matplotlib в состав визуальных пользовательских интерфейсов, созданных с помощью библиотек PyQt, Tkinter, WxPython, PyGTK. Для этого в состав библиотеки включены модули `matplotlib.backends.backend_qt4agg`, `matplotlib.backends.backend_gtkagg`, `matplotlib.backends.backend_wxagg`, `matplotlib.backends.backend_gtkagg` [3].

Таким образом, специализированная библиотека Matplotlib обладает большим функционалом для построения различных типов графиков визуализации результатов научных и инженерных вычислений в программах на языке Python. Большим преимуществом использования библиотеки Matplotlib для визуализации результатов вычислений является большой перечень поддерживаемых типов графиков. При этом сам процесс настройки и построения графиков библиотеки Matplotlib является достаточно простым и занимает в программе буквально несколько строк программного кода.

Список литературы

1. Документация по библиотеке Matplotlib [Электронный ресурс] Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/plot_types.html (дата обращения 12.01.2024).
2. Официальная страница библиотеки Matplotlib [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pypi.org/project/matplotlib/> (дата обращения 10.01.2024).
3. Раздел описания модуля `matplotlib.backends` в документации библиотеки Matplotlib [Электронный ресурс] Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/api/index_backend_api.html (дата обращения 12.01.2024).

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ^{2,3}Р.А. Вербицкий, ⁴А.С. Тычков, ⁵Г.Ю. Азаренко

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

²ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
кафедра инженерной графики, Москва

³АО ИННОЦИФРА, Москва,

⁴ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»,
кафедра «Тяговый подвижной состав», Самара,

⁵ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск,
alzolkin@list.ru, verbickij@mirea.ru, al2000@rambler.ru, azarenkogy@gmail.com

ВНЕДРЕНИЕ УЛУЧШЕННОГО МУЛЬТИСЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ УЗЛА ДОСТУПА С ВНЕДРЕНИЕМ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

Статья посвящена вопросам внедрения улучшенного мультисервисного обслуживания для узла доступа в сетях связи с использованием нейро-нечеткого программного модуля. В работе рассматривается актуальная проблема оптимизации процессов управления узлами доступа в условиях современных требований к сетям связи. Нейро-нечеткий программный модуль представляет собой инновационный метод, объединяющий преимущества нейронных сетей и нечеткой логики для эффективной адаптации к разнообразным запросам пользователей через мультисервисное обслуживание сетей типа FTTH. Такое рассмотрение расширяет область применения предложенной технологии. Анализируется современное состояние узлов доступа и выявляются основные проблемы, такие как неэффективность обслуживания и ограниченная адаптивность. В работе подчеркивается научная новизна, предложенная внедрением нового подхода с применением нейро-нечеткого модуля, способного оптимизировать процессы обслуживания и повысить функциональность узлов доступа. Эксперименты демонстрируют положительные результаты, такие как высокая скорость адаптации, повышенная производительность и улучшенная точность прогнозирования. Обсуждаются принципы и преимущества нейро-нечеткого программного модуля в контексте улучшения адаптивности и производительности узлов доступа.

Ключевые слова: мультисервисное обслуживание, узел доступа, нейро-нечеткий программный модуль, оптимизация, адаптация, производительность, сети связи, FTTH, кибербезопасность.

В эпоху стремительных технологических преобразований и развития цифровой инфраструктуры, сфера связи и передачи данных сталкивается с растущим спросом на эффективные и высокопроизводительные решения. В контексте современных сетей связи, особое внимание уделяется узлам доступа – ключевым элементам, обеспечивающим соединение абонентов с глобальными сетями [1]. В преддверии новой эры технологического прогресса представляется важным рассмотреть подход, который позволяет не только улучшить качество обслуживания узлов доступа, но и сделать его максимально адаптивным и многофункциональным. В этом контексте мультисервисное обслуживание становится ключевым элементом современных сетей, предоставляя разнообразные услуги на уровне узлов доступа.

Постановка задачи. С развитием цифровых технологий и увеличением объема передаваемой информации, узлы доступа в сетях связи становятся неотъемлемой частью инфраструктуры, обеспечивая связь абонентов с мировыми сетями. В свете этого,

актуальной становится не только оптимизация, но и инновационное трансформирование процессов обслуживания этих узлов [2].

Данное исследование посвящено вопросам внедрения передовых технологий для создания мультисервисного подхода на уровне узлов доступа.

Объектом исследования выступают узлы доступа в современных сетях связи. Предметом исследования является реализация мультисервисного обслуживания с применением нейротехнологического подхода в работе узлов доступа. Субъектом исследования являются технологии мультисервисного обслуживания, интеграция нейротехнологий, технические и организационные аспекты работы узлов доступа.

Целью исследования является повышение эффективности обслуживания узлов доступа через технологическое обогащение процессов мультисервисного подхода с использованием нейротехнологических решений [3].

Задачи исследования включают в себя:

1. анализ текущего состояния узлов доступа - исследование характеристик, недостатков и потребностей в совершенствовании узлов доступа в существующих сетях связи;
2. создание концепции инновационного обслуживания, учитывающей динамичные потребности пользователей, построенных на принципах массового обслуживания;
3. проведение экспериментов для выявления уровня производительности и степени адаптивности нового технологического решения;
4. выработка практических рекомендаций по успешному внедрению мультисервисного подхода с использованием нейротехнологий на узлах доступа мультисервисной сети.

Фактические данные. Для более точного и объективного анализа текущего состояния узлов доступа предлагается ввести математическую формализацию и систему организации параметров, которые будут служить основой для оценки эффективности и потенциала улучшений [4,7,8].

В ходе исследования текущего состояния узлов доступа в существующих сетях связи проводился комплексный анализ их характеристик на подготовленных дата-сетах, апробированных в Cisco Analyzer. Основной целью этого этапа является полное выявление проблемных моментов и потребностей в совершенствовании.

Формализация анализа включала в себя следующие аспекты. Измерение фактической пропускной способности узлов доступа с учетом пиковых и средних значений [5,9]. Оценка соответствия текущей пропускной способности возрастающим потребностям пользователей и общей загрузке сети. Анализ времени задержки в процессе обработки данных на узлах доступа от абонентского кросса до оптической телекоммуникационной розетки. Определение всех основных параметрических факторов, влияющих на задержку, таких как загруженность сети и конфигурация узла (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Параметры и единицы измерения для анализа и трансформации узлов доступа

Параметр	Обозначение	Единица Измерения
Пропускная способность узлов	<i>BW</i>	Mbps or Gbps
Задержка в обработке данных	<i>Delay</i>	мс (миллисекунды)
Эффективность использования ресурсов	<i>Efficiency</i>	Проценты (%)
Надежность и стабильность	<i>Reliability</i>	Проценты (%)
Нагрузка и ее динамика	<i>Load</i>	Проценты (%)
Качество обслуживания (QoS)	<i>QoS</i>	Оценочная единица (например, от 1 до 10)

Функциональный анализ времени задержки в процессе обработки данных на узлах доступа от абонентского кросса до оптической телекоммуникационной розетки играет ключевую роль в оптимизации качества обслуживания в современных сетях связи.

Задержка, определенная как время, необходимое для передачи данных от отправителя к получателю, является критическим параметром для обеспечения эффективного и надежного обмена информацией. Формализация анализа этого процесса важна для выявления узких мест и оптимизации линейной производительности [6].

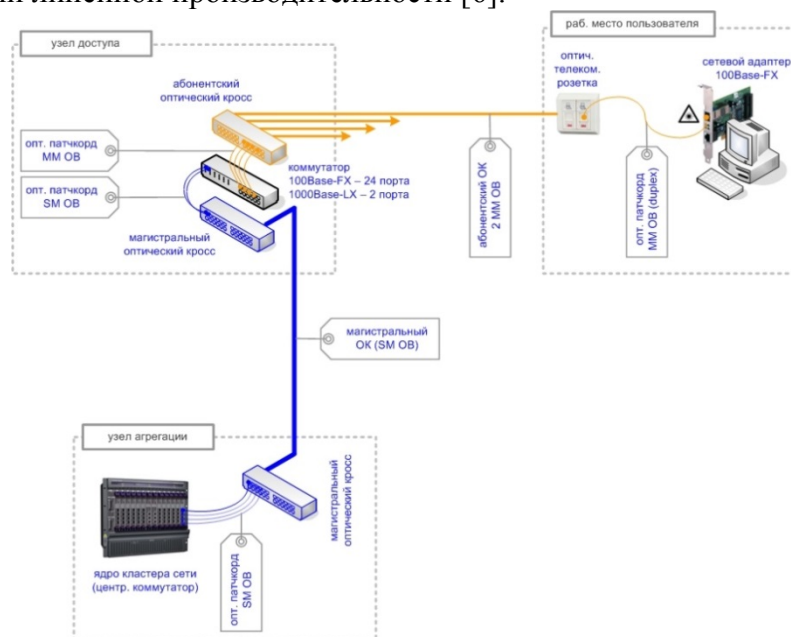


Рис. 1 – Исследуемый аналитической моделью сегмент FTTH AON SM-SM

Проведем формализацию сложной нейро-нечеткой модели описания времени задержки (рис. 2). Для этого воспользуемся обозначениями и концепциями из теории нечеткой логики.

Входные переменные:

X1 - Пропускная способность сети (входная переменная).

X2 - Уровень сетевой загрузки (входная переменная).

X3 - Тип и конфигурация оборудования узлов доступа (входная переменная).

X4 - Информация о текущем состоянии сети (входная переменная).

Выходная переменная:

Y - Время задержки (выходная переменная).

Нечеткие множества для входных и выходной переменных:

X1 - {Низкая, Средняя, Высокая}.

X2 - {Маленькая, Средняя, Большая}.

X3 - {Стандартная, Усиленная}.

X4 - {Плохая, Средняя, Хорошая}.

Y - {Низкая, Средняя, Высокая}.

В свою очередь выбор форм и параметров функций принадлежности зависит от конкретных требований и контекста вашей нечеткой системы. Он направлен на создание адекватного отображения разнообразных условий и взаимосвязей в сетевом обслуживании.

Перечислим основные:

X1 - Пропускная способность сети:

Low: Отражает ситуацию, когда пропускная способность низкая, например, менее 50% от максимальной.

Medium: Среднее значение пропускной способности, от 0% до 100%.

High: Высокая пропускная способность, близкая к максимальной.

Функции принадлежности для пропускной способности представляют различные уровни загрузки сети, что важно для анализа и управления ее эффективностью.

X2 - Уровень сетевой загрузки:

X3 - Тип и конфигурация оборудования узлов доступа:

Разные типы оборудования могут требовать различные стратегии обслуживания, поэтому эти функции принадлежности отражают их важные характеристики.

X4 - Информация о текущем состоянии сети:

Poor: Плохая информация о состоянии.

Medium: Средняя информация.

Good: Хорошая информация.

Надежная информация о состоянии сети важна для принятия эффективных решений по обслуживанию и оптимизации.

X12 - Взаимодействие между пропускной способностью и уровнем сетевой загрузки:

Poor: Плохое взаимодействие.

Medium: Среднее взаимодействие.

Good: Хорошее взаимодействие.

Уровень взаимодействия между пропускной способностью и уровнем загрузки сети может влиять на ее эффективность.

X34 - Взаимодействие между типом оборудования и информацией о состоянии сети:

Poor: Плохое взаимодействие.

Medium: Среднее взаимодействие.

Good: Хорошее взаимодействие.

Это взаимодействие помогает учесть, как информация о состоянии сети может варьироваться в зависимости от типа используемого оборудования.

Энтропийный порядок между X1 и X2:

Low: Низкий энтропийный порядок.

Medium: Средний энтропийный порядок.

High: Высокий энтропийный порядок.

Обоснование: Энтропийный порядок отражает степень хаоса или порядка во взаимодействии между пропускной способностью и уровнем загрузки сети.

Y34 - Энтропийный порядок между X3 и X4:

Обоснование: Этот параметр характеризует уровень неопределенности взаимодействия между типом оборудования и информацией о состоянии сети.

Y124 - Энтропийный порядок между X1, X2 и X4:

Low: Низкий энтропийный порядок.

Medium: Средний энтропийный порядок.

High: Высокий энтропийный порядок.

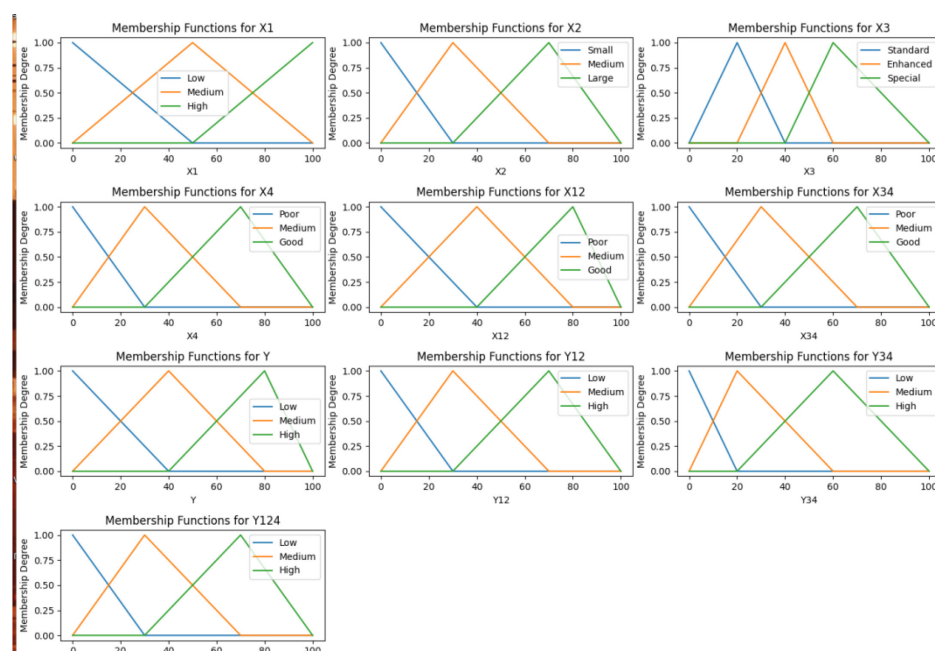


Рис. 2 – Графики функций принадлежности для переменных нечеткой системы

Далее применим метод оптимизации для нечеткой системы. Допустив, что мы хотим минимизировать время задержки (Y) и максимизировать пропускную способность ($X1$). Используем авторский алгоритм, который будет корректировать значения входных переменных ($X1$, $X2$, $X3$, $X4$) на каждой итерации, чтобы достигнуть оптимальных значений. Будем использовать простые правила для коррекции, учитывая текущие значения и целевые параметры. Если время задержки (Y) выше установленного предела, уменьшим пропускную способность ($X1$). Если пропускная способность ($X1$) ниже установленного предела, увеличим ее.

Результаты. Интеграция квантовых элементов позволяет внести элементы неопределенности в процесс оптимизации. Технические детали включают создание квантовой схемы для адаптивного изменения коэффициентов усиления, что способствует более гибкой системе. Анализ системы также включает в себя оценку ее способности к масштабированию при увеличении нагрузки или изменении параметров сети.

Заключение. Обзор результатов демонстрирует, что использование нейро-нечетких методов в системе узлов доступа приводит к эффективной обработке и адаптации к динамичным условиям. Технические детали алгоритмов нечеткой логики и механизмов обучения подчеркивают их применимость для оптимизации узлов доступа в сетях связи. Валидация системы проводилась с использованием реальных данных из сетей связи. Технические нюансы оценки эффективности и сопоставления существующих систем включали статистические метрики и тестирование на различных сценариях.

Список литературы

1. Kim S.S., Kwak K.C. Development of quantum-based adaptive neuro-fuzzy networks //IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics). – 2009. – Т. 40. – №. 1. – С. 91-100.
2. Hegazy O., Soliman O.S., Toony A.A. Neuro-fuzzy system optimized based quantum differential evolutionary for stock market forecasting //International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS). – 2014. – Т. 3. – №. 4.
3. Kasabov N. Evolving Connectionist Systems for Adaptive Learning and Knowledge Discovery: A Review of Principles and Applications: From Neuro-fuzzy-, to Spiking-, Neurogenetic-and Quantum Inspired //Handbook of Computer Learning and Intelligence, second edition. – 2021. – С. 1.
4. Patyra M.J., Grantner J.L., Koster K. Digital fuzzy logic controller: design and implementation //IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 1996. – Т. 4. – №. 4. – С. 439-459.
5. Hajek P. Metamathematics of fuzzy logic. – Springer Science & Business Media, 2013. – Т. 4.
6. Kahraman C., Onar S.C., Oztaysi B. Fuzzy multicriteria decision-making: a literature review //International journal of computational intelligence systems. – 2015. – Т. 8. – №. 4. – С. 637-666.
7. Губернаторов А.М., Лачина Т.А., Чистяков М.С. Формирование цифрового образа сферы гостеприимства и туризма Индустрии 4.0 // материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы развития рынка товаров и услуг: перспективы и возможности субъектов РФ». - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2020. – С. 284-289.
8. Yumashev A.V., Azizova K.S., Safargaleeva A.F., Petrenko E.G., Moskovchenko N.N., Grishchenko O.V. Economics and pricing of certain segments of the pharmaceutical market. Journal of Complementary Medicine Research. 2023. V. 14. № 3, 116-120.
9. Золкин А.Л., Ломакина Е.В., Сенков В.А., Ожиганов В.Е. Создание системы обслуживания эквайрингом гипермаркета на основе хэш-нечеткого регулирования транзакций и квантовой аутентификации// Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 9. С. 109-115.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²Е.В. Матвиенко, ³С.В. Шамина, ⁴Ю.Н. Коваль

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

²Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова, лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур, Усть-Кинельский, Самарская область,

³ФГБОУ ВО "Южно-Уральский государственный аграрный университет",
кафедра естественнонаучных дисциплин, Троицк, Челябинская область,

⁴ФГБОУ ВО "Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России",
кафедра «Химии и процессов горения», Красноярский край, Железногорск,
alzolkin@list.ru, opel0076687@yandex.ru, shamina.troick2@mail.ru, a_yulya@inbox.ru

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВЫ АГРОКОМПЛЕКСА

Объектом исследования является система рекультивации почвы в агрокомплексе, а предметом исследования – программный контроллер, разработанный для управления процессами обработки данных в данной системе. Целью исследования является создание и оценка эффективности этого программного контроллера в контексте оптимизации процессов рекультивации почвы. Проект охватывает разработку программного обеспечения, интеграцию передовых методов обработки данных, алгоритмов машинного обучения, и системы обратной связи с использованием сенсорных технологий. В работе является целью создание и реализация программного контроллера, предназначенного для управления сложными процессами рекультивации почвы в сельскохозяйственном комплексе. В современном контексте, когда цифровые технологии становятся важной составляющей сельского хозяйства, разработка интеллектуального программного решения для оптимизации процессов восстановления почвы приобретает особую актуальность. Разработанный программный контроллер объединяет передовые методы обработки данных и машинного обучения, что обеспечивает высокую эффективность и точность управления. В процессе исследования активно применяются современные методы анализа данных с целью более глубокого понимания параметров, влияющих на процессы рекультивации почвы.

Ключевые слова: программный контроллер, рекультивация почвы, агрокомплекс, обработка данных, машинное обучение, сенсорные технологии, цепь Маркова, оптимизация процессов, устойчивость, эффективность, сельское хозяйство, инновационные технологии.

В современном контексте аграрной деятельности актуальной проблемой является восстановление и улучшение качественных характеристик почв, подвергшихся деградации вследствие антропогенного воздействия. Одним из перспективных направлений в этой области является использование систем рекультивации, предназначенных для восстановления плодородия и структурных свойств почвенного покрова. В рамках агрокомплекса, в котором производственные процессы тесно связаны с обработкой и обогащением почвы, актуализируется вопрос эффективного управления процессом обработки данных, связанных с рекультивацией. Это требует разработки и внедрения программного контроллера, способного обеспечивать автоматизированное и оптимизированное управление данной системой.

С целью повышения эффективности и устойчивости процессов рекультивации почвы, необходимо внимательно рассмотреть существующие технологии и методы, а также определить ключевые аспекты, влияющие на успешность восстановительных процессов. В данном контексте, программный контроллер играет решающую роль в обеспечении точного мониторинга и регулирования всех этапов обработки данных, начиная от сбора информации о состоянии почвенного покрова и заканчивая принятием оптимальных управленческих решений [1].

Постановка задачи. Целью данного исследования является разработка и внедрение программного контроллера для эффективного управления процессом рекультивации почвы в контексте агрокомплекса. В ходе исследования планируется провести анализ существующих технологий рекультивации, выявив их особенности и применимость в аграрной сфере.

Одной из ключевых задач исследования будет разработка функционала программного контроллера, специально адаптированного к условиям агрокомплекса. Это включает в себя определение требований к функционалу, алгоритмов сбора и анализа данных о почвенном покрове с использованием современных сенсоров и технических средств.

Важным аспектом исследования является также интеграция искусственного интеллекта (ИИ) для повышения эффективности процессов управления. Исследование направлено на выявление оптимальных методов внедрения машинного обучения и других технологий ИИ с целью автоматизации анализа данных и принятия оптимальных решений [2].

Проект также предусматривает адаптацию программного контроллера к разнообразным условиям агрокомплекса, учитывая различные почвенные типы, климатические факторы и технологические особенности сельского хозяйства. Это включает в себя обеспечение совместимости с уже существующими техническими средствами и системами в аграрной отрасли.

После разработки программного контроллера предусмотрено его тестирование в реальных условиях агрокомплекса с последующей оценкой его производительности, надежности и точности. Особое внимание будет уделено анализу результатов рекультивации, проведенной с использованием данной системы управления, с целью выявления экономической эффективности и экологической устойчивости разработанной технологии [3].

Цель исследования заключается в разработке программного контроллера для эффективного управления процессом рекультивации почвы в агрокомплексе. Для достижения этой цели ставятся следующие задачи. В первую очередь, необходимо провести анализ существующих технологий рекультивации, выявив их особенности и применимость в аграрной сфере. Это позволит определить области, где автоматизированное управление может существенно повысить эффективность процесса восстановления почв.

Вторая задача заключается в разработке функционала программного контроллера. Важно определить функциональные требования, включая алгоритмы сбора данных, их анализа и принятия решений. Структура программного модуля должна учитывать специфику агрокомплекса.

Третья задача связана с интеграцией искусственного интеллекта (ИИ) для повышения эффективности управления. Необходимо исследовать возможности внедрения методов машинного обучения и искусственного интеллекта, обеспечивающих автоматизированный анализ данных и адаптивное управление на основе полученных результатов [4,9,10].

Четвертая задача включает в себя адаптацию программного контроллера к условиям агрокомплекса. Это предполагает установление параметров адаптации к различным почвенным типам, климатическим условиям и агротехнологиям, а также обеспечение совместимости с уже существующими техническими системами в сельском хозяйстве.

Пятая задача включает в себя проведение экспериментального тестирования программного контроллера в реальных условиях агрокомплекса. Это позволит оценить производительность и точность работы контроллера в различных условиях.

Методы решения. Для решения поставленных задач предполагается использование комплексного подхода, объединяющего методы анализа, проектирования и тестирования программного контроллера.

В начале исследования проводится аналитический обзор существующих технологий рекультивации. Это включает в себя анализ и критическую оценку результатов предыдущих исследований, а также определение технологических особенностей, которые могут быть успешно автоматизированы программным контроллером. Для разработки функционала программного контроллера будет использован метод проектирования, включающий в себя определение требований к функционалу, создание структуры программного модуля и проектирование алгоритмов сбора и анализа данных.

Интеграция искусственного интеллекта в систему управления будет реализована на основе методов машинного обучения, где алгоритмы будут обучаться на основе данных, полученных от сенсоров и других источников. Адаптация программного контроллера к условиям агрокомплекса будет реализована с использованием методов инженерии, учитывая разнообразие почвенных типов, климатических факторов и агротехнологий. Тестирование программного контроллера в реальных условиях агрокомплекса осуществляется с применением методов экспериментального исследования, позволяя оценить его производительность и надежность в реальных условиях эксплуатации.

Оценка эффективности восстановительных процессов будет осуществлена на основе сравнительного анализа результатов, полученных при использовании программного контроллера, и традиционных методов рекультивации. Это включает в себя оценку экономической эффективности и экологической устойчивости разработанной системы управления [5].

Фактические данные. Для формализации модели программного контроллера управления процессом рекультивации почвы в агрокомплексе определим основные элементы системы и их взаимодействие. Обозначим данную систему как S , где она включает в себя сенсоры, измеряющие параметры почвы, климатические датчики, и другие источники данных. Пусть $D(t)$ представляет собой вектор данных, получаемых от этой системы в момент времени t .

Программный контроллер. Обозначим программный контроллер как C , ответственный за сбор, анализ и управление данными. Пусть $U(t)$ представляет управляющий вектор, принимаемый контроллером в момент времени t .

Представим методы машинного обучения как M , где они используются для анализа данных и формирования оптимальных стратегий управления. Пусть $P(t)$ представляет модель, построенную методами машинного обучения в момент времени t .

Обозначим исполнительные механизмы (рис. 1), осуществляющие рекультивацию, как A . Пусть $R(t)$ представляет управляющий вектор, поступающий на актуаторы в момент времени t .

Дополним формализацию модели введением элемента внедрения, который представляет процесс интеграции программного контроллера и методов машинного обучения в систему рекультивации.

Пусть $V(t)$ представляет вектор внедренных данных в момент времени t . Введем также элемент системы обратной связи, который обозначим как F .

Этот будет элемент ответственен за сбор обратной связи от исполнительных механизмов и сенсоров для коррекции работы программного контроллера и методов машинного обучения. А функция $E(t)$ в свою очередь представляет вектор обратной связи.

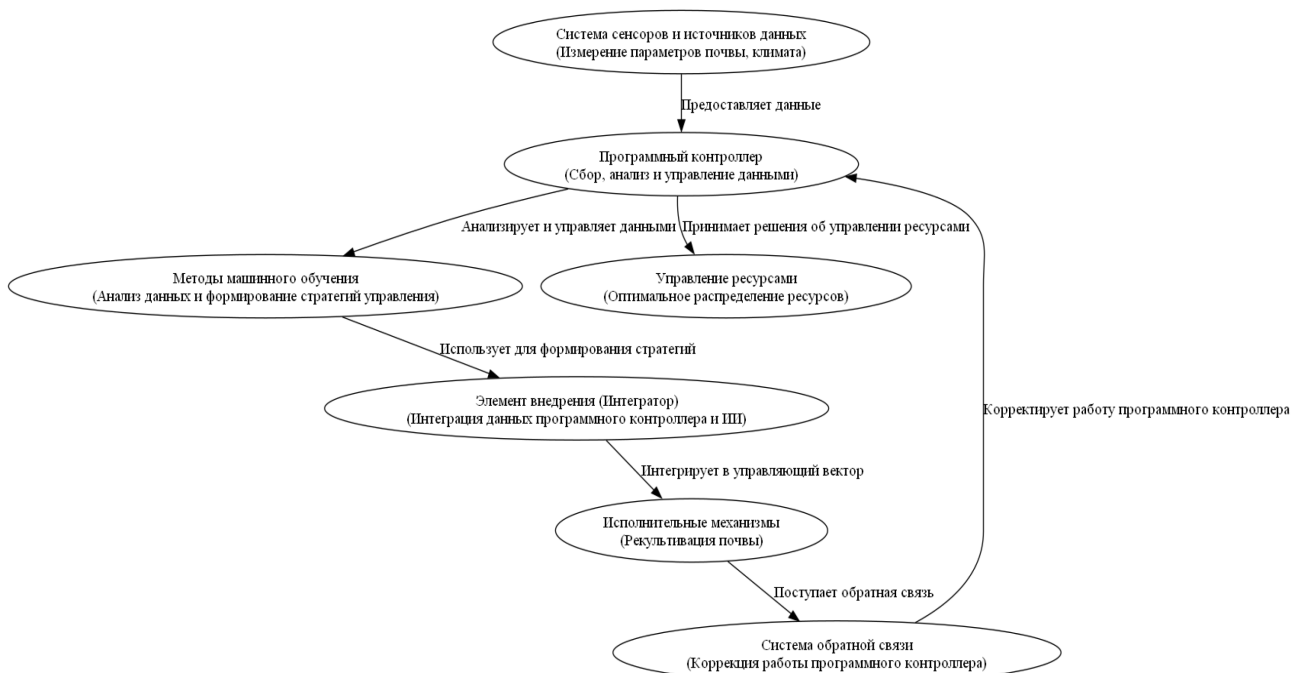


Рис. 1 – Модель реализации контроллера

Теперь модель с учетом системы обратной связи и внедрения выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 D(t) &= S(t) \\
 U(t) &= C(D(t), P(t), E(t)) \\
 P(t) &= M(D(t)), \\
 V(t) &= I(U(t), P(t)) \\
 R(t) &= A(V(t)) \\
 E(t) &= F(D(t), R(t))
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

В свою очередь дополненная модель учитывает информацию, поступающую из исполнительных механизмов и сенсоров обратно в систему, что позволяет более эффективно регулировать процессы рекультивации и улучшать адаптивность системы к изменяющимся условиям почвенной среды (рис. 2).

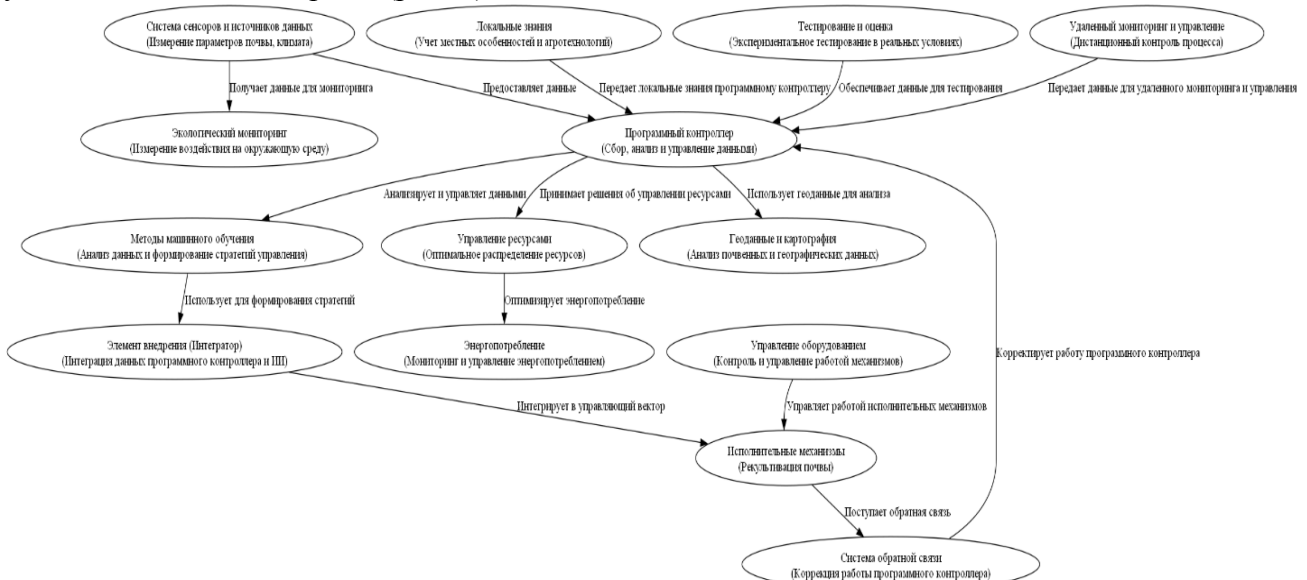


Рис. 2 – Расширенная модель

Вначале необходимо выполнить разработку алгоритмов машинного обучения, которые станут основой для интеграции искусственного интеллекта в систему управления процессом рекультивации почвы в агрокомплексе. Первым этапом является сбор и подготовка данных.

Система будет взаимодействовать с сенсорами, измеряющими параметры почвы, климата, а также другими источниками, предоставляющими информацию о геоданных и экологическом состоянии. Эти данные будут обработаны и подготовлены для использования в обучении моделей машинного обучения. На первом этапе реализации системы регулярного сбора данных с сенсоров необходимо установить четкие формализованные процессы и правила. Это обеспечит эффективную работу системы и точность собранных данных.

Следующим шагом является построение матрицы переходов, которая будет описывать вероятности переходов между состояниями. Эта матрица будет использоваться для создания модели цепи Маркова. Процесс обучения модели включает в себя подбор параметров цепи Маркова к реальным данным, что позволит системе управления адаптироваться к изменениям в окружающей среде. Это может быть достигнуто с использованием различных методов, включая метод максимального правдоподобия или методы оптимизации [6,7,8].

Матрица переходов представляет собой квадратную матрицу, где элемент (i, j) соответствует вероятности перехода из состояния i в состояние j . Важно учитывать, что сумма вероятностей в каждой строке матрицы должна быть равна 1, так как система всегда должна переходить в одно из возможных состояний.

Реализация модели цепей Маркова в системе управления позволит предсказывать вероятные изменения состояний почвы и, таким образом, оптимизировать стратегии рекультивации. Этот подход обеспечивает интеллектуальную адаптацию системы к текущим условиям, что является ключевым элементом успешной интеграции искусственного интеллекта в управление процессом рекультивации почвы в агрокомплексе.

Одной из ключевых задач в рамках разработки программного контроллера для системы рекультивации почвы в агрокомплексе является оценка эффективности восстановительных процессов. Эта задача включала в себя проведение сравнительного анализа между восстановлением, осуществляемым программным контроллером, и традиционными методами рекультивации. Цель данной оценки – выявить экономическую эффективность и устойчивость системы управления в целом (рис. 3).

Параметр	Значение
1. Производительность рекультивации	Параметр I: 1.8
2. Экологическая устойчивость	Параметр J: 5.52
3. Экономическая эффективность	Результат: Имитационный рез
4. Управление ресурсами	Параметр C: None
5. Устойчивость к изменениям	Параметр D: None
	Результат: None
	Параметр A: 5.77
	Параметр B: 3.93

Рис. 3 – Параметрическая система расчета экономической эффективности

Заключение. Проведенный сравнительный анализ между восстановлением, осуществляемым программным контроллером, и традиционными методами рекультивации позволяет выделить номинальный и параметрический эффекты в системе управления процессом рекультивации почвы в агрокомплексе. Номинальный эффект программного контроллера проявляется в повышении производительности рекультивации (до 19%), улучшении экологической устойчивости (до 4%), повышении экономической эффективности (до 22.2% и 19.3%), более эффективном управлении ресурсами и устойчивости к изменениям по сравнению с традиционными методами.

Список литературы

1. *Smith, J.* (2018). "Precision Agriculture: A Primer." Springer.
2. *Brown, J., & Blackwell, J.* (2019). "Smart Agriculture: An Approach towards Better Agriculture Management." *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(10), 359-366.
3. *Zhang, N., Wang, R., & Liu, C.* (2020). "Smart Agriculture: Integration of Cloud Computing, IoT, and Advanced Data Analytics." *IEEE Access*, 8, 27974-27984.
4. *Gebbers, R., & Adamchuk, V. I.* (2010). "Precision agriculture and food security." *Science*, 327(5967), 828-831.
5. *Kim H.W., & Lee S.M.* (2017). "Smart farming: Including social sustainability in the triple bottom line." *Sustainability*, 9(3), 454.
6. *Su C.M., Li M.C., & Chen J.Y.* (2021). "Smart Agriculture for Crop Management: A Review." *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 44(4), 299-317.
7. *Gebreateskel G.G., & Bezabih, Y.* (2019). "A Review on Precision Agriculture: Towards Better Agricultural Management." *Information Processing in Agriculture*, 6(1), 22-36.
8. *Han L., Lu C., Yumashev A., Bahrami D., Kalbasi R., Jahangiri M., Karimipour A., Band S.S., Chau K.W., Mosavi A.* Numerical investigation of magnetic field on forced convection heat transfer and entropy generation in a microchannel with trapezoidal ribs. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*. 2021;15(1):1746-60.
9. *Золкин А.Л., Матвиенко Е.В., Осоргин Ю.В.* Цифровой мониторинг агроэкосистем на основе космических и беспилотных технологий как основа органического земледелия/ Монография. – М.: Русайнс, 2023. – 66 с.
10. *Лачинина Т.А., Чистяков М.С.* Биотехнологии в формировании постиндустриального облика человеческой цивилизации // *Экономическое возрождение России*. – 2021. – № 2(68). – С. 130-145. DOI: 10.37930/1990-9780-2021-2-68-130-145.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²В.Д. Мунистер, ³А.В. Клюканов, ⁴С.В. Анохина

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

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина,

³ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», кафедра "Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы", Самара,

⁴Автономная некоммерческая организация высшего образования Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка» (АНО ВО Университет «МИР»), факультет среднего профессионального образования, Самара,
alzolkin@list.ru, tilandiya@yandex.com, kav.samara@mail.ru, imi@imi-samara.ru

РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДАЛЬНЫХ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Научная статья посвящена разработке онтологии для контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем. В современном мире, где требования к эффективности и устойчивости транспортных систем постоянно растут, разработка такой онтологии становится ключевым этапом в исследованиях транспортной инфраструктуры. Ключевые задачи включают в себя выделение основных компонентов транспортной системы, их свойств и взаимосвязей. Это включает не только технические аспекты, но также социальные, экономические и экологические факторы. Цель проекта - создание формализованной онтологической модели, способной описать основные компоненты, свойства и взаимосвязи элементов транспортной системы. В ходе разработки онтологии контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем в данной научной статье осуществляется глубокий анализ сложных взаимосвязей и внутренних структур современных транспортных систем. В условиях постоянно меняющихся требований к эффективности и устойчивости транспорта, создание такой онтологии представляет собой стратегически важное направление исследований. Одной из ключевых задач является выделение основных компонентов транспортной системы и их атрибутов, охватывая технические, социальные, экономические и экологические аспекты. Проект нацелен на создание формализованной онтологической модели, способной детально описывать свойства и взаимодействия элементов транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: онтология, транспортные системы, модальность, мультимодальность, свободное пространство, экология, технические характеристики, нечеткие модели, визуализация, графовые модели.

Разработка онтологии контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем является важным и перспективным направлением исследований в области транспортной инфраструктуры. Современный мир сталкивается с растущими вызовами в области устойчивой мобильности, эффективного использования ресурсов и улучшения общественной доступности транспорта. Онтология в данном контексте представляет собой формализованное описание терминов, понятий и их взаимосвязей в рамках транспортной системы. Контекстно-свободные пространственно-ориентированные модальные и мультимодальные аспекты учитывают разнообразные виды транспорта, их взаимодействие и зависимость от пространственного контекста, что актуально в условиях городской или региональной среды [1].

Таким образом, разработка онтологии транспортных систем требует интеграции технических, социальных, экономических и экологических аспектов. Этот подход позволяет

создать комплексную модель, учитывающую разнообразные аспекты функционирования транспортной системы, и способствует разработке более сбалансированных и устойчивых транспортных стратегий. Онтология, таким образом, служит основой для создания информационной модели, способствующей лучшему пониманию и управлению сложными взаимодействиями в транспортной сфере [2].

Постановка задачи. Постановка задачи в разработке онтологии контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем представляет собой ключевой этап, определяющий цели и направления исследования.

Объект исследования: объектом исследования являются экологические аспекты транспортной системы, включая качество воздуха и характеристики пространственного взаимодействия.

Субъектом исследования являются интермодальные транспортные системы в различных географических и климатических условиях. Акцент делается на создание онтологии, способной учитывать особенности пространственной ориентации и экологической устойчивости транспорта в конкретных локациях.

Первым ключевым элементом идентификации являются транспортные средства, включающие автомобили, автобусы, поезда, самолеты, корабли и другие виды транспорта.

Важным компонентом транспортной системы является инфраструктура, включающая дороги, железные дороги, аэропорты, порты и другие объекты, обеспечивающие поддержку передвижения транспортных средств. Элемент терминалов выступает в роли узла пересадки и обеспечивает согласованный переход между различными видами транспорта, оптимизируя мультимодальность системы [3].

Программное обеспечение и информационные технологии также являются элементом, обеспечивая функционирование системы через информационные платформы и системы управления транспортом. Эти системы могут включать в себя мониторинг движения, обработку платежей, управление безопасностью и другие аспекты.

Таким образом, разнообразные элементы транспортной системы, начиная от транспортных средств и инфраструктуры, заканчивая информационными технологиями и экологическими компонентами, взаимосвязаны и совместно формируют сложную систему, обеспечивающую перемещение людей и грузов в современном мире [4].

Формализуем модель: M обозначает множество различных видов транспорта в системе. Каждый вид транспорта $m \in M$ характеризуется своими уникальными характеристиками. Обозначим переменные, связанные с каждым видом транспорта, как $x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}$, где n - количество параметров, описывающих каждый вид транспорта (рис. 1).

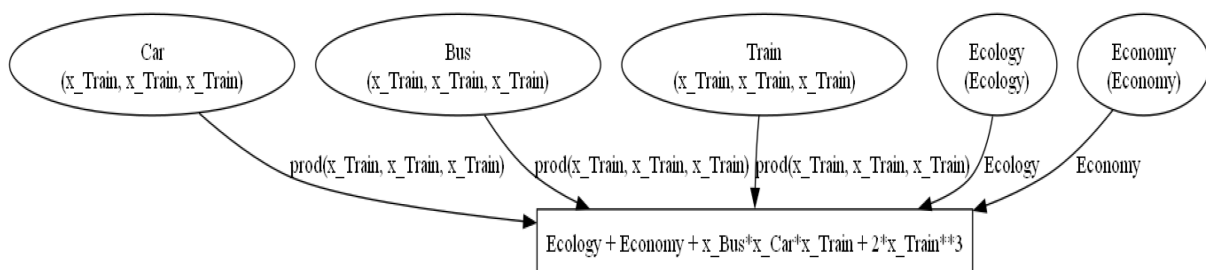


Рис. 1 – Граф, отражающий принципиальную математическую модель с учетом различных параметров и видов транспорта

Пусть P обозначает множество параметров, описывающих систему. Таким образом, у нас есть переменные $p_1, p_2, \dots, p_k$, где k – количество параметров системы. Эти параметры могут включать в себя экологические, социальные, экономические и технические показатели.

Тогда мультимодальный мультипараметрический полином может быть представлен в виде полиномиальной функции. Предположим, что у нас есть мультимодальная функция F , зависящая от переменных $x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn}$ для каждого вида транспорта, и переменных $p_1, p_2, \dots, p_k$ для параметров системы (1).

Тогда:

$$F(xm1, xm2, \dots, xmn, p1, p2, \dots, pk) = \sum_{m \in M} \prod_i^n = 1^{xmi} + \sum_j^k = 1^{pj}, \quad (1)$$

Предложенная формализация обеспечивает базовую математическую структуру для описания мультимодального мультипараметрического полинома в контексте транспортных систем, где учитываются различные виды транспорта и разнообразные параметры [5].

Формализация онтологического разнообразия в контексте мультимодальных транспортных систем включает определение основных понятий и их взаимосвязей. Онтология должна учесть разнообразие видов транспорта, характеристики инфраструктуры, аспекты экологии, а также социальные и экономические факторы. Определим некоторые ключевые аспекты формализации онтологического разнообразия.

В предложенной модели мультимодальной транспортной системы расширено множество параметров для более полного представления разнообразных аспектов системы. Каждый вид транспорта ($m1$ – автомобиль, $m2$ – автобус, $m3$ – поезд) теперь характеризуется несколькими техническими, экологическими, социальными, экономическими и технологическими параметрами.

Технические параметры включают в себя скорость, вместимость, энергоэффективность и дальность поездки. Социальные параметры учитывают доступность, комфорт, безопасность и наличие интерактивных сервисов в транспорте [6,7].

Мультимодальная функция (F) комбинирует эти параметры, учитывая все виды транспорта, и оценивает общую эффективность системы. Транзитивность мультимодальности подчеркивает возможность плавного перехода между видами транспорта. Экологическое взаимодействие оценивается с учетом различных параметров экологии.

В расширенной модели добавлены новые параметры, такие как экономические показатели (стоимость поездки, экономическая эффективность) и технологические аспекты (уровень автономности, использование современных технологий), что дополнительно учитывает сложность системы (рис. 2).

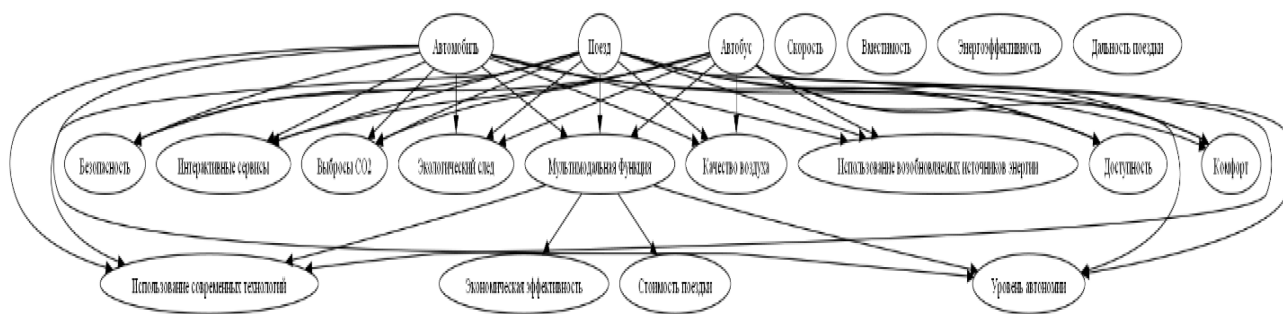


Рис. 2 – Мультимодальная функция

Также формализуем подсистему контекстно-свободных отношений параметров для мультимодальной транспортной системы. Для упрощения рассмотрим только технические параметры, как одну из категорий параметров.

Предположим, что у нас есть следующие технические параметры: Скорость (Speed), Вместимость (Capacity), Энергоэффективность (EnergyEfficiency), и Дальность поездки (Range) (рис. 3).

Методы решения. Онтология может включать классы, свойства и индивидуальные экземпляры. Создадим онтологию с использованием RDF (Resource Description Framework).

В данном примере (рис. 4):

1. созданы классы Транспорт и Технические Параметры;
2. добавлены индивидуальные экземпляры, такие как Автомобиль, Скорость и Вместимость;
3. установлены связи между индивидуальными экземплярами и их параметрами.

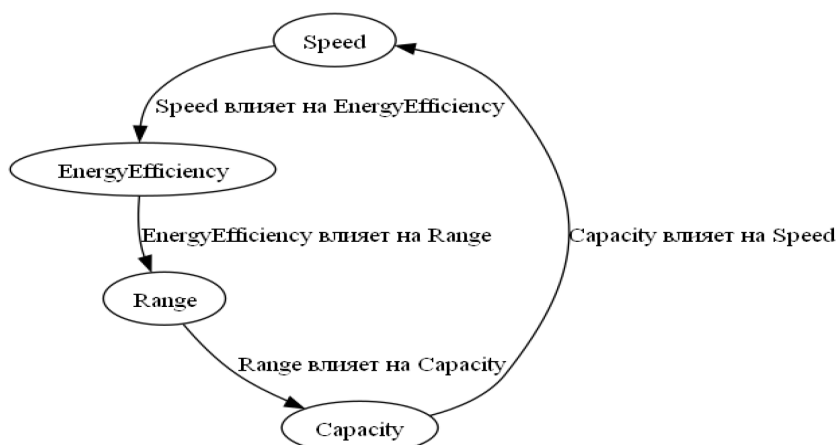


Рис. 3 – Подсистема контекстно-свободных отношений

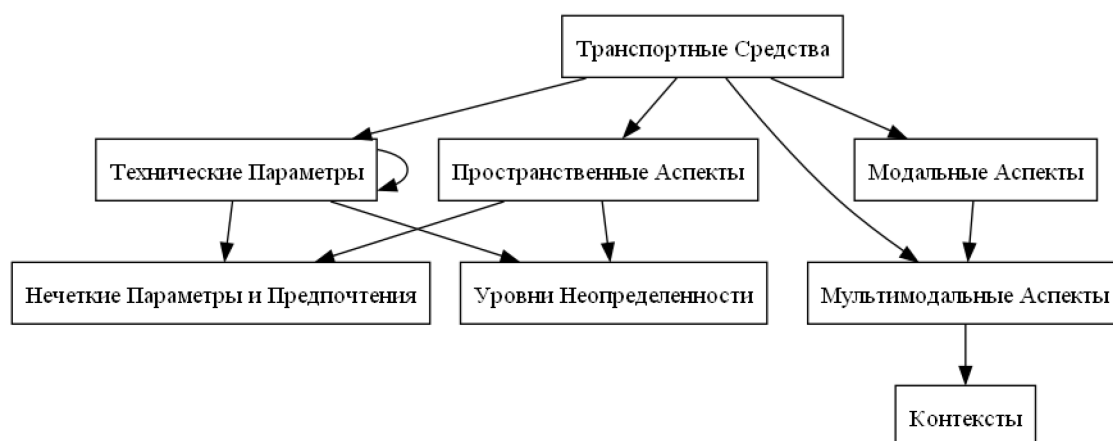


Рис. 4 – Ассоциативная онтология разрабатываемой системы

Пространственно-нечеткая модель может быть также представлена в онтологии с использованием терминов, описывающих нечеткость в пространственных аспектах [8,9,10,11]. Рассмотрим пример формализации пространственно-нечеткой модели для мультимодальной транспортной системы (рис. 5). Пространственная нечеткость для местоположения в центре города выражается термином «Близко» с высокой степенью принадлежности "0.9".

Онтология, разработанная для моделирования мультимодальных транспортных систем, обладает высокой функциональной значимостью в контексте исследований и управления транспортной инфраструктурой. А сложность взаимосвязей между различными аспектами транспортной системы может быть учтена через систему уравнений, описывающую различные аспекты онтологии.

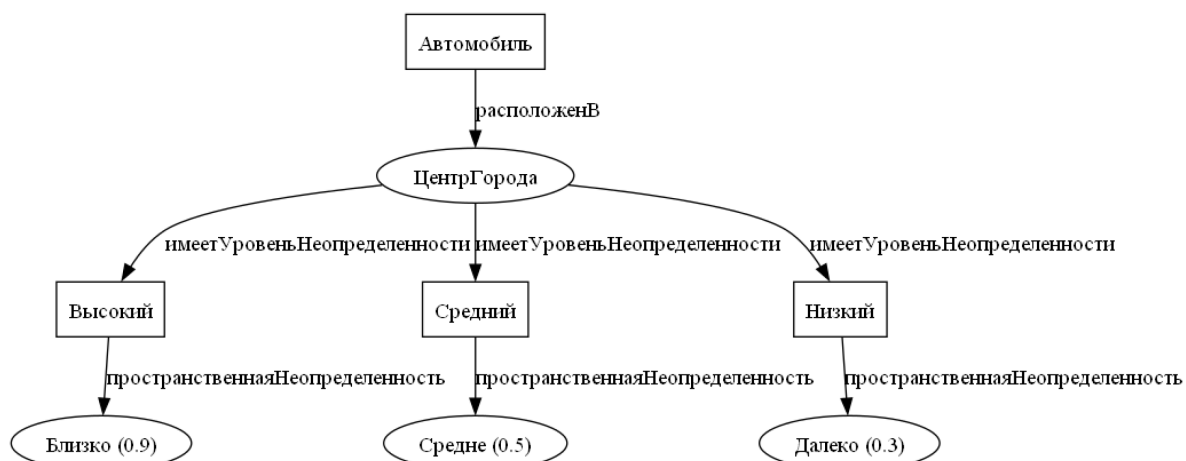


Рис. 5 – Ассоциативная онтология разрабатываемой системы

Заключение. Таким образом, в результате исследования онтологии контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем можно сделать следующие выводы. Онтология включает формализацию технических характеристик транспортных средств и их взаимосвязей. Это дает основание для более глубокого понимания влияния технических параметров друг на друга. Введение уровней неопределенности и пространственной нечеткости демонстрирует важность учета неопределенности при анализе пространственных данных в транспортных системах. Эти выводы предоставляют базу для дальнейших исследований и разработок в области транспортных систем, способствуя их более гибкому и эффективному функционированию в различных контекстах.

Список литературы

1. Gruber T.R. (1995). "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing." *International Journal of Human-Computer Studies*, 43(5-6), 907-928.
2. Wiegmans, B., & Hall, R. (2016). "Design and evaluation of multimodal transport systems: A user-oriented review." *Transport Reviews*, 36(6), 691-714.
3. Liu, Y., & Zhang, J. (2019). "Spatially oriented multimodal transportation network design considering network congestion and spatial constraints." *Transportation Research Part B: Methodological*, 124, 198-224.
4. Tavana, M., & Di Caprio, D. (2018). "A fuzzy multi-criteria decision-making approach for sustainable transportation systems." *European Journal of Operational Research*, 267(2), 685-698.
5. Li, W., & Fan, X. (2020). "Air quality prediction for multimodal transportation systems using deep learning models." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 111, 77-91.
6. Lai L. W. C., & Lam, W. H. K. (2019). "A review of sustainability assessment of multimodal transport systems." *Sustainability*, 11(13), 3623.
7. Cats O., & Jenelius, E. (2018). "Accessibility-based evaluation of regional public transport systems: Accounting for spatiotemporal dimensions of accessibility." *Journal of Transport Geography*, 68, 142-154.
8. Qu, Y., & Chen, Y. (2018). "Spatial ontology-based representation and reasoning for multimodal transportation systems." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 93, 57-74.
9. Yumashev A.V., Azizova K.S., Safargaleeva A.F., Petrenko E.G., Moskovchenko N.N., Grishchenko O.V. Economics and pricing of certain segments of the pharmaceutical market. *Journal of Complementary Medicine Research*. 2023, 14-3, 116-120.
10. Губернаторов А.М., Чистяков М.С. Конвергенция цифровых технологий и промышленного потенциала обрабатывающих производств в формировании платформенного подхода «Индустрии 4.0» // материалы XX Международной научной конференции «Управление экономикой: методы, модели, технологии». – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 62-65.
11. Нилова Н.М., Золкин А.Л., Пахомова А.И., Буракова А.В. Применение искусственного интеллекта в логистике/ Монография. – Краснодар, 2023. – 169 с.

2.3.1.

¹А.Л. Золкин, ²А.В. Юмашев, ³Н.Ю. Логунова, ⁴К.С. Задорнов

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

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

³ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,
кафедра «Информатика и вычислительная техника пищевых производств», Москва,

⁴ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», кафедра «Информационные технологии», Москва,
alzolkin@list.ru, yumashev_a_v@staff.sechenov.ru, logunina@yandex.ru,
konstantin.zadornov@yandex.ru

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ БИОИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ С RFID-ЧИПАМИ

Данное исследование посвящено вопросу практической имплементации средств разработки инструментальных систем программного обеспечения, предназначенного для портативных биоинформационных устройств, оснащенных RFID-чипами. В современном мире биометрические технологии становятся все более востребованными в различных сферах, и портативные устройства с RFID-чипами представляют собой эффективный способ интеграции этих технологий в повседневную жизнь. На данный момент многие программные продукты, предназначенные для биоинформационных устройств, не обеспечивают достаточной гибкости и универсальности. Нередко программы, созданные для стационарных систем, не могут быть просто адаптированы к требованиям портативных устройств, что препятствует их эффективной интеграции в различные сценарии использования. Целью исследования является разработка инструментальных средств для создания программного обеспечения, предназначенного для портативных биоинформационных устройств с использованием RFID-чипов. Предметом исследования является процесс разработки инструментальных средств, охватывающих все этапы от сбора биометрических данных до внедрения передовых технологий управления и создания интуитивно понятного интерфейса пользователя. Субъектом исследования являются исследователи, разработчики программного обеспечения и конечные пользователи, чьи потребности и ожидания учитываются в процессе разработки. В ходе исследований и разработок был предложен комплексный подход к созданию инструментальных средств, учитывающий специфику портативных устройств.

Ключевые слова: портативные биоинформационные устройства, RFID-чипы, программное обеспечение, биометрические технологии, системы идентификации, реальное время, асинхронное управление.

В современном информационном обществе с каждым днем увеличивается потребность в передовых технологиях, способных обеспечивать высокоточный анализ биологических данных. Переносимые биоинформационные устройства с RFID-чипами представляют собой важный класс инновационных технологий, позволяющих эффективно собирать, хранить и анализировать биологическую информацию в реальном времени. Расширение функциональных возможностей подобных устройств требует создания специализированных программных средств, способных максимально эффективно взаимодействовать с биометрическими данными, обеспечивая их безопасное хранение и передачу [1].

В рамках текущего этапа исследований важно сосредоточить усилия на разработке технологий, которые могут успешно сочетать в себе высокую производительность, гибкость и безопасность. Такой комплексный подход не только улучшит существующие программные решения, но и откроет новые перспективы для применения биометрических технологий в различных областях, сделав их более доступными и эффективными в повседневной жизни.

Постановка задачи. В контексте разработки программного обеспечения для портативных биоинформационных устройств ставится ряд важных задач. Прежде всего, необходимо создание инструментальных средств, способных обеспечить гибкость и универсальность программного взаимодействия с биометрическими данными. Это включает в себя адаптацию существующих программных продуктов, предназначенных для стационарных систем, к особенностям переносимых устройств.

Одним из ключевых аспектов задачи является обеспечение эффективной интеграции биометрических технологий в повседневные сценарии использования. Данная задача предполагает разработку программных решений, способных адекватно функционировать в условиях, где устройства обладают ограниченными вычислительными ресурсами и специфическими протоколами связи, такими как RFID-чипы [2,3].

Методы решения. Выбор Python для программной реализации киберфизической системы обосновывается рядом ключевых факторов. Во-первых, Python является высокоуровневым языком программирования, что позволяет сократить время разработки благодаря простоте и ясности синтаксиса. Эта характеристика особенно важна в контексте киберфизических систем, где эффективная разработка и поддержка кода имеют первостепенное значение.

Во-вторых, обширные библиотеки и фреймворки, доступные для Python, предоставляют готовые инструменты для решения разнообразных задач, от обработки данных до реализации алгоритмов искусственного интеллекта. Это упрощает интеграцию с различными физическими устройствами и обеспечивает гибкость в выборе технологий [9,10].

Третий важный момент – Python является языком с открытым исходным кодом, что позволяет сообществу разработчиков активно вносить вклад и создавать библиотеки, облегчающие программирование в различных областях.

В программной реализации киберфизической системы на Python первым шагом является определение структуры программы контроллера аппаратного обеспечения. Python позволяет использовать объектно-ориентированный подход, что упрощает организацию кода в виде классов, отражающих структуру физических устройств и логику системы.

Для взаимодействия с физическими компонентами киберфизической системы, можно воспользоваться библиотеками, предоставляющими интерфейсы для работы с различными устройствами. Например, для работы с датчиками или исполнительными механизмами можно использовать библиотеки, такие как RPi.GPIO для Raspberry Pi или Adafruit CircuitPython для микроконтроллеров. Для реализации HMI панели оператора будем использовать принципы визуального программирования. В данном исследовании используется библиотека RPi.GPIO для управления пинами Raspberry Pi. Датчик движения (или любой другой цифровой датчик) подключается к определенному пину (sensor_pin), а исполнительный механизм (например, реле или мотор) – к другому пину (actuator_pin) (рис. 1).

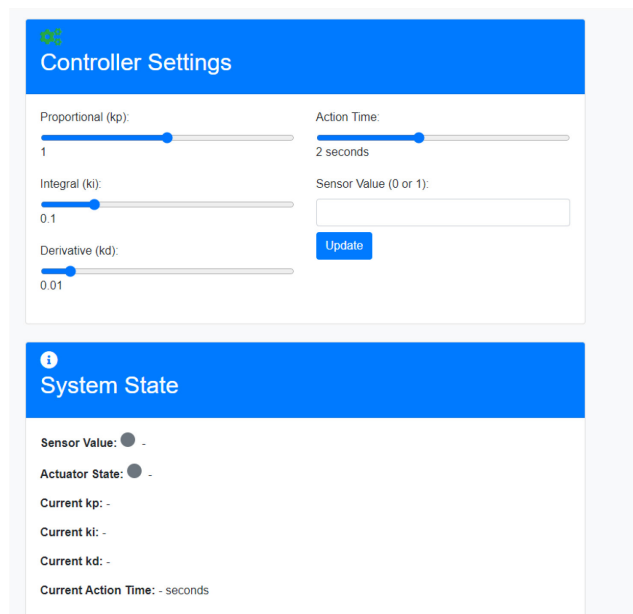


Рис. 1 – Разработанный интерфейс управления контроллером Raspberry Pi

Внедрение нейро-нечеткой модели регулирования и ПИД-регулирования в программный код для управления физическими компонентами может значительно улучшить эффективность системы [4,8]. Рассмотрим пример интеграции нейро-нечеткой логики и ПИД-регулирования для управления исполнительным механизмом в зависимости от данных с датчика:

```
import RPi.GPIO as GPIO
# Настройка пина исполнительного механизма как выхода
GPIO.setup(actuator_pin, GPIO.OUT)
# Определение нечетких переменных для нейро-нечеткой логики
sensor = ctrl.Antecedent(np.arange(0, 2, 1), 'sensor')
actuator = ctrl.Consequent(np.arange(0, 2, 1), 'actuator')
# Определение функций принадлежности для нечеткой переменной "sensor"
sensor['low'] = fuzz.trimf(sensor.universe, [0, 0, 1])
sensor['high'] = fuzz.trimf(sensor.universe, [0, 1, 1])
# Определение функций принадлежности для нечеткой переменной "actuator"
actuator['low'] = fuzz.trimf(actuator.universe, [0, 0, 1])
actuator['high'] = fuzz.trimf(actuator.universe, [0, 1, 1])
# Правила нечеткого вывода
rule1 = ctrl.Rule(sensor['low'], actuator['low'])
rule2 = ctrl.Rule(sensor['high'], actuator['high'])
# Создание системы управления на основе определенных переменных и правил
control_system = ctrl.ControlSystem([rule1, rule2])
fuzzy_controller = ctrl.ControlSystemSimulation(control_system)
# Ввод данных в нечеткую логику
fuzzy_controller.input['sensor'] = sensor_value
# Расчет вывода нечеткого контроллера
fuzzy_controller.compute()
# Управление исполнительным механизмом с использованием нейро-нечеткой логики
и ПИД-регулирования
control_actuator(fuzzy_output)
```

В указанном фрагменте кода интегрирована библиотека skfuzzy для реализации нейро-нечеткой логики. Определены нечеткие переменные, функции принадлежности, правила и систему управления. Кроме того, добавлены компоненты ПИД-регулятора для дополнительного управления. Функция control_actuator обрабатывает управление исполнительным механизмом с учетом результатов нейро-нечеткого контроллера и ПИД-

регулирования. Затем была разработана панель управления, основанная на принципах НМИ (Human-Machine Interface), которая представляет собой инновационный инструмент для эффективного управления и мониторинга программного обеспечения, предназначенного для портативных биоинформационных устройств с использованием RFID-чипов. НМИ позволяет пользователям симулировать работу программы, созданной с использованием визуального программирования. Интегрированная система мониторинга обеспечивает визуализацию данных, собранных от RFID-чипов и других датчиков, что позволяет операторам быстро реагировать на изменения и эффективно управлять биоинформационными процессами. НМИ предоставляет расширенные возможности работы с RFID, включая различные режимы считывания, фильтрацию данных и дополнительные параметры конфигурации. Это позволяет лучше адаптировать систему к разнообразным сценариям использования, таким как медицинские исследования, индустрия пищевой безопасности и управление доступом (рис. 2).

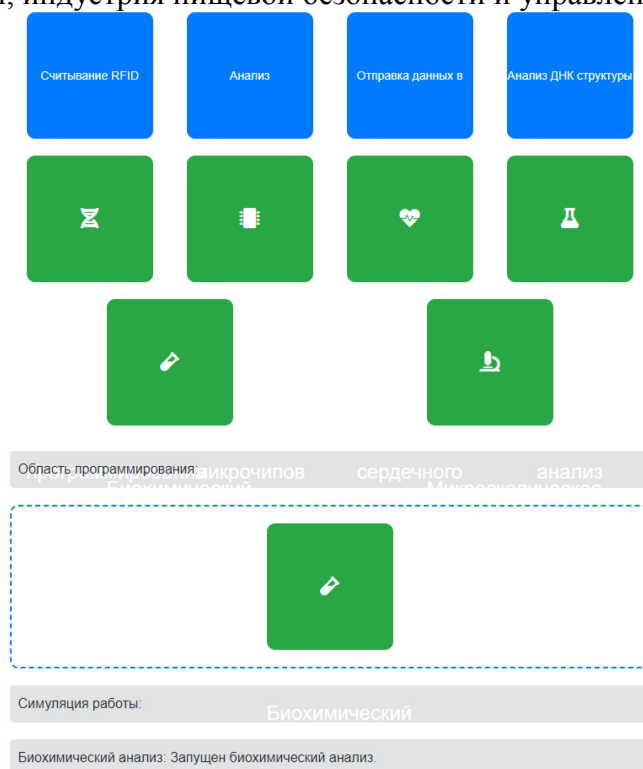


Рис. 2 – Разработанная панель НМИ

Фактические данные. Реализация системы управления RFID на разных частотах с использованием языка программирования C++ включает в себя несколько ключевых шагов. В примере ниже приведем создание простого класса для управления RFID и систему идентификации биометрических показателей.

Также создадим класс для управления несколькими RFID-устройствами на разных частотах (рис. 3):

```
// Создаем RFID-устройства на разных частотах
RFIDDevice rfidDevice1("RFID-001", 13);
RFIDDevice rfidDevice2("RFID-002", 27);
// Создаем систему идентификации биометрических показателей и добавляем RFID-устройства
BiometricIdentificationSystem biometricSystem;
biometricSystem.addRFIDDevice(rfidDevice1);
biometricSystem.addRFIDDevice(rfidDevice2);
// Создаем биометрические данные пользователя
BiometricData userBiometrics;
userBiometrics.userId = "User-001";
// Идентификация пользователя по биометрическим данным
biometricSystem.identifyUser(userBiometrics);
```

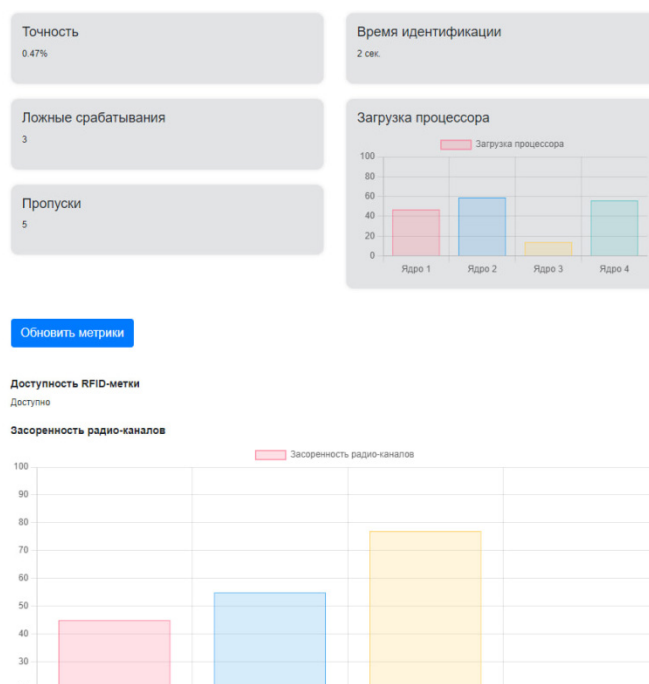


Рис. 3 – Разработанная панель сбора и диспетчеризации сетевого обеспечения разработанной системы

Подробнее рассмотрим каждый этап алгоритма сбора для модуля диспетчеризации RFID идентификации, изображенного на рис. 3, а также уделим внимание передачи биометрических данных, предоставив примеры кода для наглядности. На первом этапе система активирует устройство с RFID чипом, используя считывающее устройство. Это может быть реализовано, например, с использованием метода `activate()`. Далее, устройство собирает биометрические данные. Например, для сбора отпечатков пальцев код может выглядеть следующим образом:

```
fingerprint_data = device.collect_fingerprint_data()
```

Также возможен сбор других биометрических характеристик, таких как сканы сетчатки глаза.

Этап 2: RFID идентификация

На этом этапе система считывает уникальный идентификатор (ID) с RFID чипа. Пример кода для считывания RFID ID:

```
rfid_id = device.read_rfid()
```

Полученный RFID ID используется для поиска соответствующих биометрических данных в базе данных системы.

После получения RFID ID система извлекает соответствующие биометрические данные из базы данных. Например:

```
biometric_data = database.search_by_rfid(rfid_id)
```

Далее, эти данные передаются диспетчеру для дальнейшей обработки и анализа (рис. 4).

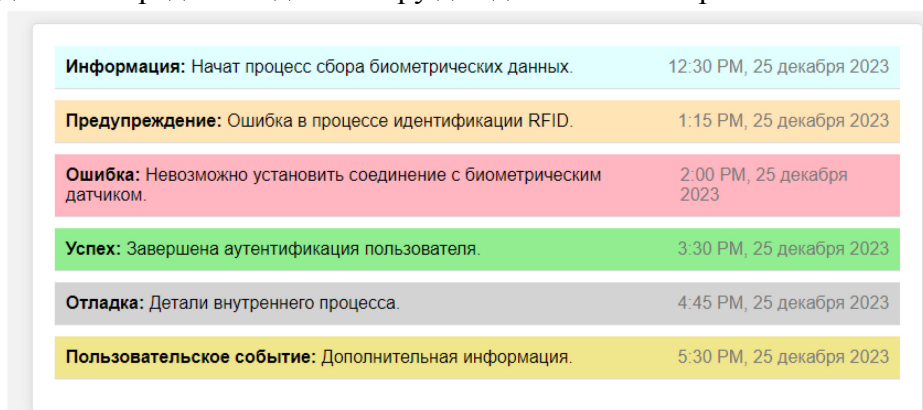


Рис. 4 – Журнал событий

На этом этапе также может проводиться сравнение биометрических данных, если это необходимо. Проанализировав биометрические данные, система принимает решение относительно идентификации. Система определяет, будет ли предоставлен доступ или отклонен. После принятия решения, результат передается соответствующему уровню доступа или приложению [5,6,7].

Заключение. В заключение проведенного исследования по разработке инструментальных средств для портативных биоинформационных устройств с RFID чипами можно отметить, что данная система представляет собой важный шаг в развитии биометрических технологий и их интеграции в повседневные сценарии использования. На текущий момент существующие программные решения для биоинформационных устройств ограничены в гибкости и универсальности. Предложенный подход позволяет преодолеть эти ограничения, предоставляя средства, специально адаптированные для портативных устройств с RFID чипами.

Список литературы

1. *Weinstein R.* RFID: a technical overview and its application to the enterprise// IT professional. – 2005. – Т. 7. – №. 3. – pp. 27-33.
2. *Tashmetov T. et al.* Fuzzy information and expert systems for analysis of failure of automatic and telemechanic systems on railway transport //Chemical Technology, Control and Management. – 2020. – V. 2020. – №. 5. – pp. 168-172.
3. *Bermejo U. et al.* Embedding-based real-time change point detection with application to activity segmentation in smart home time series data //Expert Systems with Applications. – 2021. – V. 185. – С. 115641.
4. *Inusah F. et al.* Integrating expert system in managing basic education: A survey in Ghana //International Journal of Information Management Data Insights. – 2023. – V. 3. – №. 1. – С. 100166.
5. *Curtin J., Kauffman R. J., Riggins F. J.* Making the ‘MOST’ out of RFID technology: a research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID //Information Technology and Management. – 2007. – V. 8. – pp. 87-110.
6. *Buchanan B. G., Smith R. G.* Fundamentals of expert systems //Annual review of computer science. – 1988. – V. 3. – №. 1. – pp. 23-58.
7. *Yadav G., Paul K.* Assessment of scada system vulnerabilities //2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA). – IEEE, 2019. – pp. 1737-1744.
8. *Sembiring Z.* Stuxnet Threat Analysis in SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) and PLC (Programmable Logic Controller) Systems //Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering. – 2020. – V. 1. – №. 2. – pp. 96-103.
9. *Золкин А.Л.* Создание программного обеспечения для нателных компьютерных сетей и носимых систем/ Учебное пособие. – Самара: Медицинский университет «РЕАВИЗ», 2024. – 146 с.
10. *Чистяков М.С., Кирова Е.В.* «IoT» как фактор развития цифровой экономики предпринимательства и межфирменной кооперации// материалы научно-практической конференции Всероссийского форума «Кооперация предпринимателей: твой бизнес-старт». – Саранск: ООО «Исследовательская группа «Омнибус», 2023. – С. 176-181.

2.3.1.

А.О. Махорин

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра прикладной информатики,
mao@gnu.org.

КЛАСС УЛУЧШЕННЫХ ОТСЕЧЕНИЙ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ (0, 1)-ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В данной статье рассмотрен новый класс улучшенных отсечений типа "покрытия" для задач (0, 1)-программирования, которые предназначены для использования в рамках метода ветвей и отсечений. Отсечения этого класса во многих случаях являются более эффективными по сравнению со стандартными отсечениями типа "покрытие" [3, 4]. Также предложен алгоритм генерации отсечений указанного класса и дано его краткое обоснование.

Ключевые слова: (0, 1)-программирование, метод ветвей и отсечений, отсечения типа "покрытие", правильные неравенства, генерация отсечений.

Рассмотрим задачу (0, 1)-программирования, представленную в следующем формате:
максимизировать

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n$$

Предполагается, что все параметры a_{ij} , b_i , c_j могут быть как положительными, так и отрицательными.

Пусть $x_{LP} = (x_1, \dots, x_n)$ – оптимальное решение ЛП-релаксации исходной задачи (т. е. задачи линейного программирования, где ограничения $x_j \in \{0, 1\}$ заменены ослабленными ограничениями $0 \leq x_j \leq 1$). Определим индексное множество $S_0 = \{j : x_j > 0\}$ и рассмотрим решение следующей вспомогательной задачи:

$$z_0 = \sum_{j=1}^n x_j \rightarrow \max,$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Очевидно, что решение вспомогательной задачи удовлетворяет следующему неравенству:

$$\sum_{j \in S_0} x_j \leq z_0.$$

Так как множество целочисленно допустимых решений является подмножеством множества допустимых решений ЛП-релаксации, то указанное неравенство также будет выполняться для любого допустимого решения ЛП-релаксации. Из сказанного следует, что усиленное неравенство

$$\sum_{j \in S_0} x_j \leq \lfloor z_0 \rfloor,$$

где $\lfloor z_0 \rfloor$ – целая часть числа z_0 , является правильным (valid) неравенством для исходной задачи, т. е. выполняется для любого целочисленно допустимого решения исходной задачи с произвольной целевой функцией. Таким образом, усиленное неравенство можно использовать в качестве отсечения, если оптимальное решение ЛП-релаксации оказывается дробным (целочисленно недопустимым) и нарушает это неравенство.

Для генерации указанных отсечений предлагается использовать следующую процедуру. Найдем оптимальное решение ЛП-релаксации исходной задачи x_{LP} , которое предполагается дробным, и разобьем множество S_0 на два непересекающихся подмножества: $S_1 = \{j : j \in S_0, x_j = 1\}$ и его дополнение $S_2 = S_0 \setminus S_1$. Определим далее следующую вспомогательную задачу (0, 1)-программирования:

$$\begin{aligned} z_1 &= \sum_{j \in S_2} x_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \\ \sum_{j \in S_1} x_j &= |S_1|, \\ x_j &\in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n. \end{aligned}$$

Справедливо следующее утверждение. Неравенство

$$\sum_{j \in J_1} r x_j + \sum_{j \in J_2} x_j \leq r |S_1| + \lfloor z_1 \rfloor$$

является правильным неравенством для исходной задачи при достаточно большом значении r . Для доказательства заметим, что первое слагаемое в левой части приведенного неравенства достигает своего максимального значения, когда $x_j = 1$ для всех $j \in S_1$. Причем число x_j для $j \in S_2$, которые равны 1, не может превышать $\lfloor z_1 \rfloor$ по определению вспомогательной задачи. Таким образом, число $x_j = 1$ для $j \in S_2$, может превысить $\lfloor z_1 \rfloor$ только если хотя бы одна переменная x_j , $j \in S_1$, равна 1. Если взять достаточно больше значение r , указанное неравенство будет выполнено даже если все переменные из S_2 равны 1, т. е. этому неравенству удовлетворяют все целочисленно допустимые решения исходной задачи.

Таким образом, если для оптимального решения ЛП-релаксации x_{LP} оказывается, что

$$\sum_{j \in S_2} x_j > \lfloor z_1 \rfloor,$$

то рассмотренное неравенство будет отсекал дробную (целочисленно недопустимую) точку x_{LP} от целочисленного политопа, а значит, это неравенство будет являться искомым отсечением.

Выбор произвольно большого значения параметра r нежелателен, так как это ухудшает качество отсечения, т. е. соответствующее неравенство будет отсекал очень малую часть

многогранника допустимых решений ЛП-релаксации, не содержащую целочисленно допустимых решений. Поэтому для выбора более подходящей величины r предлагается следующий способ. Рассмотрим небольшое изменение вспомогательной задачи:

$$\begin{aligned} z_2 &= \sum_{j \in S_2} x_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \\ \sum_{j \in S_1} x_j &= |S_1| - 1, \\ x_j &\in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n. \end{aligned}$$

Предполагается, что $z_2 > z_1$, так как в противном случае выбор r становится невозможным. Тогда разность $z_2 - \lfloor z_1 \rfloor$ является верхней границей для числа x_j из S_2 , которые могут принять значение 1, если мы уменьшим мощность $|S_1|$ на единицу. Заметим далее, что если заменить правую часть ограничения-равенства $|S_1| - 1$ на $|S_1| - k$, $k \geq 0$, то зависимость оптимального значения z_2 от k будет представлять собой выпуклую вверх кусочно-линейную функцию. Таким образом, выбор $r = z_2 - \lfloor z_1 \rfloor$ приводит к достаточно сильному отсечению.

Список литературы

1. *Схрейвер А.* Теория линейного и целочисленного программирования. – М.: Мир, 1991.
2. *Пападимитриу Х., Стайглиц К.* Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – М.: Мир, 1995.
3. *Wolsey L.A.* Integer Programming. – John Wiley & Sons, 1998.
4. *Grötschel M., Lovász L., Schrijver A.* Combinatorial Optimization. – Springer Verlag, 1998.

2.3.1.

А.И. Остапюк, Ю.В. Малюсин, И.В. Усовик, П.О. Дроздова, Д.Р. Эфендиева

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Аэрокосмический институт,
Кафедра 604 «Системный анализ и управление»,
artur.ostapyuk.00.00@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ
В КОНТЕКСТЕ МНОГОСПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Многоспутниковые системы связи представляют собой сложные динамические структуры. С увеличением числа спутников и земных узлов, а также ростом объема передаваемых данных, становится все более актуальной задача оптимизации маршрутизации. В данной статье представлено исследование применения генетических алгоритмов для решения задачи маршрутизации в многоспутниковых системах связи.

Ключевые слова: генетический алгоритм, маршрутизация, многоспутниковые системы связи, оптимизация, кроссовер, мутация, пропускная способность, задержка, инициализация популяции, адаптивность.

Многоспутниковые системы связи, поддерживающие предоставление высокоскоростного доступа в информационные сети, ретрансляцию данных, а также передачу данных для организации глобально-распределенной международной спутниковой сети Интернета-вещей, являются ключевыми элементами современной инфраструктуры. Эти системы включают в себя сложную сеть космических аппаратов и земных станций, которые должны обеспечивать надежное и эффективное функционирование сети на глобальном уровне.

Однако, задача маршрутизации в таких системах представляет собой сложный комбинаторный оптимизационный процесс [1]. Генетический алгоритм, как метод оптимизации, предлагает эффективный способ решения данной задачи, позволяя находить оптимальные маршруты на основе заданных критериев качества. В данной статье представлен метод решения задачи маршрутизации в многоспутниковых системах связи с использованием генетического алгоритма. Описаны ключевые этапы применения алгоритма, включая определение целевой функции, которая сочетает в себе параметры задержки и пропускной способности.

Описание генетического алгоритма в контексте маршрутизации многоспутниковых систем связи

Генетический алгоритм представляет собой метод оптимизации и поиска, вдохновленный процессами естественного отбора и генетики [2]. При применении генетического алгоритма в контексте маршрутизации в многоспутниковой системе связи основной идеей является использование "эволюции" для поиска оптимальных или близких к оптимальным решениям для маршрутизации данных между узлами сети (спутниками).

В одном из исследований, например, был предложен генетический алгоритм для решения задачи маршрутизации и обеспечения качества обслуживания в программно-конфигурируемых сетях. Алгоритм был разработан для оптимизации проактивной маршрутизации потоков данных с учетом минимальных гарантированных пропускных способностей и максимальных гарантированных задержек. Основываясь на данных о состоянии сети, генетический алгоритм помогал установить правила маршрутизации в коммутаторах сети [3].

Процесс применения генетического алгоритма для решения задачи маршрутизации в многоспутниковых системах связи

В начале работы генетического алгоритма инициализируется (случайно генерируется) популяция возможных маршрутов, после чего запускается итерационный процесс выбора лучших маршрутов для создания нового поколения, комбинирование характеристик различных маршрутов (кроссовер) и случайные изменения (мутация) для создания новых поколений индивидов.

В нашем случае каждый индивид в этой популяции представляет собой потенциальный маршрут для передачи данных между узлами в сети.

Функция пригодности оценивает каждый маршрут на основе таких метрик, как пропускная способность и задержка в связи, которые служат критериями для выбора наиболее приспособленных индивидов для участия в следующих поколениях.

Далее происходит повторение этапов оценки пригодности, выбора, кроссовера и мутации до достижения критериев остановки – определенного числа поколений или уровня пригодности.

Таким образом, генетический алгоритм представляет собой мощный и гибкий инструмент для оптимизации маршрутизации в сложных и динамично меняющихся условиях многоспутниковых систем связи [4].

Пример решения задачи маршрутизации в многоспутниковых системах связи с использованием генетического алгоритма

Допустим, у нас есть многоспутниковая система связи с 5 спутниками (А, В, С, D, Е), и наша задача – определить оптимальные маршруты для передачи данных от спутника А до спутника Е, минимизируя задержку и максимизируя пропускную способность.

Время задержки и пропускная способность между каждой парой спутников даны в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Время задержки между каждой парой спутников

	А	В	С	D	Е
А	–	2	3	1	–
В	2	–	1	–	2
С	3	1	–	2	1
D	1	–	2	–	3
Е	–	2	1	3	–

Таблица 2 – Пропускная способность между каждой парой спутников

	А	В	С	D	Е
А	–	10	15	20	–
В	10	–	25	–	30
С	15	25	–	35	40
D	20	–	35	–	45
Е	–	30	40	45	–

1. Для начала определим целевую функцию. Цель – минимизация задержки и максимизация пропускной способности.

$$F = \left(\frac{1}{D+1} \right) + \alpha \times B \quad (1)$$

F – значение функции пригодности;

D – общая задержка на маршруте;

B – общая пропускная способность на маршруте;

α – весовой коэффициент, который помогает сбалансировать важность задержки и пропускной способности в функции пригодности. Предположим, что $\alpha = 0.1$.

2. Инициализируем популяцию возможных маршрутов, где каждый элемент представляет собой узел (спутник) на маршруте:

– Маршрут 1: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow E$

– Маршрут 2: $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$

– Маршрут 3: $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow E$

– Маршрут 4: $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E$

3. Производим расчет общей задержки и пропускной способности для каждого маршрута, а затем оцениваем их пригодность, используя формулу (1).

Для маршрута 1:

$$D = (2 + 1 + 1) = 4 \text{ мс}$$

$$B = (10 + 25 + 40) = 75 \text{ Мбит/с}$$

$$F = \left(\frac{1}{4+1} \right) + 0.1 \times 75 = 0.2 + 7.5 = 7.7$$

Для маршрута 2:

$$D = (3 + 2 + 3) = 8 \text{ мс}$$

$$B = (15 + 35 + 45) = 95 \text{ Мбит/с}$$

$$F = \left(\frac{1}{8+1} \right) + 0.1 \times 95 = 9.6111$$

Для маршрута 3:

$$D = (2 + 0 + 3) = 5 \text{ мс}$$

Значение 0 так как не существует прямого соединения между В и D.

$$B = (10 + 0 + 45) = 55 \text{ Мбит/с}$$

$$F = \left(\frac{1}{5+1} \right) + 0.1 \times 55 = 5.6667$$

Для маршрута 4:

$$D = (1 + 2 + 1) = 4 \text{ мс}$$

$$B = (20 + 35 + 40) = 95 \text{ Мбит/с}$$

$$F = \left(\frac{1}{4+1} \right) + 0.1 \times 95 = 9.7$$

4. Выбираем два маршрута с лучшими значениями пригодности для кроссовера. В данном случае это маршрут 2 ($A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$) с пригодностью 9,6111 и маршрут 4 ($A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E$) с пригодностью 9,7.

5. Один из способов кроссовера в генетических алгоритмах – это односточный кроссовер, где выбирается случайная точка разделения, и обмен происходит между двумя родительскими маршрутами после этой точки.

Допустим, точка разделения находится между вторым и третьим узлами. Тогда:

– Родитель 1: $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$

– Родитель 2: $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow E$

После кроссовера:

– Потомок 1: $A \rightarrow C|C \rightarrow E$

– Потомок 2: $A \rightarrow D|D \rightarrow E$

После кроссовера получились маршруты с повторяющимися узлами, что может быть недопустимо в контексте маршрутизации.

6. Для адаптации маршрутов и обеспечения их допустимости можно применить несколько стратегий. Самым простым способом является замена повторяющихся узлов на другие узлы в сети, чтобы избежать цикличности в маршрутах. Применяем мутацию к потомкам 1 и 2:

- Адаптированный потомок 1: $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow E$

Для замены был выбран узел В, так как узел D уже присутствует в другом маршруте.

- Адаптированный потомок 2: $A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow E$

Для замены был выбран узел В, так как узел С уже присутствует в другом маршруте.

Теперь у нас есть два адаптированных потомка, которые представляют собой допустимые маршруты для последующего анализа в генетическом алгоритме.

7. Производим оценку пригодности новых поколений маршрутов.

Для адаптивного потомка 1:

$$D = (3 + 1 + 2) = 6 \text{ мс}$$

$$B = (15 + 25 + 30) = 70 \text{ Мбит/с}$$

$$F = \left(\frac{1}{6+1}\right) + 0.1 \times 70 = 7.1429$$

Для адаптивного потомка 2:

$$D = (1 + 0 + 2) = 3 \text{ мс}$$

$$B = (20 + 0 + 30) = 50 \text{ Мбит/с}$$

$$F = \left(\frac{1}{3+1}\right) + 0.1 \times 50 = 5.25$$

8. Проверяем, удовлетворяет ли лучший маршрут критериям терминации. Если условие терминации, например, достижение определенного числа поколений или уровня пригодности, не было достигнуто, процесс итерационно повторяется с новым поколением маршрутов, пока не будет найдено оптимальное решение.

Как только условие терминации будет достигнуто, алгоритм остановится, и наилучший маршрут (или маршруты) будет выбран в качестве решения задачи маршрутизации.

Заключение

Многоспутниковые системы связи предъявляют высокие требования к эффективности маршрутизации данных. Несмотря на вычислительную сложность и риск застревания в локальных оптимумах, генетические алгоритмы проводят поиск сразу по многим точкам пространства решений, что увеличивает вероятность нахождения оптимального решения и ускоряет процесс оптимизации, а также могут адаптироваться к изменениям в сетевых условиях в реальном времени, динамически обновляя маршруты для поддержания высокого уровня производительности сети [5].

Список литературы

1. Дьячук А.К., Белозерцева А.Н. Сравнительный анализ алгоритмов построения оптимального маршрута полета летательного аппарата при наличии зон угроз // Международный научно-исследовательский журнал – выпуск 5(131), 2023, с. 68;
2. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems, MIT Press, 1992;
3. Полежаев П.Н., Бахарева Н.Ф., Шухман А.Е. Разработка эффективного генетического алгоритма маршрутизации и обеспечения качества обслуживания для программно-конфигурируемой сети // Вестник Оренбургского государственного университета №1 (176), 2015;
4. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989;
5. Michalewicz Z. Genetic Algorithms + Data Structures Evolution Programs, Springer, 1996.

2.3.1.

Д.С. Пономарёв канд. техн. наукФилиал (г. Ижевск) ФКУ НИИ ФСИН России,
Ижевск, ponomarev.dmitry1990@mail.ru**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕКТОРА ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СИСТЕМЫ**

На сегодняшний день производственный сектор пенитенциарной системы имеет достаточно огромные масштабы, что подтверждает актуальность выбранной темы исследования: по официальным данным, на 2023 год по всей Российской Федерации задействованы более 650 учреждений, осуществляющих производственную деятельность. При этом, трудовые ресурсы производственного сектора – являются одной из главных и ключевых составляющих любого производства пенитенциарной системы. В статье представлен ряд методов, позволяющих оценить наиболее важные параметры трудовых ресурсов производственного сектора пенитенциарной системы.

Ключевые слова: *пенитенциарная система, производственные процессы, системный анализ.*

Актуальность. Актуальность проводимой работы обусловлена масштабами объемов производимой продукции производственного сектора пенитенциарной системы (например, по официальным данным, в 2022 году общий объем производств составил 43,2 млрд рублей [1]), а также количеством задействованных учреждений (на 2023 год по официальной информации задействовано более 650 учреждений по Российской Федерации). Трудовые ресурсы здесь играют ключевую роль: по официальным данным [1] в 2020 год среднесписочная численность осужденных, привлеченных к труду составила – 128 тысяч человек, в 2021 год – 131 тысяча человек, в 2022 год – более 132 тысяч человек [1].

Стоит отметить, что освобождение от работы из-за ограниченной нетрудоспособности по медицинским показаниям – являются основной причиной отсутствия на рабочем месте среди трудоустроенных осужденных (более 16% от всех случаев неявки на работу). При этом, такие заболевания как алкоголизм, наркомания, СПИД и гепатит намного чаще распространены среди трудоустроенных осужденных, чем на остальных, «гражданских» предприятиях, что может явиться одной из основных проблем для производственных процессов.

Таким образом, разработка методов оценки параметров трудовых ресурсов производственного сектора пенитенциарной системы является важной составляющей для производственно-трудовой адаптации спецконтингента.

Материалы и методы. В исследовании были применены методы системного и статистического анализов. Реализация методов проводилась при помощи языка программирования и статистической обработки – R (применены библиотеки *ggplot2*, *psych*, *matrixStats*, *corrplot*). Рассматривался ряд параметров и их взаимодействие между собой. Системный и статистический анализы проводились для параметров, которые относятся непосредственно к социально-значимым заболеваниям: алкоголизмом, гепатитами В, С и ВИЧ-инфицированных лиц. Оценка данных параметров проводилась в рамках производственно-трудовой деятельности.

Методы разведывательного анализа данных (EDA) и оценка вариабельности. Для оценки центрального положения в работе использовались – среднее арифметическое, среднее взвешенное, 50-й процентиль (медиана), медиана взвешенная, среднее усеченное [2], оценка распределения по процентилям (25-й, 50-й, 75-й). Также производился расчет среднего усеченного, которое вычислялось путем отбрасывания фиксированного числа сортированных значений с каждого конца последовательности и затем взятия среднего арифметического оставшихся значений (1).

$$\bar{x}_p = \frac{\sum_{i=p+1}^{n-p} x_i}{n-2p}, \quad (1)$$

где n – объем выборки, p – доля отбрасываемых значений. В данной исследовательской работе: $p=0,05$, $n=156$.

Проведен расчет среднего взвешенного, которое вычислялось путем умножения каждого значения данных x_i на свой вес w_i и деления их суммы на сумму весов (2).

$$\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (2)$$

где w – веса относительно которых рассчитывается значение среднего взвешенного (в данном случае был выбран параметр «Среднесписочное количество отбывающих наказание»).

Один из способов измерить вариабельность состоял в том, чтобы оценить типичное значение отклонений медианы и центрального положения. Реализуемый в работе подход заключается в том, чтобы взять среднее абсолютных значений отклонений от среднего значения. Расчет среднего абсолютного значения ($x_{абс}$) представлен в формуле (3).

$$x_{абс} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (3)$$

В качестве оценок вариабельности были выбраны: дисперсия (4) (s^2) и стандартное отклонение, которые основаны на квадратических отклонениях.

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4)$$

В качестве робастной оценки вариабельности было выбрано медианное абсолютное отклонение от медианы (MAD) (5):

$$MAD = m(|x_1 - m|, |x_2 - m|, \dots, |x_N - m|), \quad (5)$$

где m – медиана.

Как и в случае с медианой, MAD не находится под влиянием предельных значений. Можно также вычислить усеченное стандартное отклонение по аналогии со средним усеченным.

Для оценки вариабельности были разработаны коробчатые диаграммы, которые представлены на рисунке 1 (разработка коробчатой диаграммы на R проводилась при помощи библиотеки *ggplot2*). Приведены основные значения, характеризующие меры разброса точек, средние отклонения, медианы; проведены расчеты для стандартного отклонения (SD), межквартильного размаха (IQR) и медианного абсолютного отклонения из медианы (MAD). Медиана показана в коробке горизонтальной линией. Линии, называемые «усами», выходят из верха и низа так называемой «коробки» и говорят о размахе основной части данных. Квадратом с крестом внутри представлено среднее значение.

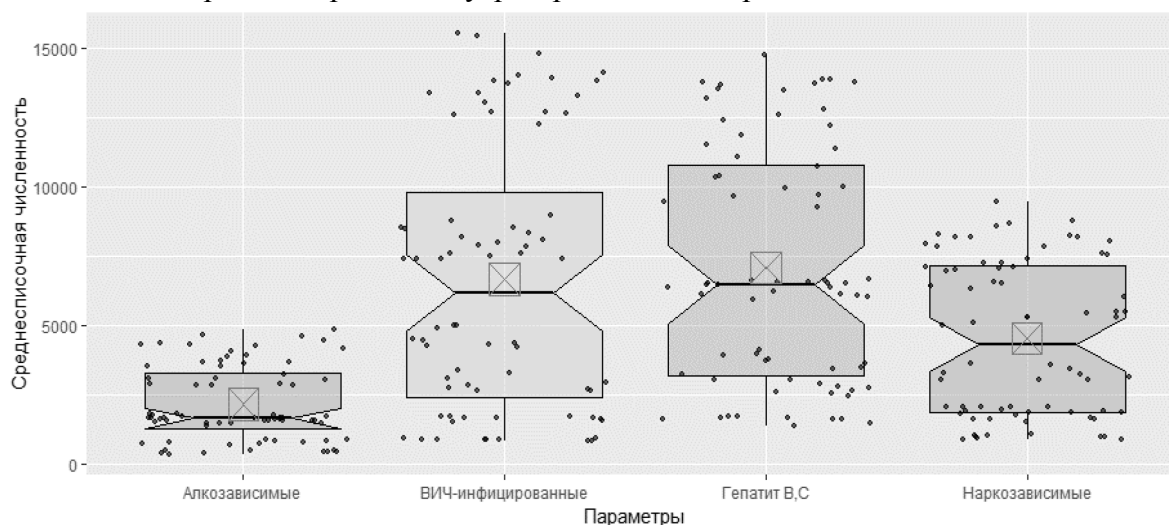


Рис. 1 – Коробчатая диаграмма для параметров, отражающих распространенность социально-значимых заболеваний среди спецконтингента производств пенитенциарной системы

Также был проведен корреляционный анализ данных между исследуемыми параметрами социально-значимых заболеваний и параметрами трудовой адаптации. Коэффициент корреляции был рассчитан по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} \quad (8)$$

где r – коэффициент корреляции, s – дисперсия.

При анализе коэффициентов корреляции были установлены следующие рамки: $-0,5 < r < 0,5$ – отсутствие корреляции; $0,5 \leq r < 0,7$ – слабая прямая корреляция; $0,7 \leq r < 0,8$ средняя прямая корреляция; $0,8 \leq r \leq 0,1$ – сильная прямая корреляция; $-1 \leq r \leq -0,8$ – сильная обратная корреляция; $-0,8 < r \leq -0,7$ – средняя обратная корреляция; $-0,7 < r \leq -0,5$ – слабая обратная корреляция.

Результаты исследования. Благодаря проведенному анализу распределений и центральных значений, было установлено, что заболеваемость ВИЧ-инфекцией достаточно трудно контролируется среди трудоустроенного спецконтингента (это подтверждается отклонениями медианного и среднего значений, неравномерностью распределения данных по процентилям), аналогичную ситуацию можно наблюдать и для гепатитов В,С.

В распределении данных можно достаточно явно отметить, что количество трудоустроенных лиц, страдающих от алкоголизма меньше чем количество наркозависимых (кроме того, можно выделить явную «границу» перехода от зависимых от алкоголя к зависимым от наркотических веществ).

На основании корреляционного анализа была выявлена связь между количеством лиц, которые больны наркоманией и среднесписочной численностью трудоустроенных осужденных ($r=0,71$); аналогичная ситуация была выявлена и для количества лиц, которые больны алкоголизмом ($r=0,75$). Данная связь не случайна, а лишь подтверждает положительную работу пенитенциарной системы в области трудовой адаптации спецконтингента.

Таким образом, представленные методы позволяют не только оценить возможные проблемы, которые могут возникнуть для трудовых ресурсов производственного сектора пенитенциарной системы, но и выявить наличие взаимосвязей между отдельными интересующими параметрами.

Список литературы

1. Сайт ФСИН России // [Электронный ресурс] URL: <https://fsin.gov.ru/structure/adaptation/>
2. *Tukey John W.* Exploratory Data Analysis. Reading, Mass.: Addison Wesley. 1977. 688 p.
3. *Peter Bruce, Andrew Bruce.* Practical Statistics for Data Scientists. 50 essential concepts. O'Reilly, 2017, 318 p.
4. *Robert I. Kabacoff.* R in Action: Data analysis and graphics with R. Manning Shelter Island, 2013, 588 p.

2.3.1.

¹М.М. Руденко, ²Е.М. Смирнова

¹ООО “Объединенная строительная компания”,
Санкт-Петербург, rudenko@istu.edu,
²Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения Российской академии наук,
Иркутск

К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Организация работ по строительству линейно-протяженных объектов предусматривает потери рабочего времени на перемещение, как временного лагеря, так и на передвижение рабочих от лагеря к месту работы и обратно. Разработана математическая модель, позволяющая минимизировать финансовые издержки, связанные с потерями времени. Выявлено противоречие между частными критериями (потери времени – экономические потери).

Ключевые слова: оптимизация, магистральный трубопровод, строительство линейных объектов.

Введение

Строительство линейно – протяженных объектов (таких, как магистральные трубопроводы) в районах, отдаленных от населенных пунктов или иной инфраструктуры производится из временных лагерей [1, 2]. Это позволяет уменьшить затраты времени на транспортировку работников к рабочему месту и обратно. Как следствие, возникает дилемма: частая перевозка лагеря уменьшает время, необходимое на передвижение к рабочему месту и обратно, но увеличивает затраты времени на перевозку самого лагеря. Редкая перевозка лагеря увеличивает время, необходимое на передвижение к рабочему месту и обратно, но уменьшает время, необходимое для перевозки лагеря.

Оценка экономических потерь

В работе [3] была получена зависимость потерь времени на перемещения, как рабочих, так и их временного лагеря. В несколько модифицированном виде, эта зависимость представлена в (1).

$$T_{\text{пот}} = \frac{T_{\text{сб}} + kT_{\text{пр}}}{n} + \frac{L}{V_{\text{п}}} (2k - 1) + \frac{k_p L n}{2V_{\text{р}}} \quad (1)$$

Здесь n – количество дней стационарного расположения временного лагеря, полученное из условия его оптимального расположения. Обозначения остальных переменных совпадают с принятыми в [3]:

$T_{\text{сб}}$ - время на сборы лагеря со старого места и обустройства на новом, $T_{\text{пр}}$ - время погрузки и разгрузки жилого блока и сопутствующих грузов, $V_{\text{п}}$ – скорость перемещения рабочих, сопровождающих перевозку временного лагеря, L – длина пути, $V_{\text{р}}$ - скорость перемещения из временного лагеря к месту работы и обратно.

Отметим, что первые два слагаемые отражают потери времени на перевозку временного лагеря, последнее – потери времени на передвижения от временного лагеря к месту работы и обратно.

Экономические потери на перемещение рабочих (от временного лагеря к рабочему месту и обратно) пропорциональны потерям времени на перемещение. Тогда имеем:

$$\Xi_{\text{р}} = C_{\text{р}} T_{\text{р}} = C_{\text{р}} \frac{k_p L n}{2V_{\text{р}}} N_{\text{р}} \quad (2)$$

Здесь $\mathcal{E}_p$ – экономические потери, руб./сутки; C_p – часовой фонд оплаты труда одного рабочего, N_p – количество рабочих в отдельном звене или бригаде.

Потери на перемещение временного лагеря состоят из эксплуатационных расходов средства транспортировки жилого блока, технологического оборудования и оперативного запаса топлива, а также потерь, связанных с отвлечением рабочих от производственного процесса.

В соответствии с этим, экономические потери на перевозку временного лагеря, осредненные по циклу его стационарного размещения, следует учитывать двояким образом.

Потери, связанные с использованием транспорта:

$$\mathcal{E}_T = C_T \cdot \left(\frac{kT_{np}}{n} + \frac{L}{V_n} (2k - 1) \right) \cdot N_{Tp} \quad (3)$$

Здесь C_T – стоимость одного часа работы транспортирующей машины рубль/час; N_{Tp} – количество транспортирующих единиц техники.

Экономические потери, связанные с отвлечением рабочих от производственного процесса связаны с потерями времени на сборы лагеря со старого места, устройстве его на новом, а также на собственно перемещение лагеря. Тогда:

$$\mathcal{E}_{np} = C_p \left(\frac{T_{сб} + kT_{np}}{n} + \frac{L}{V_n} (2k - 1) \right) N_p \quad (4)$$

Таким образом, стоимость перемещения временного лагеря на новое место составит

$$\mathcal{E} = \frac{C_p N_p (T_{сб} + kT_{np}) + kC_T N_T T_{np}}{n} + \frac{(2k - 1)L}{V_n} (C_p N_p + C_T N_T) \quad (5)$$

Используя (2) и (5), получим суммарные экономические потери на перемещение рабочих и временного лагеря:

$$\mathcal{E} = \frac{C_p N_p (T_{сб} + kT_{np}) + kC_T N_T T_{np}}{n} + \frac{(2k - 1)L}{V_n} (C_p N_p + C_T N_T) + C_p \frac{k_p L n}{2V_p} N_p \quad (6)$$

Рассмотрим переменные в полученном выражении.

Часовой фонд оплаты труда одного рабочего C_p зависит от квалификации работников и характера их деятельности, но не зависит от конкретного месторасположения лагеря.

Стоимость одного часа работы транспортирующего оборудования (C_T) также не зависит от конкретного месторасположения лагеря. Тогда, в рамках экономической модели, эти величины можно считать постоянными.

Время на сборы лагеря со старого места и обустройства на новом ($T_{сб}$) зависит от условий на местах дислокации лагерей. Но практика показывает, что в бригадах, укомплектованных опытными рабочими, время на сборы и развертывание мало зависит от условий на местности. В рамках данной работы, время на сборы лагеря со старого места и обустройства на новом принято в качестве постоянной величины.

Время погрузки и разгрузки жилого блока и сопутствующих грузов зависит от их количества и вида. Кроме этого, на время погрузки и разгрузки влияют такие факторы, как состав и влажность почвенного покрова, что связано с необходимостью обеспечения устойчивости грузоподъемного оборудования. В рамках конкретного региона, имеющего относительно стабильные характеристики почвенного покрова, время погрузки и разгрузки также не зависит от местонахождения лагерей. Тогда T_{np} будем считать константой.

Скорость перемещения рабочих, сопровождающих перевозку временного лагеря, зависит от условий на местности (типа и состояния грунта, погоды и т.д.). если указанные условия не меняются, то эти величины (V_n) можно считать постоянными.

Длина L является дневной нормой выработки, подлежащей обязательному выполнению.

Скорость перемещения из временного лагеря к месту работы и обратно зависит, в первую очередь от технического оснащения бригад и от состояния дороги, что позволяет для данных, конкретных условий, считать $V_p = const$.

Как следствие, полученная функция (6) имеет одну независимую переменную – количество дней стационарного расположения временного лагеря (n).

Для повышения общности получаемых решений, (6) приведем к безразмерному виду. Для этого уравнения разделим на часовой фонд оплаты труда звена рабочих (C_p), на продолжительность рабочей смены (T_c) и на количество рабочих в бригаде (N_p).

Ранее, (в [3]) использовались следующие методы обезразмеривания:

$$V_0 = \frac{L}{T_c} - \text{относительная скорость прокладки трубопровода}$$

$$\hat{T} = \frac{T}{T_c} - \text{относительное время}$$

$$\hat{V} = \frac{V}{V_0} - \text{относительная скорость}$$

$$\hat{T}_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_c} - \text{относительное время погрузки и разгрузки оборудования.}$$

Отметим новые безразмерные переменные:

$$\hat{C}_T = \frac{C_T}{C_p} - \text{относительная стоимость одного часа работы транспортирующей машины;}$$

$$\hat{N}_T = \frac{N_T}{N_p} - \text{относительное количество транспортной техники;}$$

Соблюдая единство методов обезразмеривания с методами, принятыми в [3], (6) преобразуем в

$$\hat{\Xi} = \frac{\hat{T}_{c6} + k\hat{C}_T\hat{T}_{\text{пр}}\hat{N}_T}{n} + (1 + \hat{C}_T\hat{N}_T)\frac{(2k-1)}{\hat{V}_n} + \frac{k_p n}{2\hat{V}_p} \quad (7)$$

Безразмерные экономические потери (7), образуют степенной ряд по n со степенями от -1 до +1.

Отметим, что безразмерные потери времени также образуют ряд по n с такими же степенями:

$$\hat{T}_{\text{пот}} = \frac{\hat{T}_{c6} + k\hat{T}_{\text{пр}}}{n} + \frac{1}{\hat{V}_n}(2k-1) + \frac{k_p n}{2\hat{V}_p} \quad (8)$$

Учитывая одинаковую структуру (7 и 8) и то, что все безразмерные коэффициенты в этих выражениях положительны, можно ожидать, что свойства обеих зависимостей будут аналогичны друг другу. Результаты расчетов, отраженные на рисунке 1, подтверждают это.

Результаты расчета

И потери времени, и экономические потери имеют некоторые минимальные значения, позволяющие судить об оптимальности принимаемых решений.

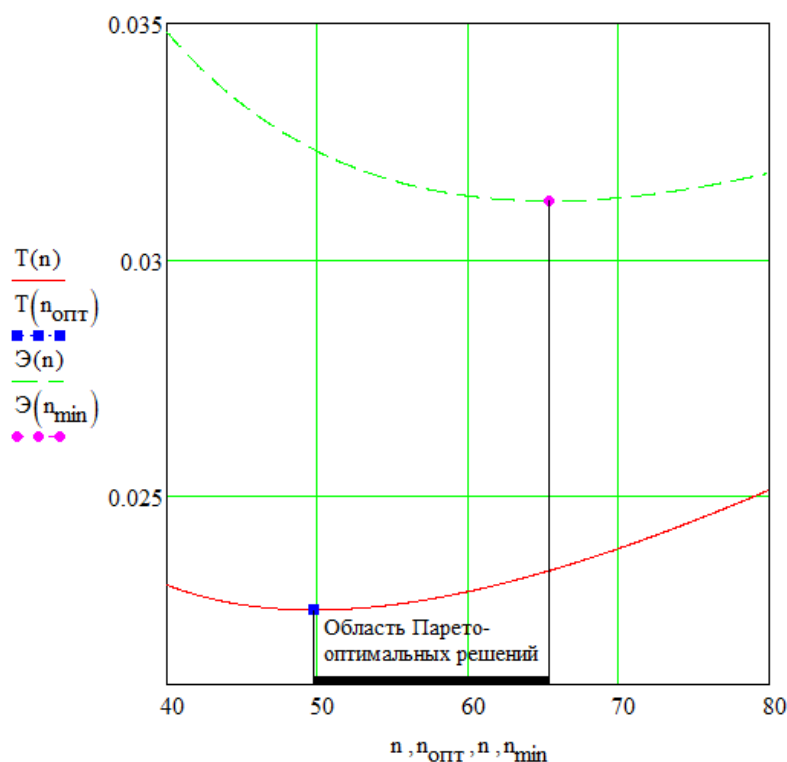


Рис. 1 - Потери времени и финансовые потери в зависимости от количества дней стационарного размещения временного лагеря.

Положение точек минимумов не совпадают, что свидетельствует о наличии противоречий между частными критериями. Так, минимум функции $\hat{T}_{\text{пот}} = f(n)$ соответствует $n \approx 50$ суток; функции $\hat{\mathcal{E}}_{\text{пот}} = f(n)$ – $n \approx 66$ суток. Очевидно, что выбор в области Парето-оптимальных решений требует проведения исследований, позволяющих ввести дополнительный критерий оценки.

Выводы

1. Получена модель экономических потерь, сопровождающих строительство магистральных трубопроводов с использованием временных лагерей.
2. Выявлено противоречие между частными критериями (потери времени – экономические потери).

Список литературы

1. Бородавкин П.П. Сооружение магистральных трубопроводов / П. П. Бородавкин, В. Л. Березин. – М.: Недра, 1977. – 407 с.
2. Мазур И.И. Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1991. -278 с.
3. Руденко М.М., Руденко М.Г. Моделирование перемещения временных лагерей силами рабочих бригад // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022, №9, – С. 50–55.

2.3.1.

Р.И. Соколов, Д.А. Михайлик, В.А. Нохрин

Институт радиоэлектроники и информационных технологий –РТФ Уральского Федерального
Университета имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
Екатеринбург, rostik-king@yandex.ru, dmtr-mih@yandex.ru, vas-nokhrin@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СЖАТИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ФАЙЛОВ ПО АЛГОРИТМУ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ СЛУЧАЙНОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Разработан алгоритм сжатия и восстановления звуковых данных на основе метода выделения информативной составляющей из случайных временных рядов по критерию теории сложности Колмогорова для недетерминированных процессов. Установлены зависимости коэффициента сжатия и среднеквадратической ошибки восстановления звуковых данных от параметров алгоритма в сравнении с алгоритмом линейаризации участков между локальными экстремумами. Проведена субъективная оценка звучания восстановленных данных.

Ключевые слова: *сжатие и восстановление звуковых данных, информативность случайного временного ряда.*

Введение. Обоснование разработки алгоритма сжатия

Для сигналов, представимых как случайный марковский процесс, теория нелинейной фильтрации позволяет решить задачу нахождения апостериорной плотности распределения полезного параметра во времени в нестационарном режиме для известного коэффициента постоянного смещения. Разбиение процесса на локальные участки для линейаризации в точках пересечения случайного временного ряда и огибающей с выхода нелинейного фильтра позволяет сжимать исходный процесс, заменяя его последовательностью коэффициентов смещения и длительностей локальных участков [1].

В случае анализа нестационарных случайных временных рядов при полной априорной неопределенности оптимальный коэффициент постоянного смещения нелинейного фильтра может быть получен только подбором по критерию максимизации функции прибыли и минимизации дисперсии ошибки для данной реализации.

Таким образом, целесообразно разработать алгоритм нахождения точек разбиения на локальные участки случайного марковского процесса первого порядка, основанного на имманентных свойствах развития процесса во времени, проявляющихся в сходимости количества локальных экстремумов определенного порядка в единицу времени вне зависимости от изменения параметров единичных приращений.

Разработка алгоритма сжатия и восстановления случайного марковского процесса

Алгоритм сжатия и восстановления основан на алгоритме разбиения случайного гауссовского процесса первого порядка на локальные участки для извлечения информативной составляющей, разработанном в [2].

Величины, к которым сходятся среднее количество экстремумов и среднее количество их пробитий в единицу времени, не зависят от дисперсии единичных приращений для гауссовских процессов, как в стационарном, так и нестационарном режиме. Как видно из рисунка 1 среднее количество локальных максимумов CL_{max} , состоящих из пяти точек, образующихся при развитии гауссовского процесса, не зависит от дисперсии единичных приращений. Синий график представлен для дисперсии равной 1, красный график – для 10, зеленый график – для дисперсии с равномерным распределением от 0 до 1.

При этом как показано в [3] функция прибыли, рассчитываемая как накопление разницы между значениями точек превышения локальных максимумов и точек, отстоящих вправо от пробития на постоянный временной интервал, также имеет сходимость к положительной константе.

Указанные свойства позволяют находить точки разбиения марковского процесса первого порядка на линейные локальные участки, с высокой точностью повторяющие исходный процесс, и, соответственно, представлять исходный временной ряд более коротким рядом значений точек разбиения и длительностей локальных участков.

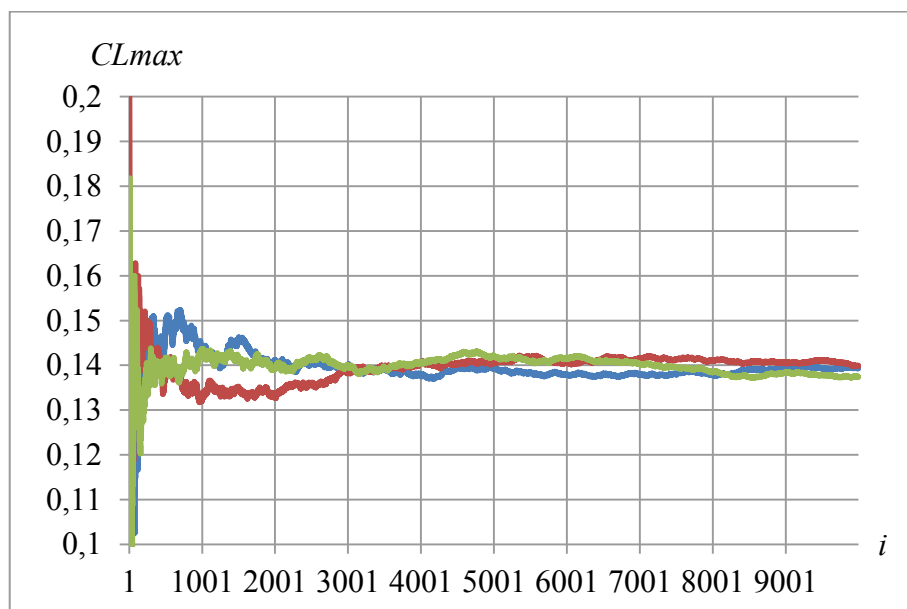


Рис. 1 – График среднего количества локальных максимумов для различных единичных приращений гауссовского процесса

В алгоритме разложения, происходит создание матрицы значений процесса X_t в точках превышения локальных максимумов, состоящих из пяти точек. Затем рассчитывается функция прибыли в каждой точке как разница между значениями матрицы превышения максимумов и значениями точек процесса, отстоящих вправо на временное окно. После чего формируется сжатый временной ряд X_C , состоящий из значений процесса и длительностей локальных участков, соответствующих точкам пересечения функции прибыли нулевого порога.

В алгоритме восстановления производится вычисление амплитуд приращения каждого локального участка, через отношение разницы двух соседних точек и длительности соответствующего участка из временного ряда X_C . Затем происходит восстановление процесса X_B путем линейаризация участков по полученным приращениям.

Исходный и восстановленный X_B процессы показаны на рисунке 2 синим и красным графиками, соответственно.

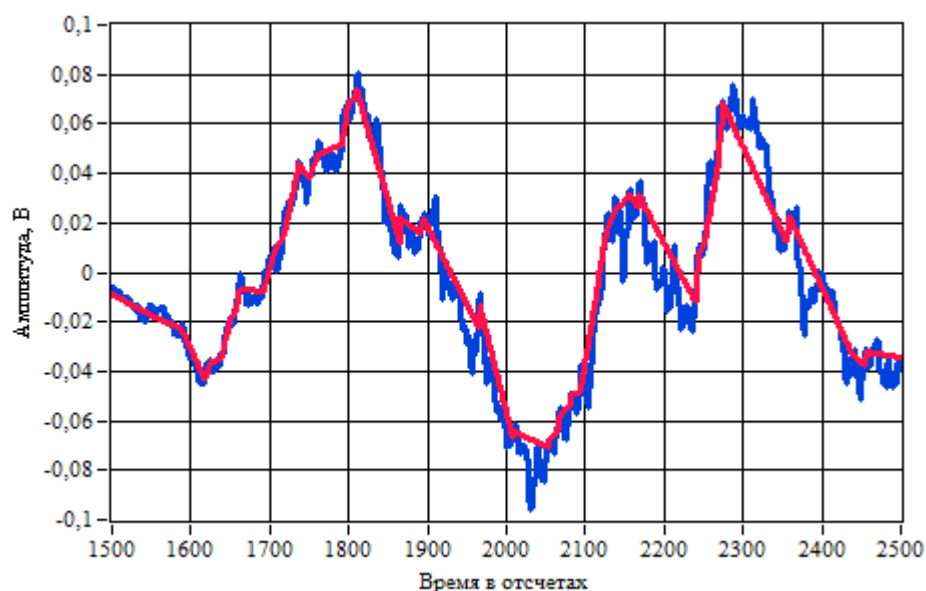


Рис. 2 – Графики участков исходного (синий) и восстановленного (красный) процессов звуковых данных

Анализ качества сжатия и восстановления звукового файла

Для анализа качества разработанного алгоритма сжатия и восстановления использовался отрывок музыкальной композиции Бобби Хелмса “Джингл Беллс” в джазовой аранжировке. Обработывался двухканальный трек формата wav длительностью 460000 отсчетов в среде визуального программирования NI LabVIEW 2012. Частота дискретизации трека составляет 44100 Гц с разрядностью 16 бит (битрейт – 1411 Кб/с).

В таблице представлены данные анализа сжатия по коэффициенту сжатия K_C и среднеквадратической ошибке CKO , а также указано субъективное качество слышимости восстановленного звукового файла. Разработанный алгоритм сравнивается с известным алгоритмом линейаризации участков между экстремумами различного уровня.

Таблица – Сравнение алгоритмов сжатия звукового файла

Параметр алгоритма	K_C	CKO	Субъективное качество воспроизведения
Экстремум	Алгоритм линейаризации участков между экстремумами		
5	4	0,01	10/10 не различимо с оригиналом
15	15	0,02	2,5/10 слабо различимы слова и музыка на фоне сильного шума
Окно смещения	Алгоритм сжатия по оценке информативности		
1	15	0,06	7/10 хорошо различимы слова и музыка на фоне слабого шума
80	26	0,04	0,5/10 не различимы слова и музыка на фоне сильного шума

Заключение

Разработанный алгоритм сжатия и восстановления марковских процессов первого порядка по методу оценивания информативности случайных временных рядов применим для сжатия и восстановления аудиофайлов формата wav без потерь.

Разработанный алгоритм не позволяет восстанавливать звуковой сигнал без искажений в отличие от алгоритма линейаризации участков между экстремумами для 5 точек. При этом коэффициент сжатия составляет 15 для наилучшего параметра алгоритма по окну смещения в один отсчет. При увеличении значения окна смещения слабо увеличивается коэффициент сжатия, практически не изменяется CKO , однако резко ухудшается качество воспроизведения звука.

Алгоритм сжатия по оценке информативности с оптимальным параметром смещения имеет существенное преимущество над алгоритмом линеаризации участков между экстремумами по качеству воспроизведения восстановленного сигнала при коэффициенте сжатия равном 15. При этом выигрыш в сжатии составляет 50% для качества звучания одного уровня.

Список литературы

1. *Sokolov R.I., Abdullin R.R.* New Model of Deterministic and Stochastic Components of Asset Price Change Function // 2016 International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies, ICCTICT 2016 – Proceedings, 2016.
2. *Нохрин В.А., Соколов Р.И.* Алгоритм разбиения случайного гауссовского процесса первого порядка на локальные участки // Вестник научных конференций, 2022. №8-1(84).
3. *Соколов Р.И., Михайлик Д.А., Нохрин В.А.* Доказательство сходимости дисперсии ошибки восстановления для генеральной совокупности гауссовского процесса первого порядка // Вестник научных конференций, 2022. №11-5(87).

2.3.1.

Е.Г. Царькова

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

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ПРИ СОЗДАНИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ
ГРАЖДАН В ФСИН РОССИИ**

В работе рассматривается подход к разработке системы обращений граждан, поступающих в органы и учреждения уголовно-исполнительной системы Российской Федерации, позволяющей за счет использования искусственного интеллекта существенно снизить трудозатраты, необходимые для их обработки и подготовки ответов. Методы машинного обучения служат эффективным инструментом тематической классификации и анализа текстов обращений, их диспетчеризации, а также формирования релевантного ответа на запрос. В работе рассматривается архитектурное решение и функциональные возможности указанной системы.

Ключевые слова: *обращения граждан, государственные информационные ресурсы, машинное обучение, обработка естественного языка, уголовно-исполнительная система Российской Федерации.*

В настоящее время значимым направлением работы сотрудников уголовно-исполнительной системы Российской Федерации (УИС) является обработка обращений граждан [1]. С учетом статистической информации, количество обращений граждан, поступающих за год в ФСИН России, измеряется десятками тысяч и имеет выраженную тенденцию к росту (более 52 тыс. обращений в 2020 году, более 74 тыс. обращений в 2021 году) [2]. Учитывая ограниченность сроков, выделяемых сотрудникам ведомства для подготовки ответа на обращение, а также наличие значительного объема обращений, следует отметить, что на сегодняшний день существует объективная потребность в рассмотрении возможностей применения искусственного интеллекта, в частности, методов машинного обучения (МО) для анализа подобных запросов. Одним из направлений применения МО является разработка классификаторов обращений граждан по тематике, обеспечивающих возможность уже на этапе поступления в ведомство выполнять их переадресацию в профильное управление. В связи с этим целесообразна разработка методов и моделей, служащих созданию ведомственной системы обработки обращений граждан на основе технологий искусственного интеллекта [3]. В данном исследовании рассматриваются возможности МО для реализации функционала системы.

Проектируемая система представляет собой проблемно-ориентированный комплекс средств информационно-технологического и организационно-методического обеспечения [4]. Назначением программного комплекса являются формирование и применение единой информационно-технологической среды, обеспечивающей интеллектуальную поддержку административных процедур по управлению и реагированию на обращения всех категорий заявителей, поступающим по всем каналам электронных коммуникаций. Достижение целей работ реализовано на принципах единой модели сбора, обработки, анализа обращений, поступающих в систему; использования отечественного общесистемного и прикладного программного обеспечения, отечественных средств защиты информации и информационно-телекоммуникационной инфраструктуры; интеграции с системой ведомственного электронного документооборота; реализация мер по обеспечению информационной

безопасности на всех этапах жизненного цикла информационной системы [5]. Архитектура программного продукта представлена совокупностью взаимосвязанных модулей, включая подсистему интеллектуального анализа и структурирования обращений; подсистему классификации обращений; подсистему анализа подготовленных ответов; подсистему подготовки проектов ответов; подсистему статистики и отчетов (рис. 1).



Рис. 1 – Компоненты системы обработки обращений граждан на основе ИИ

Схема взаимодействия программных компонент, входящих в состав рассматриваемой системы, приведена на рис. 2.



Рис. 2 – Схема взаимодействия модулей в системе обработки обращений граждан на основе ИИ

Для реализации подсистемы интеллектуального анализа и структурирования обращений предусмотрена разработка программных компонентов с использованием бесплатного фреймворка Laravel на языке PHP. Указанная подсистема предназначена для выполнения диспетчеризации входящих обращений, их централизованной интеллектуальной обработки, направления данных в подсистему классификации обращений. Полученную из различных каналов коммуникаций информацию подсистема обрабатывает и выводит в информационную панель, далее с помощью лексических данных выполняется проверка документов.

Подсистема классификации обращений образована веб-сервером (сервис классификатора обращений), обрабатывающим запросы на обучение классификатора и классификацию текстовой информации с использованием REST API, а также инструментами обучения и настройки классификатора, представленными клиентским приложением, взаимодействующим с сервером классификации через REST API [6]. Данные инструменты позволяют администратору создавать и настраивать систему для достижения наилучшего качества автоматической классификации. Для построения классификационных индексов и классификации текстовой информации используется широкий спектр методов на основе наивного байесовского классификатора (Naive Bayes), метода опорных векторов (SVM), случайного леса (Random Forests) и др. Указанные алгоритмы служат обеспечению высокого качества классификации при минимальном времени обучения, а также обладают устойчивостью к переобучению. Обучающие и тестовые выборки представляют собой выгруженные из СЭД тексты обращений за прошлые годы и результаты ручной классификации данных обращений.

Подсистема анализа подготовленных ответов обеспечивает получение и последующую обработку текстов исходящих документов - ответов на обращения граждан, участников рынка, органов исполнительной власти. В состав подсистемы входит база знаний (содержащая тексты обращений, подготовленные ответы на данные обращения, нормативные правовые акты, на которые есть ссылки в текстах ответов на обращения), сервисы (обеспечивающие полнотекстовое индексирование поступающих текстов, выделение в текстах ответов ссылок на нормативные правовые акты, обработку запросов на поиск похожих обращений и подготовленных на них ответов), сервисы, реализующие проверку проектов ответов на обращения на наличие недопустимых слов и словосочетаний. Подсистема подготовки проектов ответов состоит из компонентов, помогающих сотрудникам в подготовке ответных сообщений, и позволяет выполнять проверку обращений по схожести от заявителя для исключения дублирования обращений; производить выборку и предоставление сотрудникам текстов НПА и их фрагментов для принятия обоснованных решений по обращению; осуществлять выделение ссылок на НПА, присутствующих в обращении и в подготовленных ранее официальных ответах на схожие обращения; выявлять противоречивые ответы на семантически идентичные обращения.

Доступ пользователей к функциональным сервисам осуществляется по технологии «тонкого клиента» на базе web-браузера. Состав функций системы, доступный определенному пользователю, определяется в зависимости от его роли, при этом роль определяет права пользователей на доступ к сервисам, функциям и данным.

Методы искусственного интеллекта являются перспективным инструментом в решении многих проблемных вопросов, связанных с колоссальной нагрузкой на сотрудников УИС при работе с обращениями граждан.

Список литературы

1. *Омельченко В.В.* Информационное обеспечение системы государственного управления национальными ресурсами: риск-ориентированный подход // Правовая информатика, 2019, № 1. С. 4-17.
2. *Садыкова Р.А.* К вопросу о порядке рассмотрении обращений граждан в уголовно-исполнительной системе Российской Федерации // Научные труды ФКУ НИИ ФСИН России: научно-практическое ежеквартальное издание. Том Выпуск 1. Москва, 2022. С. 15-19
3. *Минбалеев А.В.* Регулирование использования искусственного интеллекта в России // Информационное право. 2020. № 1. С. 36–39.
4. *Сумин В.И., Чураков Д.Ю., Царькова Е.Г.* Разработка моделей и алгоритмов информационных структур и процессов объектов особой важности // Промышленные АСУ и контроллеры, 2019, № 4. С. 30-39.
5. *Царькова Е.Г.* Методы автоматизированного построения решения задачи оптимального управления ресурсом при обеспечении безопасности объектов // Научно-технический вестник Поволжья, 2022, № 3. С. 67-69.
6. *Dushkin A.V., Kasatkina T.I., Novoseltsev V.I., Ivanov S.V.* An improved method for predicting the evolution of the characteristic parameters of an information system. Journal of Physics: Conference Series. 2018.

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

**А.А. Баевский, И.Н. Шканов канд. техн. наук, Н.В. Ершов канд. техн. наук,
М. М. Агапов канд. техн. наук, Е.С. Аносова**

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород, baevsky1990@gmail.com

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТОВ И ПОСТАВОК ЗАПЧАСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЯ КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Оптимизация управления – безусловно, важная проблема предприятия в современном мире, в том числе на кондитерской фабрике, то есть в пищевой промышленности. Для создания качественной системы оптимизации требуется построить модель её функционирования, опирающуюся на базовые принципы и опыт аналогичных предприятий, но с учетом конкретной ситуации. Предлагаемые модели системы позволяют автоматизировать ремонт и поставку запчастей для оборудования, что упростит обслуживание оборудования и уменьшит ошибки в производстве.

Ключевые слова: *ТОиР, поставки, планирование, информационные технологии, моделирование систем.*

Проблема наиболее качественного управления промышленным предприятием, в том числе таким, как кондитерская фабрика, является одной из важнейших в условиях российской экономики при учете современной ситуации. Решение задачи определения производственных ресурсов необходимо в целях получения максимальной совокупной прибыли и бесперебойного функционирования предприятия. [1]

Для правильной разработки автоматизированной системы планирования ремонтов и поставок запчастей необходимо построить грамотные информационную и функциональную модели этой системы, где будет четко прописано то, что требуется от данной системы на выходе, что она требует для этого на входе, какие ресурсы для этого нужны и какие управляющие воздействия требуются в процессе работы. Для построения моделей была выбрана методология IDEF. Эта методология позволяет исследовать структуру, параметры и характеристики производственно-технических и организационно-экономических систем. Общая методология IDEF состоит из трех частных методологий моделирования, основанных на графическом представлении систем:

- IDEF0 используется для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающие эти функции;
- IDEF1 применяется для построения информационной модели, отображающей структуру и содержание информационных потоков, необходимых для поддержки функций системы;
- IDEF2 позволяет построить динамическую модель меняющихся во времени поведения функций, информации и ресурсов системы. [1]

В данной статье будет рассмотрено построение функциональной модели, поэтому будут применены принципы методологии IDEF0. С помощью наглядного графического языка IDEF0 изучаемая система предстает перед разработчиками и аналитиками в виде набора взаимосвязанных функций (функциональных блоков — в терминах IDEF0). Как правило, моделирование средствами IDEF0 является первым этапом изучения любой системы.

Методология IDEF0 позволяет моделировать всю систему как набор чередующихся функций. Простая система обозначений и строгий набор правил построения призван обеспечить точность и ясность при моделировании. [1]

Как видно из названия (Рисунок 1), основной функцией является проводить ТД и ТО. [2] На вход идут ресурсы, оборудование, которое подвергается обслуживанию и ремонту, данные об отказах и паспортные данные оборудования.

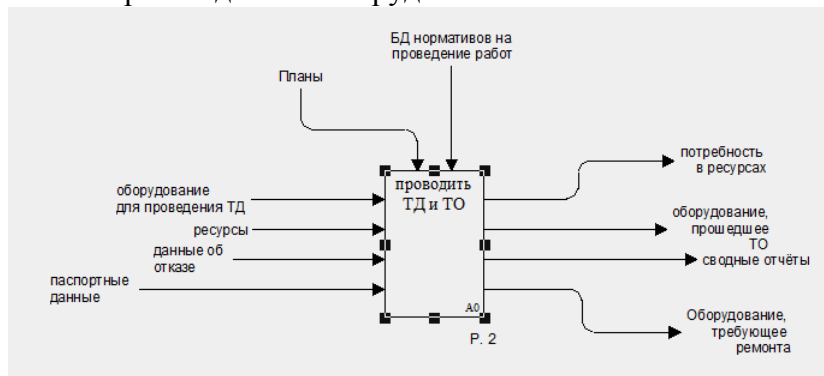


Рис.1 - Главная функция разрабатываемой автоматизированной системы

Вся информационная составляющая поступает в автоматическом режиме, так же автоматически должны определяться ресурсы, что требуются для проведения обслуживания. В случае ремонта не всегда можно определить, какие ресурсы понадобятся, поэтому автоматически такие списки не сформируются, но будет предоставлен список вообще возможных ресурсов, которые могут понадобиться, и специалисту потребуется только выбрать необходимое. В дальнейшем, при более глубокой проработке системы и по мере её совершенствования современные технологии смогут взять на себя большую часть данной работы.

Глобально данной функцией руководят утвержденные планы предприятия и база данных нормативов на проведение таких работ. Все возможные внезапные поломки будут учтены уже при разработке внутренних функций. [3]

На выходе система выдаёт потребность в ресурсах, оборудование после ТО, оборудование на ремонт, если оно не может быть выполнено самой компанией, а также отчетность по проведённым операциям. Данные отсюда пойдут как в управляющую БД, так и в другие отделы.

Главная функция разделяется на 4 основных блока (рисунок 2): составить сводные отчеты, проводить техническую диагностику, контролировать устранение критических неисправностей и выполнить ТО. Данные этапы по мере развития системы должны полностью автоматизироваться, поэтому система разрабатывается с учётом этого.

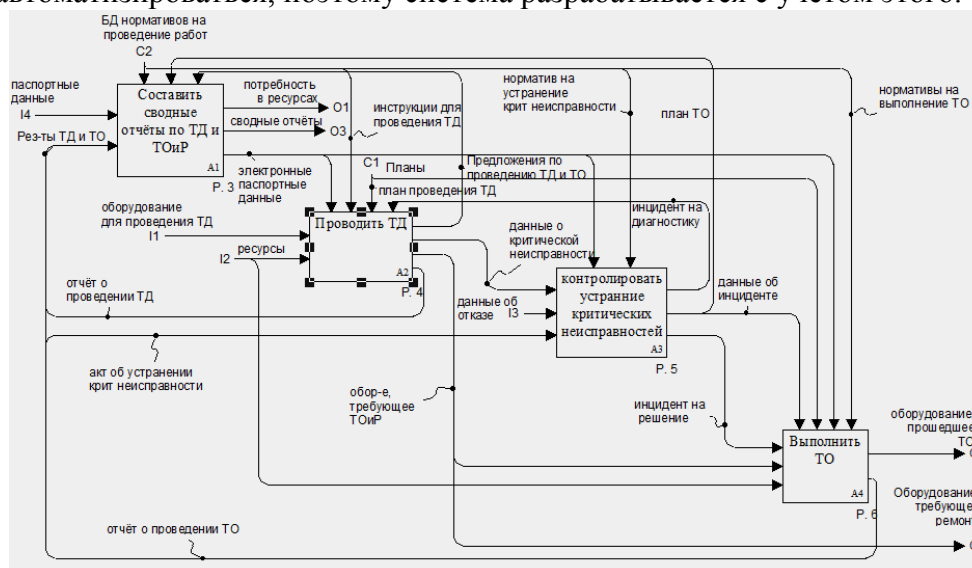


Рис. 2 - Декомпозиция главной функции разрабатываемой автоматизированной системы

Проведение дальнейшей декомпозиции всех блоков нецелесообразно, так как некоторые из них содержат стандартные процедуры и не требуют какой-то подгонки под нужды предприятия. Рассмотрим те блоки, которые содержат нестандартные функции или представляющие интерес для разработки системы ввиду их повышенной важности. [4]

Начнём с блока А2 «Проводить ТД» (рисунок 3). [5] Блок А2 содержит: обеспечить работу ТД, проводить ТД, выполнить ТД по инциденту, обработать данные, сформулировать предложения по проведению ТД и ТО. Первый пункт позволяет подготовить к процедуре ТД оборудование, на котором проводится процесс. Далее следует провести на подготовленном оборудовании техническую диагностику, которая покажет, что не так с исследуемыми станками, конвейерами и другим оборудованием. ТД может проводиться не только по плану, что подразумевает блок А22, но и по инциденту (блок А23). На выходе из проведённой ТД получается массив данных, которые обрабатываются в автоматическом режиме системой, формирующей предложения по проведению ТД и ТО. Так же на предложения влияют наличествующие ресурсы, утвержденные планы предприятия.

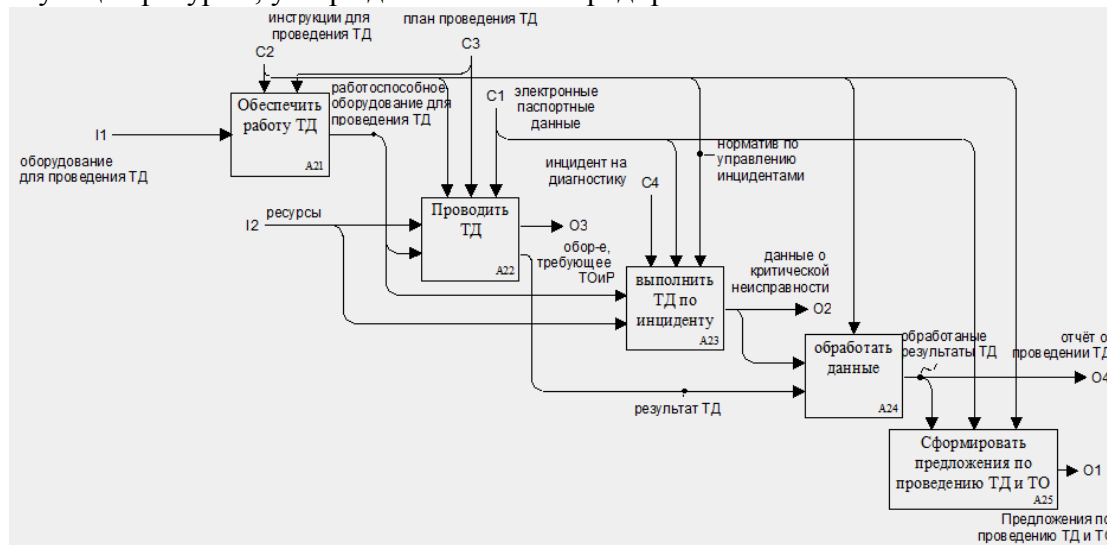


Рис.3 - Декомпозиция функции «Проводить ТД»

в рамках разрабатываемой автоматизированной системы

В начале функционирования системы специалисты должны следить за функционированием автоматизированной системы, но по мере обучения её роль наблюдателей сойдёт на нет.

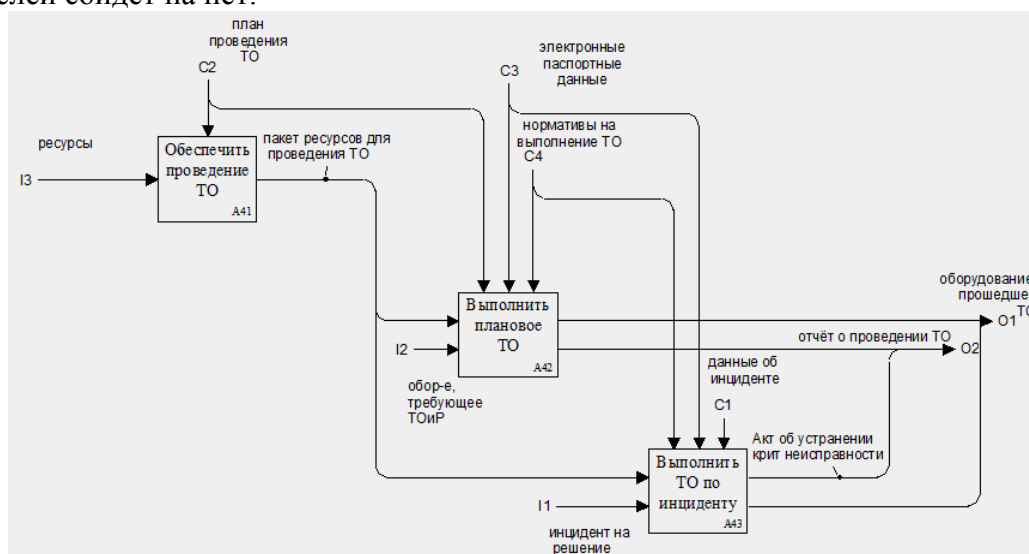


Рис. 4 - Декомпозиция функции «Выполнить ТО» в рамках разрабатываемой автоматизированной системы

Блок 4 «Выполнить ТО» делится на: обеспечить проведение ТО, выполнить плановое ТО, выполнить ТО по инциденту. Техническое обслуживание – сложный процесс, требующий немалых ресурсов, обеспечение его проведения – необходимый этап обслуживания оборудования. При недостаточном внимании к процессу всё ТО может быть напрасным или даже привести к обратному эффекту. Далее требуется выполнить ТО по плану или инциденту, в зависимости от причины, вызвавшей проведение обслуживания. На выходе на предприятие должно получить оборудование, прошедшее ТО и отчёт о проведении ТО, в который включены все акты проведенных работ.

Как видно из спроектированной модели, создание автоматизированной системы планирования ремонтов и поставок запчастей для оборудования – процесс сложный и многопрофильный. Требуется тщательно изучить предприятие, его особенности, опыт схожих предприятий и новинки в данном направлении. Это позволит грамотно спроектировать систему.

Список литературы

1. Петрова И.Р. Методология функционального моделирования IDEF0 / И.Р. Петрова, Р.Х. Фахрутдинов, А.А.Сулейманова. – Казань: Казан. ун-т, 2018 – 68 с.
2. Д.В. Рысев Автоматизированные системы управления и связь: учеб. пособие / Д. В. Рысев, В. С. Сердюк, С. Ф. Храпский. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2013 – 132 с.
3. С.А. Манцеров, А.Ю. Панов, И.Н. Шканов. Создание автоматизированной системы планирования ремонтов и поставок запасных частей по данным технического состояния оборудования предприятия// Сборник материалов X Международной молодежной научно-технической конф-ии «Будущее технической науки» / НГТУ - Н.Новгород - 2011 – с.103.
4. Панов А.Ю., Манцеров С.А., Кузнецов С.В., Смирнов Д.А. Создание единого информационного пространства жизненного цикла продукции машиностроительного кластера на основе принципов CALS-технологий // А-Club Инновац-е проект-е / ЛИТЕРА – Н.Новгород – 2011 – №4 – с.88-95.
5. Манцеров С.А. Структурная систематика единого информационного пространства машиностроительного кластера / С.А.Манцеров, А.Ю. Панов // Вестник ВГТУ / ВГТУ – Воронеж – 2008 – №1 – с.37 – 42.

2.3.3.

¹И.Н. Галеня, ¹М.С. Кожухова, ¹В.С. Вишневский
¹А.Н. Коркишко, ²С.В. Романов

¹Тюменский индустриальный университет,
кафедра базовая «Газпромнефть»,
²Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
кафедра техносферной безопасности,
Тюмень, galenyaigor@mail.ru, kozhukhova_2000@inbox.ru,
vishnievskii01@mail.ru, alexandr.korkishko@mail.ru, romanovsv@gausz.ru

ПРИМЕНЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛА В СРАВНЕНИЕ С ТРАДИЦИОННОЙ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ

В данной статье рассматривается технология лазерной очистки металла в сравнении с традиционной пескоструйной обработкой на нефтяных метосрождениях. Авторы анализируют основные преимущества и недостатки каждого метода, а также возможности их применения в различных отраслях промышленности. Лазерная очистка металла - это инновационная технология, которая позволяет быстро и эффективно удалять различные виды загрязнений с поверхности металлических изделий. Этот метод основан на использовании лазерного излучения, которое нагревает и испаряет загрязнения, не повреждая при этом основной материал. Преимуществами лазерной очистки являются высокая точность и качество обработки, отсутствие необходимости в использовании химических реагентов и безопасность для окружающей среды. Пескоструйная обработка, в свою очередь, является традиционным методом очистки металлических поверхностей от ржавчины, окалина и других загрязнений. Этот процесс заключается в подаче на поверхность металла абразивного материала под высоким давлением, который удаляет загрязнения. Однако этот метод может привести к повреждению поверхности металла и требует использования химических реагентов для удаления остатков абразива. Авторы статьи проводят сравнительный анализ этих двух методов очистки металла, указывая на их преимущества и недостатки. Они приходят к выводу, что лазерная очистка металла является более предпочтительным вариантом для высокоточных и ответственных задач, а пескоструйная обработка остается актуальной для очистки больших поверхностей и удаления глубоких загрязнений.

Ключевые слова: применение, технология, лазерная очистка, металл, традиционная пескоструйная обработка, поверхность.

В данном теоретическом исследовании проводится сравнение двух методов очистки металлических поверхностей: лазерной очистки и пескоструйной обработки.

Очистка поверхности является одной из базовых технологий во многих отраслях промышленности. Для некоторых видов производств – сварочного, лакокрасочного, гальванического - очистка поверхности является актуальнейшим вопросом, так как высокое качество очистки поверхности гарантирует высокий ресурс и надежность работы различных изделий. Очистка в общем виде представляет собой операцию удаления поверхностных слоев, образованных какими-либо загрязнениями или покрытиями, иногда даже включая основной слой материала

Лазерная очистка - это новый и перспективный метод, который позволяет быстро и точно удалить различные загрязнения с поверхности металла без повреждения основного материала. Он не требует использования химических реагентов и безопасен для окружающей среды. Однако этот метод имеет высокую стоимость оборудования и требует квалифицированного персонала для работы с ним.

Пескоструйная обработка - это традиционный метод, который используется уже много лет. Он заключается в подаче абразивного материала на поверхность металла под высоким давлением. Этот метод может повредить поверхность металла и требует использования химических реагентов для удаления абразива, но он дешевле и доступнее, чем лазерная очистка.

Таким образом, выбор метода очистки зависит от конкретных условий и требований к качеству обработки поверхности.

Материалы и методы. В настоящее время существует несколько технологий очистки поверхности, включая лазерную очистку и пескоструйную обработку. Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе метода очистки для конкретного применения.

Нефтегазовое оборудование работает с агрессивными средами. Наиболее актуальной проблемой являются процессы коррозионной эрозии поверхности. В настоящее время использование технологии лазерной очистки распространено на нефтяных месторождениях. Применение лазерной очистки на месторождениях перед последующей обработкой поверхности положительно сказывается на качестве обработки.

Лазерная очистка необходима для удаления ржавчины буровой платформы, удаления ржавчины инструмента, лазерной очистки и обслуживания сверловых долот, а также неразрушающего контроля шпинделя.

Проанализировав фактический эффект от внедрении технологии лазерной очистки можно сделать вывод, что результат виден в :

- Увеличение производительности труда;
- Достигается точное позиционирование при обработке деталей сложной формы в труднодоступных местах;
- Снижение затрат, связанных с покупкой, транспортировкой, погрузо-разгрузочными работами, хранением и утилизацией отходов.

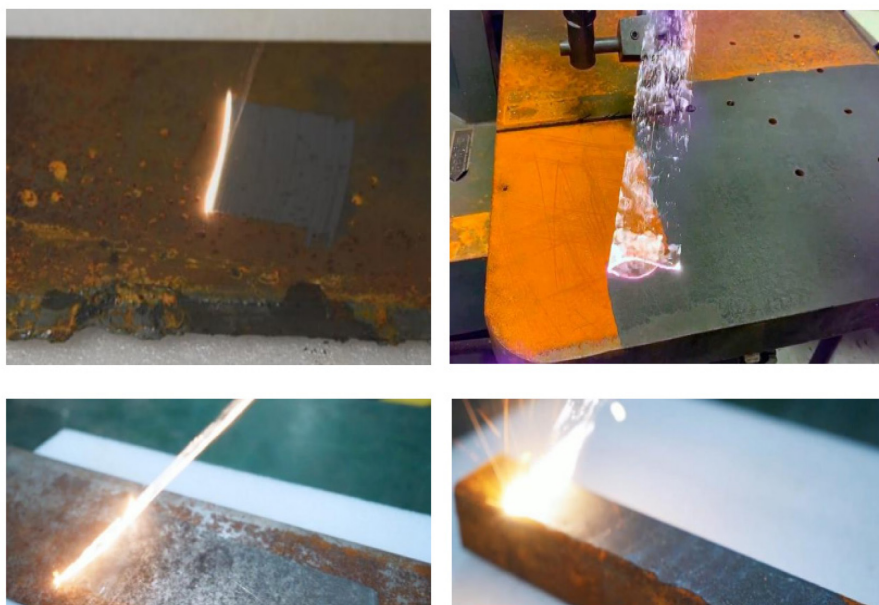


Рис. 1 – Примеры использования лазерной очистки

Лазерная очистка поверхности является наиболее точным и аккуратным методом, однако она также является и наиболее дорогостоящим. Пескоструйная обработка является более доступным и распространенным методом, но она может привести к повреждениям поверхности и требует использования химикатов для удаления абразивного материала. Кроме того, существуют и другие методы очистки поверхности, такие как ультразвуковая очистка, очистка с помощью плазмы и другие. Каждый из этих методов имеет свои особенности и применяется в зависимости от требований к очистке и типу материала.

На данный момент время полирование поверхности, имеющей сложную геометрическую форму, например прессформ, производится методом ручной механической обработки, посредством применения специальных (алмазных) паст, т.е. последовательно слой за слоем вручную снимается поверхностный слой металла, в результате класс обработки рабочей поверхности прессформы постепенно повышается. Процесс механического полирования поверхности является очень длительным и трудоемким. Ручной труд, паста и время – вот основные составляющие финишного полирования поверхности.

Результаты исследования. В статье проводится сравнительный анализ лазерной и пескоструйной очистки металла на нефтяных месторождениях.

Лазерная очистка является новым и перспективным методом, который позволяет быстро и точно удалять различные загрязнения с поверхности металла. Она не требует использования химических реагентов и безопасна для окружающей среды. Однако, этот метод имеет высокую стоимость оборудования и требует высококвалифицированного персонала для работы с ним.

Пескоструйная обработка является традиционным методом, который используется уже много лет. Этот метод заключается в подаче абразива на поверхность металла под высоким давлением. Пескоструйная обработка может повредить поверхность металла и требует использования химических реагентов для удаления абразива, однако этот метод дешевле и доступнее лазерной очистки. Выбор метода очистки металла зависит от конкретных условий и требований к качеству обработки поверхности.

По результатам теоретического исследования сведены данные анализа двух обработок металла в таблицу 1.

Таблица 1 - Сравнительный анализ пескоструйной и лазерной обработки металла

Пескоструйная обработка	Лазерная очистка
Традиционный метод	Инновационная технология
Низкая стоимость	Высокая стоимость
Может повредить поверхность	Не повреждает поверхность
Требуется использования химикатов	Не требует химикатов
Подходит для больших поверхностей	Подходит для точных и ответственных задач

Делая вывод по табличным данным, видно, что оба метода очистки металла имеют свои преимущества и недостатки. Лазерная очистка является более точным и аккуратным методом, но также и более дорогим. Пескоструйная обработка более доступна и широко используется, но может повредить поверхность и требует использования химикатов. Выбор метода очистки зависит от требований к качеству поверхности и бюджета.

Инновационное оборудование применяется для очистки конструкций разного профиля и конфигурации – от трубопроводов до нефтяных резервуаров. Метод безопасен для производителя работ и эффективен по сравнению с традиционным – скорость обработки металлических поверхностей благодаря лазеру увеличивается в несколько раз. Если раньше для подготовки металлических поверхностей перед нанесением антикоррозионных покрытий на предприятии применяли пескоструйное оборудование производительностью 8-10 м²/час, то использование лазерной обработки позволяет за час охватить площадь в 40 м². Кроме того, под действием абразивов увеличивается износ обрабатываемых поверхностей. Пример высокоэффективного применения лазерной очистки поверхности показан на рисунке 2.

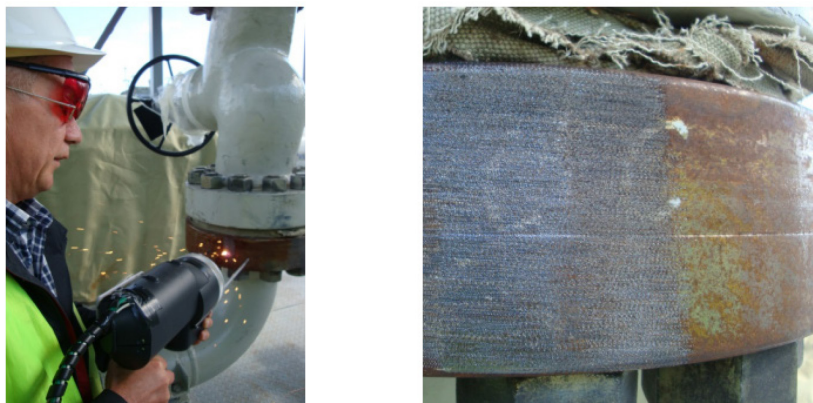


Рис.2 - Практические примеры высокоэффективного применения лазерной очистки поверхности: очистка фланцевых соединений от ржавчины взамен пескоструйной технологии на месторождении

Несмотря на многие преимущества лазерных технологий, их широкое внедрение в различных отраслях нефтяной промышленности до последнего времени ограничивалось рядом значительных технико-экономических трудностей: - высокой стоимостью лазерных технологических комплексов при сравнительно высоких эксплуатационных затратах; - сложностью обслуживания лазерного технологического оборудования; - техническими трудностями интеграции лазерного технологического оборудования в технологические линии, особенно связанные с серийным выпуском продукции.

Хотелось бы отметить привлекательность данной технологии лазерной очистки металла и оборудования на нефтяных месторождениях, так как данная технология активно проходит опытные испытания и внедряется по сегодняшний день при обустройстве месторождений. Несмотря на то, что оборудование дорогостоящее, оно однозначно эффективно. Технология имеет высокие стандарты качества и надежности.

Приведем пример, который применяется на Южно-Приобском месторождении:

-Лазерная очистка 1 млн. руб (ООО «Маштехника»).

- Традиционное оборудование (компрессор и вспомогательное оборудование)-400 000 руб.

Стоимость на затраты по закупке, доставке расходного материала купершлака, перекрывают стоимость в разнице оборудования.

Пример:

Объект: Установка Подготовки Нефти (УПН).

Приблизительная площадь окраски: 200 000 м².

Стоимость: 1 кг купершлака -11 р.

Расход: на 1 м² очищаемой поверхности -33 кг.

Итого: стоимость купершлака 11*33=363 р/м².

Сравним оборудование в рамках УПН (200 000 м²).

Лазерная очистка: Оборудование 1 000 000 руб/200 000 м²=5 р/м².

Традиционный метод: 400000 / 200 000=2 р/м² + (Стоимость купершлака) 11р/кг*33кг/м²=363 р/м².

Итого: 2+363=365 р/м²

Вывод. Сформулируем в заключение основные технологические преимущества лазерной очистки поверхности (по сравнению с наиболее часто используемой в нефтяной промышленности пескоструйной):

- Безопасное производство работ;
- Сокращение числа технологических операций при проведении работ;
- Снижение количества работников и специализированной техники для выполнения работ;
- Отсутствие необходимости в хранении и утилизации отходов.

Список литературы

1. Журба Д.В. Исследование физических механизмов лазерной очистки поверхности горячекатаного металлопроката от окалины при воздействии непрерывного лазерного излучения с длиной волны 1,06 мкм // Сборник трудов XI Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 4-8 апреля 2022 г.) – 2022. – Т. 2. – С. 231–233. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
2. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.
3. Вейко В.П., Волков С.А., Мутин Т.Ю., Смирнов В.Н. О возможности спектроскопического контроля процесса лазерной очистки // Известия ВУЗов. Приборостроение, тематический выпуск «Лазерные технологии в приборостроении». - №2. - 2011. - С.65–68.
4. Вейко В.П., Смирнов В.Н., Чирков А.М., Шахно Е.А. Лазерная очистка в машиностроении и приборостроении. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 103 с.

2.3.3.

¹Д.П. Салова, ²Т.Г. Виноградова, ³Л.В. Селиверстова,
³П.М. Салов, ³С.В. Солин, ³С.С. Сорокин

¹ЗАО Завод игрового спортивного оборудования,
²Чебоксарский институт (ф) Московского политехнического университета,
³Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
 Чебоксары, tavin2008@mail.ru

ШЛИФОВАНИЕ ЗАГОТОВОК МАГНИТОВ В МНОГОМЕСТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ С СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ПРОЦЕСС ЭЛЕМЕНТАМИ

В работе рассмотрены анализ компоновок заготовок из магнитных материалов (ММ), их влияние на эффективность процесса и технологии с применением многоместных приспособлений (МП).

Ключевые слова: магниты, идиосинкразия, многоместные приспособления, непрерывная правка, стабилизирующие элементы

Исследования, позволяющие нивелировать идиосинкразию ММ к процессу шлифования и повысить эффективность использования многоместных приспособлений, актуальны. Целью исследований являлось разработка методики конструирования приспособлений для совершенствования процесса.

Исследования проводились на станках 3Г71М и 3Д722Ф2, модернизированных для непрерывной правки. При шлифовании имеет место значительная разница между подачей на глубину по лимбу станка $t_{\text{л}}$ и фактической глубиной врезания круга в заготовку $t_{\text{фi}}$.

Рабочая зона приспособления неравномерно по площади, что изменяет при перемещении стола фактической площади зоны резания $S_{\text{фi}}$. $S_{\text{фi}} \approx b_i \cdot l_i$, где b_i - фактическая ширина контакта круга с заготовками в i -том сечении; l_i - расчетная длина дуги контакта круга с заготовками.

$$l_i = \sqrt{D_{\text{к}} \cdot t_i}, \quad (1)$$

где $D_{\text{к}}$ - диаметр круга.

При уменьшении площади зоны резания удельные нагрузки и глубина врезания круга в заготовки $t_{\text{фi}}$ возрастают. Представляют интерес зависимости

$$t_{\text{max}} / t_{\text{min}} = K_s \quad \text{и} \quad t_{\text{max}} - t_{\text{min}} = \Delta t_{\text{max}} \quad (2) \text{ и } (3)$$

На рис.1 показаны две схемы компоновок. Схема 1, а без вставок широко используется для всех типов производства [1, 2]. Схема 1, б рекомендуется нами - для крупносерийного и массового. Рассмотрим условия контактирования круга с заготовками в обеих схемах за продольный ход. Пусть заготовки на схеме 1, а без вставок находятся на одном уровне, круг подведен к ним до контакта. При продольном проходе, когда $S_{\text{поп}} = R$, контакт начинается в сечении I-I, (точка а). Далее, он увеличивается до максимума $a_1 O_1$ в сечении II-II, равного длине R . Затем уменьшение до точки в и т.д. При следующем проходе ситуации аналогичны.

Схема 1, б позволяет получить более плотную упаковку в срединной части МП, а установка накладок Н1, Н2 и т.д. легко и, надежно закрепляемых по краям МП, обеспечивает положительный эффект.

Насколько упаковка на схеме 1, б плотнее по сравнению со схемой 1, а можно судить по величинам вписанных окружностей $d - 0,236R < 0,82R$.

В варианте 1, б выделены 3 сечения, на уровне которых возможно максимальное врезание круга: I-I - нижний уровень 2-го ряда заготовок, II-II - уровень контакта заготовок 1-го и 2-го рядов, III-III - верхний уровень 1-го ряда заготовок. При втором проходе (заготовки 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и т.д.), когда $S_{\text{нон}} = 2R$ и $t_{\text{ф}} = 0$ длины контакта равны $v_I = v_{III} = 1,3626R$ и $v_{II} = 2R$. Следовательно, максимальную глубину врезания необходимо искать с учетом величин v_I и v_{III} , замеряемых в срединной части МП.

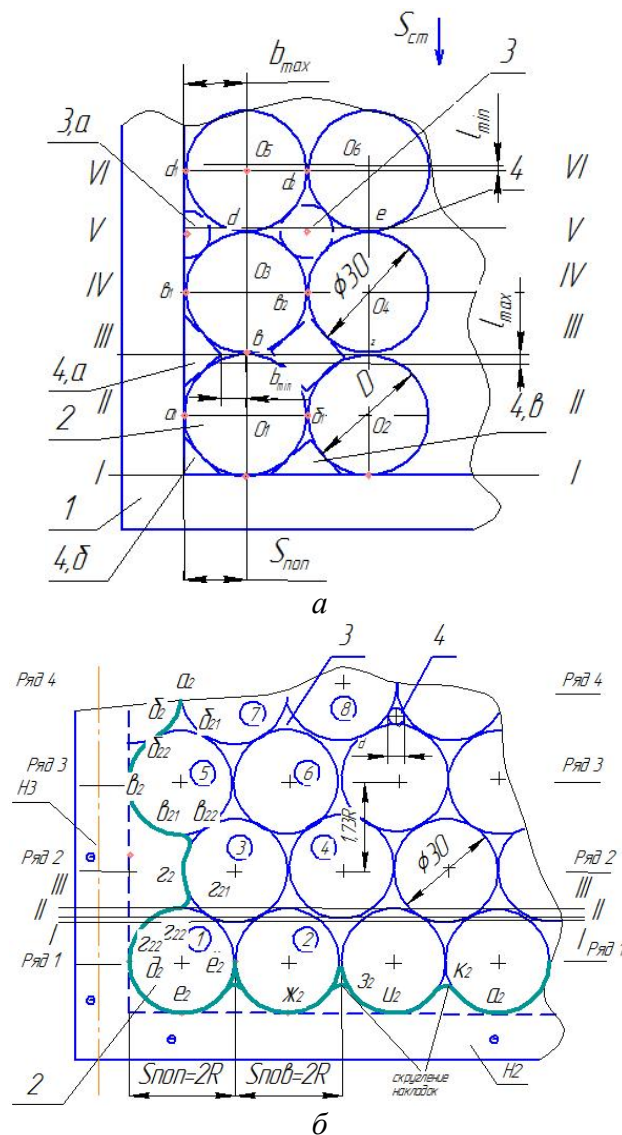


Рис. 1 - Компоновка цилиндрических магнитов: а – квадратно-гнездовой;

б – смещенный ряд: 1 – корпус приспособления; 2 – заготовка;

3 и 4 – возможные стабилизаторы процесса; 3, а; 4, а; 4, б; 4, в – часть элементов

При первом проходе по заготовкам, обозначенным как 1, 3, 5 и т.д., в кружочках накладки увеличивают контакт в сечениях I-I и III-III до максимальных и равных $v_{I=III}=1,6813R$. Глубина врезания круга в заготовки зависит от удельных нагрузок, т.е. $t_{\phi} \sim p_{yf}$.

$$t_{\phi i} = A \cdot p_{yi}^n \approx A \left(\frac{P_{\Sigma i}}{b_i \cdot l_i} \right)^n, [1-3] \quad (4)$$

где $P_{\Sigma i}$ – нормальная составляющая технологических сил резания, Н;

$P_{\Sigma i} \approx (1,13 \div 1,18)P_{yi}$, где P_{yi} – нормальная составляющая усилий резания; A – размерный коэффициент; n – безразмерный коэффициент. Для работоспособных кругов $n \approx 1,0$ [1-3].

Величине t_{min} соответствует максимальная площадь зоны резания $S_{max} = b_{min} \cdot l_{min}$, а величине t_{max} – минимальная площадь $S_{min} = b_{max} \cdot l_{max}$.

Уравнение (4) является трансцендентным, т.к. $t_{\phi i}$ зависит от l_i . Решение возможно при использовании зависимости $\Delta = 0,0455 \cdot P_{\Sigma} - 3,4$ (мкм), где P_{Σ} в Н, полученной экспериментально. При этом

$$\Delta_{min} = t_{\phi} - t_{max} \quad \text{и} \quad \Delta_{max} = t_{\phi} - t_{min} \quad (5) \text{ и } (6)$$

Величине Δ_{max} соответствует $P_{\Sigma max}$ и $t_{\phi min}$, для Δ_{min} – наоборот.

С учетом зависимостей (1) ÷ (6) получена зависимость

$$\frac{t_{max}^3}{t_{min}^3} = \frac{P_{\Sigma min}^2 \cdot b_{max}^2}{P_{\Sigma max}^2 \cdot b_{min}^2}, \quad (7)$$

где $t_{max} \leq t_{\text{л}}$; $t_{min} > 0$; $b_{min} > 0$.

Величины $t_{\text{л}}$ задаются технологом, t_{min} – фиксируются станочником по размерам максимально выступающих заготовок в МП.

Величины b_{min} и b_{max} находятся по схеме компоновки. Они фиксируются в те моменты, когда круг опускается на величину t_{min} и t_{max} , соответственно. В эти моменты величина b_{min} необходимо замерять со смещением места замера в направлении вектора скорости стола на величину l_{max} , а величина b_{max} – на величину l_{min} . Для компоновки на рис. 1, а, обеспечивающей при $t_{\text{ф}}=0$ и $S_{\text{поп}} = R = 15$ мм - $b_{min}=0$ и $b_{max}=R$. Если принять $t_{max}=0,1$ мм, то при $D_{\kappa}=350$ мм $l_{max}=5,9$ мм. Тогда $b_{min}=11,9$ мм. При $t_{min}=0,06$ мм $l_{min}=4,5825$ мм, тогда $b_{max}=14,28$ мм. Сказанное справедливо для условий одновременной обработки заготовок в двух рядах, когда при $t_{\text{ф}}=0$ уменьшение b_i на заготовке n-ого ряда компенсируется увеличением за счет заготовки (n+1) ряда.

Величина поперечной подачи должна согласовываться с высотой круга Т. Целесообразно, когда $S_{\text{поп}} = \frac{B_n}{K_s}$ и $S_{\text{поп}} = \frac{T}{K_T}$, где K_T – целое число. Для выполнения этих условий общая ширина зоны шлифования (B_n) за счет стабилизаторов процесса может уменьшиться, как это сделано в данной работе, или увеличиться. Для непрерывной правки целесообразно при K_T равно 0,5 или 1 [1-3].

Для проведения исследований изготовлено приспособление на 349 заготовок, с активной поверхностью 270×1070 (мм²). По ширине в нечетных рядах располагается 9 заготовок, в четных – 8 (см. рис. 1, б). Всего рядов – 41. По краям приспособления располагаются стабилизирующие элементы.

При шлифовании использованы рекомендации [1, 2]. В частности: скорость резания 35 м/с, скорость стола (заготовки) 20 м/мин, глубина врезания по лимбу $t_{\text{л}}=0,05-0,10$ мм. В качестве смазочно-охлаждающей использовалась жидкость Аквол-2.

При обработке 432 (48 рядов) по схеме компоновки рис.1, а заготовок из магнитно-твердых материалов типа ЮН14ДК24 и ЮН14ДК25А, когда $S_{\text{поп}}=R=15$ мм, получено: $t_{min}=0,01$ мм, $t_{max}=0,02$ мм, шероховатость $Ra=18$ мкм. Для снижения шероховатости $R_{z2}=4$ мкм выхаживанием до требуемой удален слой $\delta_{min} = (R_{z1} - R_{z2}) + (t_{max} - t_{min})=24$ мкм. На это затрачено 30 минут.

При компоновке по схеме 1, б, когда $S_{\text{поп}}=40$ мм, $t_{min}=0,006$ мм, $t_{max}=0,009$ мм, шероховатость $R_{z1}=3$ мкм, $R_{z2}=2$ мкм, $\delta_{min}=4$ мкм. Требуется выхаживание в течение 4, 5 минут.

В условиях массового производства производительность увеличивается в $1,6 \div 2,1$ раза.

Вывод:

Кардинальным решением, обеспечивающим повышение эффективности процесса шлифования магнитных материалов в многоместных приспособлениях, является обеспечение синергетического эффекта за счет использования двух условий: непрерывная правка рабочих кругов и установкой стабилизирующих процесс элементов.

Список литературы

1. Salova D.P., Salov P.M., Nosov N.V. MODELING OF AN EQUAL – WEAL-WEAR SHAPE OF GRINDING WHEEL WHEN WORKING WITH LONGITUDINAL FEED: В сб. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. «International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020-Additive Manufacturing» 2020. с.02 2012.
2. Салова Д.П. Моделирование профиля рабочей поверхности шлифовального круга с использованием принципов естественной прирабатываемости: Дис...канд.техн.наук: 05.03.01/ Самарский гос.техн. ун-т. – Самара. – 2007. -203 с.
3. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов/ Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.

2.3.3.

А.Р. Фардеев канд. техн. наук

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, albert.fardeev@mail.ru

СРЕДСТВА ГИДРОАВТОМАТИКИ И ГИДРОАППАРАТУРА, ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ ЭНЕРГОПИТАНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЖИДКОСТИ

В данной статье рассмотрены устройство и работа элементов автоматического управления ветронасосной установки, используемой в автоматизированной системе циркуляции смазочно-охлаждающих технологических средств машиностроительного предприятия с комбинированным энергопитанием. Разработаны: реле давления с электрическим выходом, имеющее два элемента сравнения и реле давления с гидравлическим выходом. Эти элементы автоматического управления в совокупности с уже известными средствами гидроавтоматики и гидроаппаратуры обеспечивают работу системы в том или ином режиме и при переходе из одного режима в другой.

Ключевые слова: средства гидроавтоматики, ветронасосная установка, элементы автоматического управления, смазочно-охлаждающие технологические средства, машиностроительное предприятие, реле давления.

Ранее было предложено в целях экономии электроэнергии [1] заменить электронасосы в системе подачи смазочно-охлаждающих технологических средств **машиностроительного предприятия** на ветронасосные установки. Эта замена производилась бы лишь на время, когда скорость ветра была достаточна для работы ветродвигателя [2]. При этом предлагалось ввести элементы автоматического управления в указанную систему.

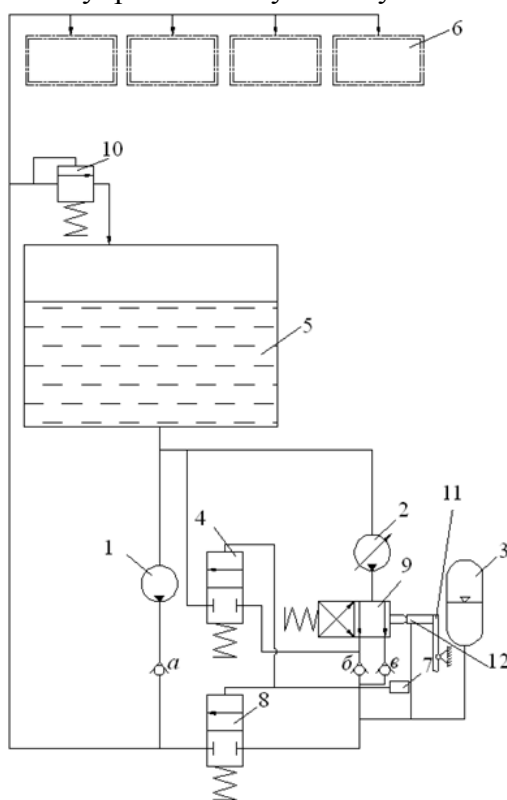


Рис. 1 - Схема автоматической системы подачи жидкости с комбинированным энергопитанием:

1 – электрический центробежный насос; 2 - ветронасосная установка с регулируемым пластинчатым насосом; 3 - пневматический гидроаккумулятор; 4, 8 – выключатели; 5 – гидробак; 6 – потребитель; 7 – переключатель; 9 – гидрораспределитель; 10 - переливной клапан; а, б, в - обратные клапаны; 11 - рычаг блока управления; 12 – толкатель переменной длины

Для обеспечения работы системы в том или ином режиме и осуществления перехода одного режима в другой использовались: выключатели 4 и 8, переключатель 7, гидрораспределитель 9, переливной клапан 10, обратные клапаны а, б, в и толкатель переменной длины 12 (см. Рис. 1).

В качестве гидрораспределителя 9 выберем двухпозиционный золотниковый гидрораспределитель.

В качестве обратных клапанов а, б, в выберем обратный клапан с запорно-регулирующим элементом в виде шарика.

В качестве предохранительного (переливного) клапана 10 выберем напорный гидроклапан прямого действия с золотниковым распределителем. Давление в напорной гидролинии устанавливается с помощью регулировочного винта данного клапана.

В качестве толкателя переменной длины 12 используем гидроцилиндр.

Ввиду широкого распространения и простоты конструкции гидрораспределителя, обратного клапана, напорного гидроклапана и гидроцилиндра [3] не будем рассматривать их устройство и работу.

В качестве переключателя 7 (см. рис. 1) выберем реле давления с электрическим выходом. У существующих реле давления только один элемент сравнения. Согласно требованиям, предъявленным нами к переключателю 7, у него должно быть два элемента сравнения. Поэтому разработано реле давления с электрическим выходом, имеющее два элемента сравнения. Его схема показана на рис. 2.

Реле давления с электрическим выходом состоит из корпуса 1 с окнами 9, 10, 11, 12, 13, площадок контактов 2 и 3, золотников 4 и 5, пружин 6, 7, 8, полостей 14, 15, 16, 19, обратных клапанов 17 и 18.

При давлении P_n в гидролиниях и полостях 14, 15 пружины 6, 7, 8 разжаты. В результате площадка контактов 2 прижата к площадке 3 и контакты замкнуты.

При достижении давлением в гидролиниях верхнего уровня P_v золотник 4 перемещается вверх, сжимая пружину 7, и выталкивает площадку контактов 2 вверх. Контакты размыкаются.

Кроме того золотник 5 перемещается вниз, сжимая пружину 8 и разъединяет окна 11 и 12. Это делает невозможным движение жидкости из полости 14 через окна 10, 11, 12 в гидролинии.

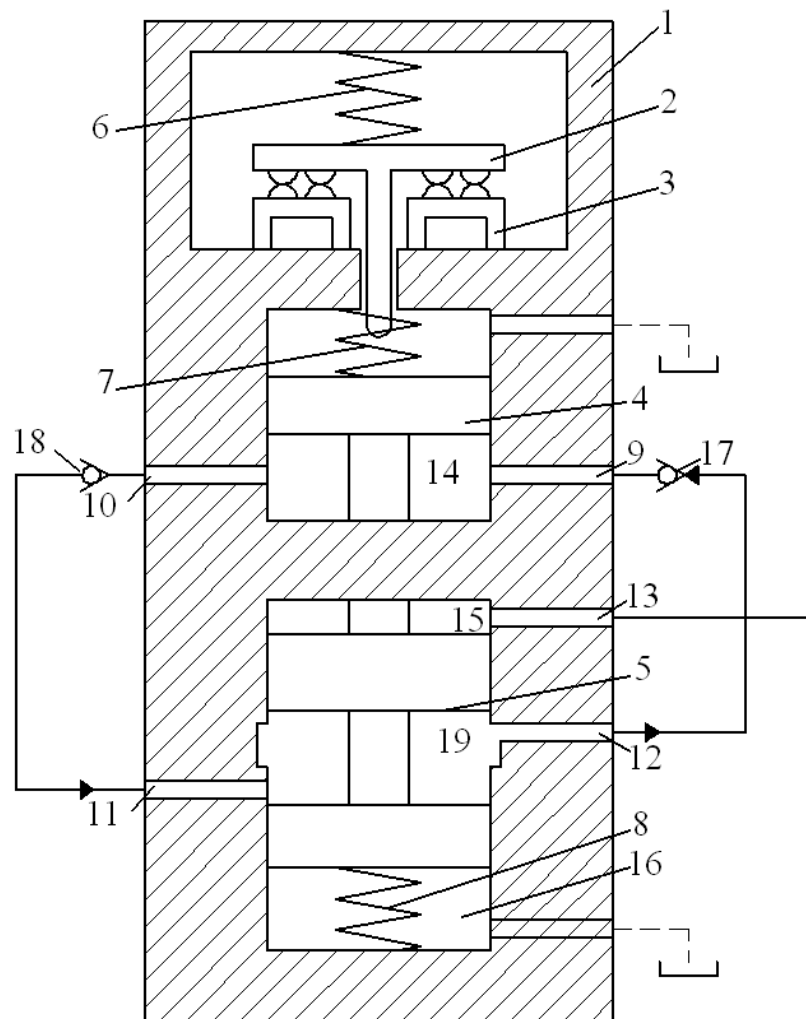


Рис. 2 - Схема реле давления с электрическим выходом:

1 – корпус; 2, 3 – площадки контактов; 4, 5 – золотники; 6, 7, 8 – пружины;
9, 10, 11, 12, 13 – окна; 14, 15, 16, 19 – полости; 17, 18 – обратные клапаны

Жидкость может поступать в полость 14 только через обратный клапан 17 и окно 9, а выходить из нее только через окно 10 и обратный клапан 18. Когда давление повысилось до уровня P_v , жидкость заполнила полость 14, сжав при этом пружину 7. Движение жидкости из полости 14 через обратный клапан 17 невозможно, а через обратный клапан 18 оно также невозможно, пока перекрыто окно 12 золотником 5. Давление P_v удерживает золотник 5 в нижнем закрывающем окне 12 положении до тех пор, пока давление в гидролиниях не достигнет нижнего уровня P_n .

Из рисунка видно, что при достижении давлением нижнего уровня P_n в полости 14 давление остается равным P_v , а в полости 15 давление понижается до уровня P_n , т. к. полость 15 связана с гидролиниями через окно 13. За счет понижения давления в полости 15 золотник 5 перемещается вверх под действием силы упругости пружины 8. При этом окно 11 связывается с окном 12 и жидкость из полости 14 перетекает в гидролинии через окна 10, 11, 12. Пружина 6 прижимает площадку контактов 2 к площадке 3. Контакты замкнуты.

Данное реле давления обеспечивает замыкание контактов при достижении давлением в гидролиниях верхнего уровня P_v . Причем контакты остаются замкнутыми до достижения давлением нижнего уровня P_n .

В качестве выключателей 8 и 4 выберем также реле давления но с гидравлическим выходом. Его схема изображена на рис 3.

Реле давления с гидравлическим выходом состоит из корпуса 1 с окнами 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, золотников 2, 4, 5, пружин 6 и 8, полостей 14, 15, 16, 19, 20 обратных клапанов 17 и 18.

Оно отличается от реле давления, изображённого на рис. 2 лишь тем, что вместо замыкания и размыкания контактов соединяет или разъединяет подводящую и отводящую гидролинии.

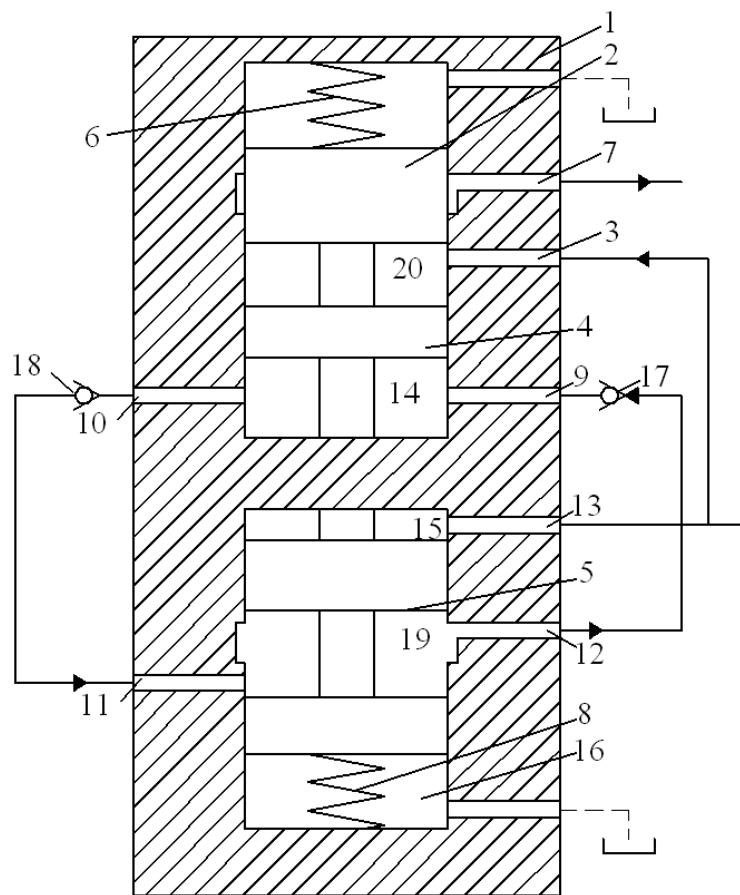


Рис. 3 - Схема реле давления с гидравлическим выходом:

1 – корпус; 2, 4, 5 – золотники; 6, 8 – пружины; 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13 – окна; 14, 15, 16, 19, 20 – полости; 17, 18 – обратные клапаны

Поэтому не будем рассматривать отдельно его работу. Она аналогична работе реле давления, изображённого на рис. 2.

Список литературы

1. Фардеев А.Р. Автоматизация подключения ветронасосных установок к системе циркуляции смазочно-охлаждающей жидкости/ А.Р. Фардеев // Научно-технический вестник Поволжья – 2019. – №12. – С. 139-141.
2. Фардеев А.Р. Технологические процессы с комбинированным энергопитанием: механика, управление, автоматизация. Монография / Фардеев А.Р., Байрамов Ф. Д., Байрамов Б. Ф., Галимов Н.С // Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. – 342 с.
3. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидропривод / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов // М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

2.3.3.

С.В. Харлашина, И.О. Гушин

Сибирский государственный университет науки и технологий имени М. Ф. Решетнева,
институт космической техники,
кафедра систем автоматического управления,
Красноярск, kharlashina.v@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ
КОЛЕБАНИЯМИ ПРИ ЭЛС**

В работе представлен анализ методов управления тепловыми колебаниями при электронно-лучевой сварке (ЭЛС), основанных на импульсной модуляции мощности электронного луча, колебательных перемещениях фокальной мощности луча по вертикали и осцилляции луча по траекториям различного вида. Также представлены рекомендации по улучшению качества сварки и увеличению производительности при использовании ЭЛС.

Ключевые слова: *электронно-лучевая сварка, импульсная модуляция, сварной шов.*

Электронный луч представляет собой эффективный источник тепловой энергии, обладающий около нулевой инерцией, что позволяет осуществлять тонкую регулировку мощности, фокусировки и положения луча на поверхности изделия, а также мгновенно управлять перечисленными параметрами [1]. При смене положения луча на поверхности, его мощности и фокусировки возникают тепловые возмущения в сварочной ванне, меняется плотность тепловой энергии и характер распределения.

С развитием новых систем управления лучом и программирования режимов сварки расширились возможности в улучшении технологических возможностей электронно-лучевой сварки. Актуальные методы предоставляют почти безграничные возможности воздействия луча на поверхность обрабатываемой детали. Сегодня мы можем применять флуктуацию луча, многофокусную и многолучевую сварку, комбинированные методы сварки и другие подходы.

Импульсная модуляция тока луча позволяет изменять тепловую интенсивность сварочного процесса [2]. Важно учитывать: различные металлы имеют соответствующий диапазон частот модуляции тока луча, при котором эффективность электронно-лучевой сварки повышается, особенно глубина плавки. Определение спектр модуляции требует расчетов с учетом экранировки луча в процессе проплавки. Направленная модуляция силы света производится путем подачи отрицательных импульсов на управляющий электрод триодной электронной пушки. Вместе с тем, выбор параметров модуляции для конкретных условий сварки и материалов затруднен из-за отсутствия информации о колебательных перемещениях луча в канале проплавления. Обычно, для сварки малогабаритных изделий с частотой до 400 Гц применяется импульсная модуляция тока луча [3]. Применение модуляции тока луча в сварных швах средних и толстостенных металлов было ограничено из-за сильного разбрызгивания металла и больших подрезов с обеих сторон шва [3].

Теоретическая оценка оптимальной частоты динамической фокусировки луча определила диапазон 1-200 Гц. [4]. Однако выбор частоты сканирования фокуса является сложным вопросом для каждого конкретного случая сварки. Были проведены исследования по увеличению частоты в 10 раз для получения аналога параллельного электронного пучка. Однако фокус луча колеблется, вызывая пульсации в ускоряющем напряжении, что может привести к разбрызгиванию металла и подрезам.

Площадь луча можно максимизировать, используя различные варианты развертки луча вдоль сварного соединения. Развертка луча при постоянной поверхностной мощности изменяет мгновенное и среднее распределение плотности мощности электронного луча [2].

Развертка луча также влияет на гидродинамический процесс, повышая стабильность парогазового потока расплава и изменяя форму сварочной ванны (рис.1).

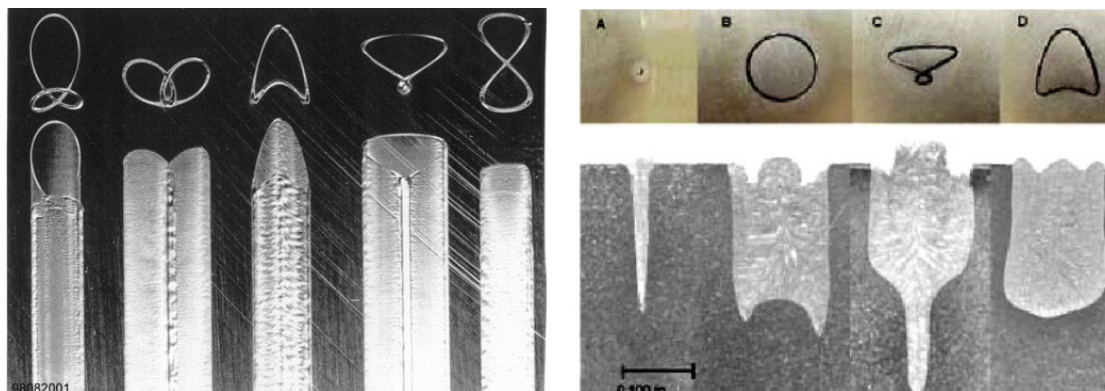


Рис. 1 – Влияние развертки электронного луча при осцилляции на форму сварного шва

Если частота колебаний луча при электронно-лучевой сварке низкая, размер канала для потока пара остается практически неизменным. Однако при увеличении частоты колебаний каналы увеличиваются. В этом случае форма сварного шва изменяется, а вероятность появления трещин, корневых дефектов и полостей снижается. Амплитуда колебаний луча составляет от 1 до 3 мм, а частота колебаний – от 50 Гц до 1 кГц, в зависимости от сварочного материала [5]. Важно отметить, что независимо от типа колебаний эффективность плавления луча снижается, и для достижения необходимой глубины проплавления необходимо увеличивать ток луча.

Вертикальная и горизонтальная вибрации – наиболее распространенные методы, также наряду с ними движение в эллипсе, дуге или окружности. Однако пока не разработана методика выбора формы колебаний электронного пучка. Вместе с тем, имеется много экспериментальных данных, и проводятся опыты по оптимизации режимов сварки с колеблющимся лучом с использованием математического расчета экспериментов.

Сварка с поперечными колебаниями луча приводит к более интенсивному перемешиванию жидкой ванны и размельчению структуры по сравнению со статическим лучом. Путем изменения частоты и амплитуды колебаний луча можно получать сварку различных геометрий поперечного сечения.

Интерес представляет сварка с вращением электронного пучка по круговой траектории, так как это значительно уменьшает возникновение пикообразования и связанных с ним дефектов. Однако для этого требуется правильный выбор параметров круговой осцилляции. В большинстве исследований эти параметры подбираются эмпирическим путем, исходя из опыта проплавки большого числа образцов.

Необходимо отметить, что при осуществлении круговой развертки электронного луча возникают отличия в направлении перемещения пучка по разным сторонам шва. Это может привести к неравномерному образованию шва. При высоких скоростях вращения электронный пучок может становиться полым, что является неэффективным с точки зрения энергоэффективности и электронно-оптических характеристик канала плавления [6]. Тем не менее, асимметрию при круговом движении пучка можно устранить, ограничивая его колебания в плоскости, соответствующей направлению сварки.

Беря во внимание вышеизложенное, особо интересным представляется осцилляция электронного пучка, который движется по х-образной траектории. Эта траектория состоит из колебаний как вдоль, так и поперек направления движения пучка. Применение такой траектории позволяет гибко настраивать параметры теплового воздействия электронного пучка, путем изменения угла между его движением, скорости перемещения и амплитуды отклонения. Благодаря данному методу можно значительно снизить амплитуду пиков плавления с незначительным снижением глубины канала

Важно отметить, что при использовании круговой развертки электронного луча возникают различия в направлении движения луча на противоположных краях сварочного

шва. Это может приводить к неравномерному образованию шва. При высоких скоростях вращения электронный луч может становиться радиально полым, что неэффективно с точки зрения энергетических и оптических свойств процесса.

Однако, асимметрию в круговом движении луча можно устранить, ограничивая его колебания в плоскости, соответствующей направлению сварки.

Список литературы

1. Банов М.Д. Специальные способы сварки и резки / М.Д. Банов, В.В. Масаков, Н.П. Плюснина. – М. : Академия, 2009. – 208 с.
2. Башенко В.В., Вихман В.Б. Состояние и перспективы развития электронно-лучевой сварки. Технологии и оборудование электронно-лучевой сварки // Материалы I С.-Петерб. Междунар. науч.-техн. конф., 19–22 мая 2008 г. – СПб.: ВиТ-Принт, 2008. – С. 5–21.
3. Вихман В.Б., А.Н. Козлов, Маслов М.А. Преимущества и недостатки электронного луча при сварке по сравнению с лазером и электрической дугой // Доклады III С.-Петербург. Междунар. науч.-техн. конф., 24–26 июня 2014 г. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 4–19.
4. Сварка в машиностроении: справочное пособие в 4-х т. Т.1 / Г. А. Николаев [и др.]; под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – 504 с.
5. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. Справ. изд. / под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 258 с.
6. Сидоров В.П. Теория и технология сварочных процессов: сб. задач / В.П. Сидоров. – Тольятти: ТГУ, 2009. – 228 с.

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

2.3.5.

С.Н. Ефимов канд. техн. наук, Д.Л. Никифоров, И.А. Проворных, К.А. Моисеева

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, Институт информатики и телекоммуникаций,
Красноярск, efimov@bk.ru, nikiforov-danil1997@yandex.ru,
N14.Hunter.911@yandex.ru, kristina2001irba@mail.ru

**ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ
АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА С РАЗНОРОДНЫМИ
ПРОЦЕССОРАМИ**

В рамках настоящего исследования разработана программная система расчета параметров надежности аппаратно-программного комплекса. Целью создания программной системы является оценка надежности аппаратно-программного комплекса. Применение предложенной системы позволяет за короткое время оценивать надёжность для различных вариантов предполагаемых архитектур на этапе проектирования.

Ключевые слова: *модель надёжности, программная и аппаратная избыточность, производительность.*

Надежность является одной из основных характеристик аппаратно-программных комплексов реального времени. Для таких систем критически важна вероятность успешно выработать корректное управляющее воздействие за определённое требуемое время. В системах с аппаратной и программной избыточностью производительность при отказах не падает до нуля, но для системы реального времени снижение производительности может стать критическим и привести к невозможности выработки корректного управляющего воздействия. Рассмотренная в статье программная система позволяет моделировать надёжность с учётом аппаратной части архитектуры [1].

Надежность аппаратной части системы

Для повышения надёжности аппаратной части комплекса необходимо использовать избыточность и резервирование [2].

Многопроцессорный вычислительного комплекс состоит из N типов процессоров, количество процессоров i -го типа равно m_i , количество шин равно m_{N+1} . Каждый процессор и шина комплекса выходят из строя в некоторый случайный момент времени, после чего начинается их восстановление. Полагаем, что потоки отказов и восстановлений являются простейшими. Тогда система может находиться в ограниченном количестве состояний и в установившемся режиме вероятность $P_{j_1, \dots, j_N, j_{N+1}}$ нахождения системы в состоянии, в котором j_{N+1} шин интерфейса исправны, а $(m_{N+1} - j_{N+1})$ неисправны и восстанавливаются, и j_i процессоров i -го типа исправны, а $(m_i - j_i)$ неисправны, вычисляется по следующей формуле:

$$P_{j_1, \dots, j_N, j_{N+1}} = \frac{\prod_{i=1}^{N+1} \rho_i^{(m_i - j_i)}}{\sum \prod_{i=1}^{N+1} \rho_i^{(m_i - j_i)}}$$

где ρ_i — отношение интенсивности отказов процессоров i -го типа к интенсивности восстановления процессоров i -го типа [3].

Надежность программного обеспечения

Надёжность программного обеспечения существенно отличается от надёжности аппаратуры. В случаях, когда надёжность ПО критична и сбой в программе не должен приводить к неработоспособности всей системы в целом, только подход мультиверсионного отказоустойчивого программирования является возможной альтернативой прочим методам.

Этот подход подразумевает создание независимыми друг от друга разработчиками нескольких версий модуля программы с отличающейся реализациями. В архитектуре программного обеспечения должен быть предусмотрен механизм формирования общего результата работы данного модуля на основе результатов работы каждой отдельной версии [4].

При построении мультиверсионного компонента из K версий методом мультиверсионного программирования надёжность равна:

$$R_{ij} = \rho_{ij}^v * \left(\prod_{k \in Z_{ij}} (1 - \rho_{ij}^k) \right)$$

где ρ_{ij}^v – вероятность сбоя алгоритма голосования для компонента i на уровне j , Z_{ij} – множество версий этого компонента, а ρ_{ij}^k – вероятность безотказной работы версии k .

Модель надёжности аппаратно-программного комплекса

Объединим рассмотренные модели надёжности аппаратного и программного обеспечения в одну общую модель.

Процесс функционирования многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) можно представить, как переходы от одного возможного состояния системы к другому. Состояние рассматриваемой системы массового обслуживания: $a_{j_1, j_2, \dots, j_{N+1}}^{r_1, r_2, \dots, r_k}$ – это состояние, в котором $(m_N - j_N)$ процессоров N -го типа исправны и участвуют в вычислительном процессе, а j_N неисправны и восстанавливаются. Индекс безошибочности K -ой версии равен r_K . Индексы j_i изменяются от нуля до m_i .

Аналитическое решение для данной системы [5]:

$$a_{j_1, j_2, \dots, j_{N+1}}^{r_1, r_2, \dots, r_k} = \frac{\prod_{i=1}^{N+1} \rho_i^{j_i}}{\sum_{b=1}^{N+1} \sum_{j_b=\overline{0, m_b}} \prod_{i=1}^{N+1} \rho_i^{j_i} [1 + \sum_{k=1}^K (1 - p_k)]}$$

Это выражение для вероятностей состояний системы в стационарном режиме позволяет определить любые характеристики надёжности исследуемого аппаратно-программного комплекса [6].

Программная реализация

Для автоматизации выбора архитектуры аппаратно-программного комплекса с разнородными процессорами при проектировании, разработана программная система расчета параметров надёжности на языке Python.

Программная система позволяет проводить расчет надёжности при заданных параметрах системы, таких как: количество типов процессоров, количество процессоров каждого типа, время выполнения операций, время цикла оперативной памяти, коэффициент связности, требуемая производительность, количество версий ПО. Эти параметры используются в качестве входных данных. На рисунке 1 представлен пример расчета надёжности системы с процессорами трех типов.

Уменьшить количество типов процессора	Увеличить количество типов процессора	Пуск		
Тип процессора		1	2	3
Конфигурация, m		3	2	1
Время выполнения операций, TO		0.27	0.07	0.043
Время цикла оперативной памяти, t		1.2	1.2	1.2
Коэффициент связности, ζ		0.35		
Требуемая производительность		1.5		
Надёжность версий ПО	- +	0.97		
Окно вывода:				
Надёжность системы: 0.8507349106105873				
Производительность системы: 1.8039308330039694				

Рис. 1 - Основная форма программной системы

В результате выполнения программы указывается надёжность системы и максимально возможная производительность системы. Построим такие зависимости для вышеприведенных данных. На рисунке 2 представлены три зависимости надёжности от

количества процессоров каждого типа i с надежностью ПО равной 0.97 для каждой версии. Четвертый параметр отражает зависимость надежности системы от количества процессоров третьего типа, но при надежности программного обеспечения равной 0.87.

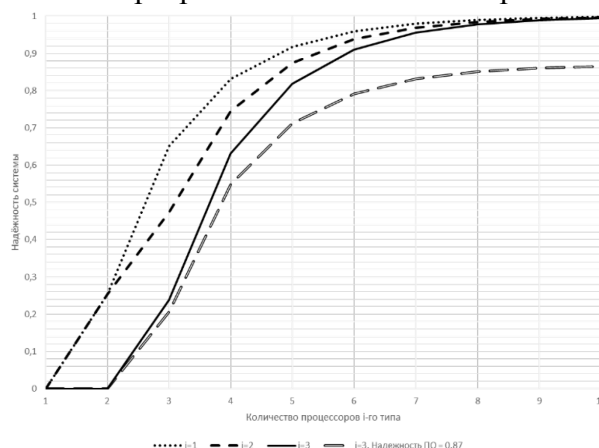


Рис. 2 - Зависимости надежности системы от различных параметров

Как и следовало ожидать увеличение количества процессоров с большей тактовой частотой приводит к более быстрому увеличению надежности до определенного предела.

Заклучение

Программная система оценки надёжности аппаратной части многопроцессорного вычислительного комплекса системы управления реального времени с учётом надёжности программного обеспечения реализует аналитическую модель оценки надежности аппаратно-программного комплекса. Данная система позволяет за короткое время оценивать надёжность для различных вариантов предполагаемых архитектур на этапе проектирования.

Список литературы

1. Coit D.W. The evolution of system reliability optimization / D.W. Coit, E. Zio // Reliability Engineering & System Safety. – 2019. Vol. 192. – P. 106259.
2. Ali S.R. Hardware Reliability Modeling In: Next Generation and Advanced Network Reliability Analysis // Signals and Communication Technology. – 2019. P. 27-59.
3. Ahmad W. Reliability modeling and analysis of communication networks / W. Ahmad, O. Hasan, U. Pervez, J. Qadir // Journal of Network and Computer Applications. – 2017. Vol. 78. P. 191-215.
4. Efimov S.N. Ensuring the reliability of the operation of a multiprocessor computer system in the design process. / S.N. Efimov, V.A. Terskov, K.V. Yarkov, A.V. Aab // AIP Conference Proceedings: III International Conference on Advanced Technologies in Materials Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-III 2021, Krasnoyarsk. – 2021. Vol. 2402. P. 050016.
5. Ефимов С.Н., Терсков В.А., Галушин П.В., Ярков К.В. Модель надежности многопроцессорных аппаратно-программных комплексов систем управления реального времени с мультиверсионным программным обеспечением / С.Н. Ефимов, В.А. Терсков, П.В. Галушин, К.В. Ярков // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2021, № 4 (137), с. 41–58.
6. Ефимов С.Н. Оптимизация затрат при проектировании аппаратно-программного комплекса системы реального времени / С.Н. Ефимов, В.А. Терсков, К.В. Ярков, О.Ю. Серикова // Научно-технический Вестник Поволжья. – 2021. – №4. – С. 35-37

2.3.5.

А.А. Лобанов, И.В. Черепанов

МИРЭА – Российский технологический университет,
Институт информационных технологий,
кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения,
Москва, aa.lobanoff@ya.ru

СИСТЕМА МОДЕРАЦИИ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ В МЕССЕНДЖЕРАХ

Спам или сообщения нежелательного сообщения в мессенджерах, в настоящее время является серьезной проблемой. Существующие решения проблемы, как правило, являются ресурсоемкими или недостаточно эффективными. В настоящем исследовании предложен возможный подход к созданию эффективных, не требовательных к ресурсам, систем модерации сообщений. Описывается вариант архитектуры системы модерации текстовых сообщений в мессенджерах. Решены задачи по выбору принципа разработки, описанию взаимодействия компонентов и выбору инструментов для реализации. Полученное решение удовлетворяет принципам чистой архитектуры.

Ключевые слова: *архитектура, чистая архитектура, проектирование, микросервисы, мессенджер, спам, модерация.*

Мессенджеры и социальные сети стремительно набирают популярность, почти 5 миллиардов человек являются их активными пользователями [1].

Однако важная информация зачастую теряется среди намеренного или же опосредованного спама. Спам мешает пользователям и должен модерироваться.

Качественная модерация может осуществляться вручную, но это требует затрат человеческих ресурсов. Встроенные инструменты, например, блокировка по ключевым словам, реагирует только на прямое упоминание. Изменение написания или корректное сообщение на отвлеченную тематику пройдет такую модерацию. Также есть готовые решения для блокировок [2], но в них нет проверки тематики сообщений, а в бесплатной версии ограниченный функционал.

Для решения данной проблемы требуется система, которая при минимальной настройке тематики канала/чата/группы обрабатывала бы сообщения с помощью заданных алгоритмов и определяла, является ли сообщение допустимым в данном чате/канале. В основе любого хорошего решения лежит архитектура. Цель настоящего исследования – разработать архитектуру системы модерации сообщений в мессенджерах.

Для создания гибкого решения, авторы исследовали современные методы проектирования и реализации архитектуры информационных систем, в частности, принципы SOLID [3], архитектурные паттерны: гексагональная [4], луковая [5], DDD и чистая архитектура [6]. На основе проведенного анализа было принято решение использовать уже зарекомендовавшие себя принципы SOLID и элементы чистой архитектуры. При непосредственной реализации также необходимо учитывать аппаратное обеспечение, инфраструктуру, иные внешние ограничения [7].

На основе анализа было принято решение создать систему из двух частей: сервиса взаимодействия с мессенджером и сервиса модерации сообщений. В общем виде осуществляется опрос чата, канала на предмет сообщений или комментариев, после чего данные передаются на модерацию, на основе ответа принимается решение о блокировке сообщения.

Данные могут приходить от мессенджера в разных форматах в зависимости от реализации системы опроса и источника. Основным форматом приняты JSON-объекты, в которых должен быть идентификатор источника (id) и текст сообщения. В случае обнаружения

недопустимых данных отправляется команда для удаления объекта и/или блокировке отправителя.

Ранее выделенные две части системы, имеют разные направленности. Систему также целесообразно разделить на два микросервиса. Такое решение обеспечит гибкое горизонтальное масштабирование. При увеличении нагрузки средствами, например, NGINX возможно создание еще нескольких экземпляров сервисов, балансировка же возможна как средствами NGINX, так и дальнейшим внедрением новых методов и технологий.

С учетом ожидаемой невысокой нагрузки для взаимосвязи между микросервисами была выбрана программная архитектура REST. Опыт показывает, что большинство чатов или каналов имеют от нескольких десятков до нескольких тысяч пользователей, которые способны генерировать относительно небольшой объем модулируемого контента. Заметим, что при повышении нагрузки возможен переход к асинхронному фреймворку, о чем будет сказано далее.

Предполагается, что проектируемая система будет востребована в каналах с числом пользователей не более 5000, которые генерируют не более 200 сообщений в минуту, общим объемом до 40000 символов. Дополнительно к нефункциональным требованиям надо отнести требования по хранению данных. Это, прежде всего, данные модулируемых мессенджеров: id чатов и каналов. В отдельное хранилище можно добавить стоп-слова, чтобы не использовать более сложные средства проверки контента. Также хранить необходимо историю запросов и решения, принятые по ним, для составления отчетов и просмотра статистики. Эти данные являются различными по своей структуре и скорости накопления. Например, может модулироваться большое количество объектов, но с большой аудиторией и в результате работать с БД сервиса модерации придется больше: масштабировать, добавлять индексы. Чтобы избежать данной проблемы можно применить паттерн «одна БД на один сервис» [8]. Также это позволяет следовать принципу единственной ответственности.

В результате предлагаемая архитектура верхнего уровня выглядит следующим образом (рис 1.).

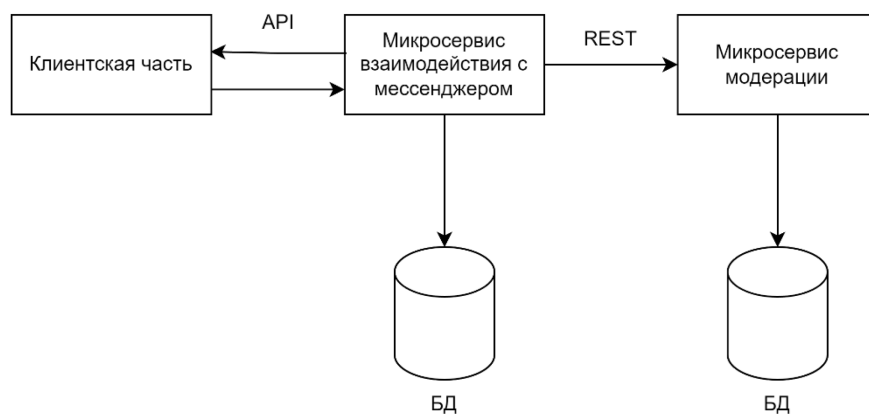


Рис. 1 - Архитектура верхнего уровня

При проектировании авторы придерживались правил независимости. При использовании принципа DI, обеспечивается переносимость. Разрабатываемое решение можно использовать в различных мессенджерах. Перенос не отразится на главной логике, т.к. используются абстракции, а не детали реализации. Не требуется вносить изменения в ядро системы. Так реализуется независимость от пользовательского интерфейса.

Аналогичная ситуация с применением зависимости от абстракций для взаимодействия по REST и с БД. Для БД можно провести смену типа хранения с SQL на NoSQL или даже key-value БД, внедрив только один файл не меняя остальные. Например, возможна смена Redis на Dragonfly. А переход с синхронного на асинхронный фреймворк не повлияет на приложение. Например, смена Flask на FastAPI. Это позволяет применить независимость от БД и фреймворка.

Следует заметить, что модерирование проводится несколькими способами: например, использование регулярных выражений или определение тематики текста с помощью обученных моделей. Т.е. способ определения – деталь, которую можно менять в зависимости от необходимости. Поэтому важно использовать DI, чтобы не привязываться к конкретной реализации.

Кроме того, применение используемого архитектурного подхода позволит добавить возможности применения: модерировать социальные сети или форумы при малом внесении изменений.

Таким образом, предлагаемая авторами архитектура для решения выглядит следующим образом: выделены порты, адаптеры, бизнес-логика и инфраструктура (рис 2.).

Центральный слой состоит из двух сущностей: сообщений и источников сообщений (чаты, каналы). Следующий слой – слой сценариев, является логикой приложения. Сервисы не работают напрямую ни с сущностями, ни с БД. Для этого используются интерфейсы/порты. Так проявляется правило зависимостей: внутренние слои не знают про внешние. Класс сервиса источника отвечает за взаимодействие с источников: переопрос, отправка результатов работы. Класс сообщения отвечает за проверку сообщения на корректность.

Далее слой интерфейс-адаптеров, который отвечает за взаимосвязь между приложением и инфраструктурой: БД, API и т.д. Так же на этом этапе преобразовываются данные из внешнего формата в формат, пригодный для использования в приложении. Например, запись из БД строковая должна соотноситься с объектом приложения.

Последний слой – фреймворки и драйвера. Здесь не происходит написание логики приложения, а вызывается необходимая бизнес-логика из внутренних слоев (см. рис.2).

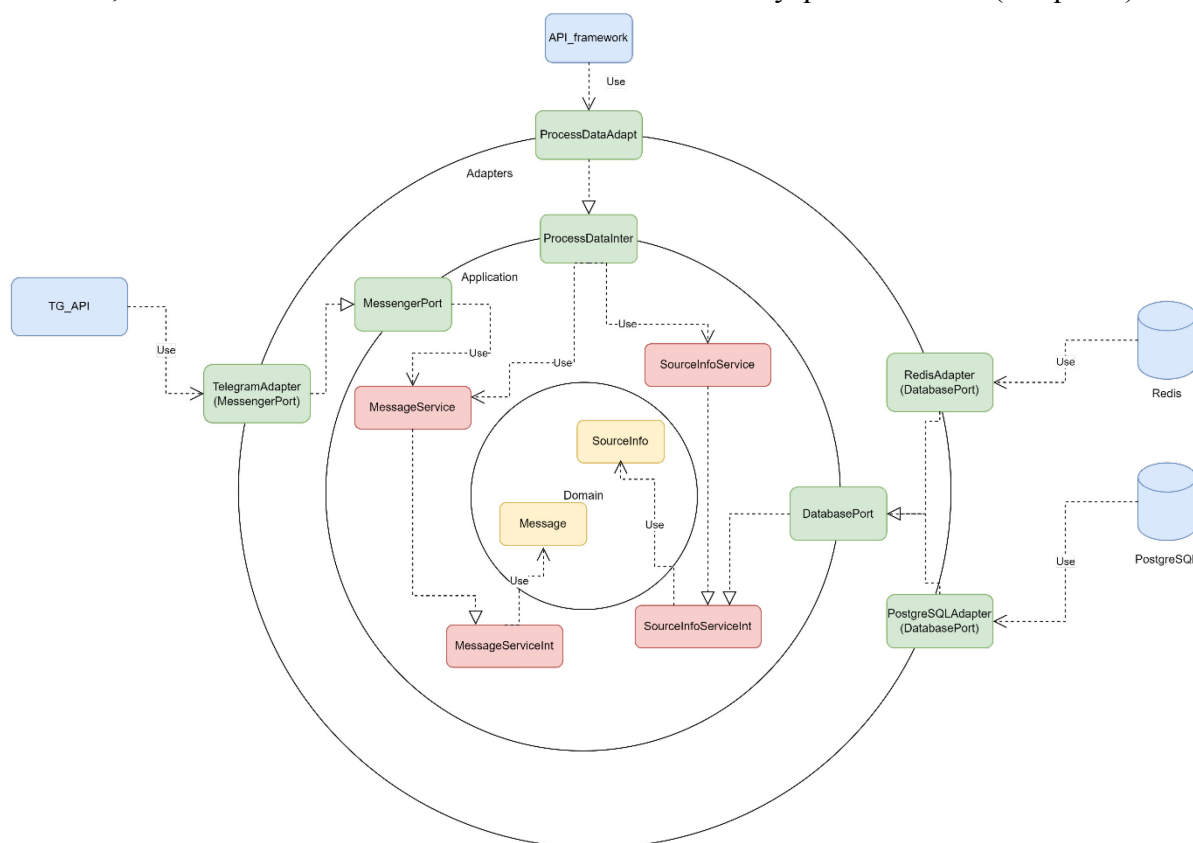


Рис.2 - Детальная архитектура микросервиса

Разработанная архитектура представляет основу для реализации гибкой системы модерации сообщений. Использованные принципы позволят увеличить простоту сопровождения и масштабирования предложенной системы в будущем.

Список литературы

1. Как меняется аудитория социальных сетей и мессенджеров. – URL: <https://blog.skillfactory.ru/auditoriya-soczialnyh-setej-i-messendzherov-v-2022-godu/> (дата обращения: 13.12.2023). – Текст: электронный.
2. Количество спама увеличилось на 355% – URL: <https://internet.bjrn.ru/kolichestvo-spama-uvlechilos-na-355/> (дата обращения: 13.12.2023). – Текст: электронный.
3. The Principles of OOD. – URL: <http://butunclebob.com/ArticleS.UncleBob.PrinciplesOfOod> (дата обращения: 13.12.2023). – Текст: электронный.
4. Growing object-oriented software, guided by tests / Steve Freeman and Nat Pryce – Pearson Education, 2010. – 385 с.
5. OnionArchitecture– URL:<https://herbertograca.com/2017/09/21/onion-architecture/> (дата обращения: 13.12.2023). – Текст: электронный.
6. *Мартин Р.* Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. — СПб. : Питер, 2021. — 352 с.
7. *Шиловский С.В.* Анализ использования системы очередей сообщений на примере rabbitmq / С. В. Шиловский, М. И. Давидовская // Научные исследования XXI века. – 2023. – № 3(23). – С. 53-58. – EDN CSECQB.
8. Database Design in a Microservices Architecture– URL: <https://www.baeldung.com/cs/microservices-db-design>. (дата обращения: 14.12.2023). – Текст: электронный.

2.3.5.

Е.Н. Наточая канд. педагог. наук, В.В. Наточий канд. полит. наук, С.А. Литвинова

Оренбургский государственный университет,
институт математики и информационных технологий,
Оренбург, en_ischa@mail.ru, nwv1967@mail.ru, s.litvinova@bgti.ru

**НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ
ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА**

В статье представлена математическая модель оценки индивидуальных достижений обучающихся университета на основе теории нечетких множеств. Описаны этапы формализации оценки достижений обучающихся с помощью лингвистических переменных: фазификация, нечеткий вывод, композиция и дефазификация. Приведены результаты тестирования программной реализации разработанной нечеткой модели.

Ключевые слова: нечеткие множества, нечеткая модель, нечеткий вывод, база правил, индивидуальные достижения обучающихся.

Проблема сложности оценивания процессов обучения и управления в университете объясняется отсутствием единого четкого перечня количественно измеримых факторов и достоверно оцениваемых показателей качества образования. В частности, оценка индивидуальных достижений обучающихся является сложно формализуемой задачей.

Эффективным способом решения слабо формализуемых задач является применение возможностей искусственного интеллекта и, в частности, математической теории нечетких множеств, позволяющей принимать решения в условиях неопределённости и неточности реального мира.

Для оценки индивидуальных достижений обучающихся мы предлагаем ввести нечеткие лингвистические переменные, которые описываются следующим набором:

$$(\bar{T}, V, X, G, M), \quad (1)$$

где $\bar{T}$ - наименование лингвистической переменной;

V - множество значений лингвистической переменной;

X - область определения каждой из нечетких переменных x ;

T - базовое терм-множество лингвистической переменной;

G - синтаксическая процедура для оперирования элементами T , позволяющая генерировать новые термы (значения);

M - семантическая процедура, преобразующая каждое новое значение лингвистической переменной в нечеткую переменную [1].

Тогда формализованная оценка индивидуальных достижений обучающихся с помощью лингвистических переменных будет иметь вид:

$\bar{T}$ – Рейтинг обучающегося;

$V = \{\text{«Низкий»}, \text{«Средний»}, \text{«Высокий»}\}$;

$X = [0; 100]$;

G – процедура образования новых термов при помощи логических связей и модификаторов;

M – процедура задания на универсуме $X=[0; 100]$ значений лингвистической переменной.

Для задания нечетких правил вывода вводим три входные лингвистические переменные: учебная деятельность – «УД», общественная деятельность – «ОД», научно-исследовательская деятельность – «НИД», и одну выходную переменную – «Рейтинг». По уровню рейтинга обучающегося определяем базовые терм-множества и выделяем три уровня оценки: 0-30 баллов - низкий уровень, 30-60 баллов - средний; 60-100 баллов – высокий [2].

Основой для проведения операции нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «если - то» и функция принадлежности для соответствующих лингвистических термов. На основании заданных переменных и

установленных нечетких правил модель способна предлагать решения [3].

Интегрированный показатель рейтинга определяется правилами вывода, составленными на основе мнений экспертов, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Набор правил нечеткого логического вывода

Учебная деятельность (0-30]		Общественная деятельность		
		(0-30]	(30-60]	(60-100]
Научно-исследовательская деятельность	(0-30]	низкий	низкий	низкий
	(30-60]	низкий	средний	средний
	(60-100]	низкий	средний	средний
Учебная деятельность (30-60]		Общественная деятельность		
		(0-30]	(30-60]	(60-100]
Научно-исследовательская деятельность	(0-30]	низкий	средний	средний
	(30-60]	средний	средний	средний
	(60-100]	средний	средний	высокий
Учебная деятельность (60-100]		Общественная деятельность		
		(0-30]	(30-60]	(60-100]
Научно-исследовательская деятельность	(0-30]	низкий	средний	средний
	(30-60]	средний	средний	высокий
	(60-100]	средний	высокий	высокий

Существующие алгоритмы нечеткого вывода различаются видами используемых правил логических операций и методами диверсификации (модели Мамдани, Сугено, Ларсена, Цукамото) [4].

При построении нечеткой модели оценки индивидуальных достижений обучающихся университета мы применили алгоритм Мамдани, включающий следующие 6 этапов.

1 Формирование базы правил системы нечеткого вывода на основе мнений экспертов.

2 Фаззификация входных переменных.

Находим значения функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных с помощью кусочно-линейной функции принадлежности:

$$f_T(x; a; b; c; d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}, \quad (2)$$

где a, b, c, d – параметры трапеции, определяемые с помощью экспертных оценок.

3 Агрегирование подусловий правил нечеткой продукции с помощью нечеткой логической операции «И».

Для перехода от нечеткого множества на универсальном множестве нечетких термов к нечеткому множеству на заданном интервале объединяем полученные нечеткие множества по формуле:

$$\tilde{y} = agg_{j=\overline{1,m}} \left(\int_{Min}^{Max} \min \left(\mu_{a_j}(x^*), \mu_{a_j}(y) \right) \right), \quad (3)$$

где agg – агрегирование нечетких множеств операцией нахождения максимума;

y – нечеткое множество, соответствующее входному вектору x^* ;

μ_{a_j} – функция принадлежности.

4 Активизация подзаключений в нечетких правилах продукций на основе модификации метода нечеткой композиции Min-активизации:

$$\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}, \quad (4)$$

где $\mu(y)$ – функция принадлежности терма, который является значением выходной переменной;

c_i - степени истинности подзаключений для каждого из правил, входящих в базу правил системы нечеткого вывода.

5 Аккумуляция заключений нечетких правил. Объединяем все степени истинности заключений для получения функции принадлежности выходной переменной по формуле:

$$\mu_v(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}. \quad (5)$$

6 Дефаззификация выходных переменных методом центра тяжести. Конкретное числовое значение (не нечеткое) выходной лингвистической переменной вычисляем по формуле:

$$y = \frac{\int_{\min}^{\max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{\min}^{\max} \mu(x) dx}. \quad (6)$$

Тестирование построенной нечеткой модели проведено с помощью прикладного инструмента Fuzzy Logic Toolbox [5] и собственной программной системы, написанной на языке PHP. В среднем расхождение между получаемыми результатами в данных инструментах составило $\sigma = 0,3$, что можно принять за погрешность вычислений.

На рисунке 1 показан контрольный пример с тестовым набором значений лингвистических переменных: учебная деятельность – 80 баллов; общественная деятельность – 78 баллов; научно-исследовательская деятельность – 84 балла. Результатом расчета в программной системе стало значение рейтинга - 79,39 балла, что соответствует высокому уровню индивидуальных достижений обучающихся.

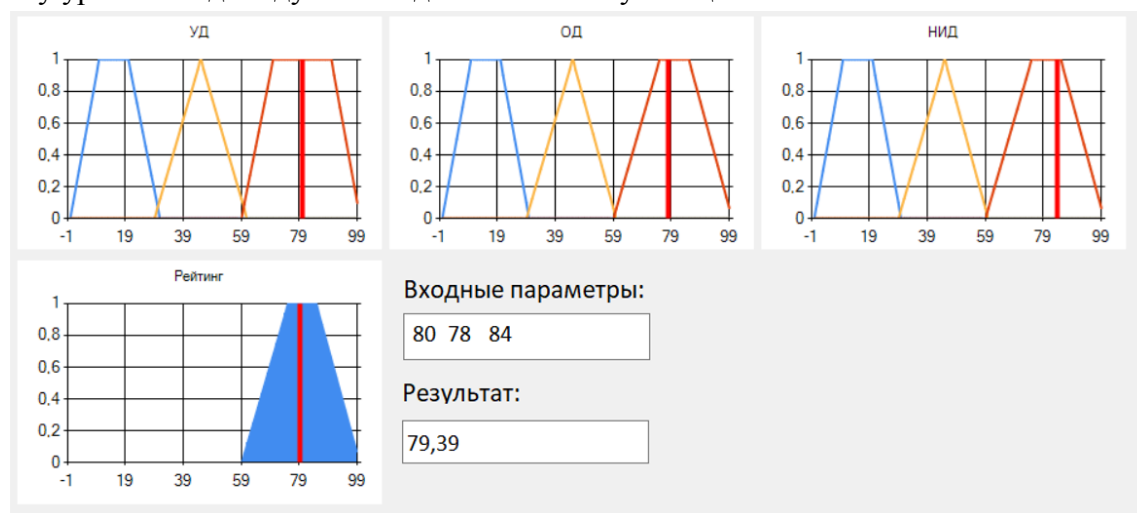


Рис. 1 – Результат расчета по нечеткой модели в программной системе

Таким образом, предложенная нечеткая модель является новым подходом к оценке индивидуальных достижений обучающихся университета, а ее программная реализация позволит повысить объективность и оперативность учета результативности различных видов деятельности обучающихся в образовательном процессе.

Список литературы

1. Литвинова С.А., Наточая Е.Н. Применение теории нечетких множеств для оценки индивидуальных достижений обучающихся университета // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции. Оренбург, 2023. С. 1338-1343.
2. Алтурин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография. – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2000. – 352 с.
3. Пахомова Е.А., Иванчина В.В. Использование методов теории нечетких множеств для анализа финансовой устойчивости вуза (на примере университета «Дубна») // Экономический анализ: теория и практика. 2009. № 4. С. 18-22.
4. Паклин Н. Нечеткая логика – математические основы // Аналитическая low-code платформа. – Режим доступа: <https://loginom.ru/blog/fuzzy-logic?ysclid=lny6t0jnid704108830>. – 15.11.2023.
5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

Х.М. Гукетлов, А.М. Шинахов, И.А. Жирикова,
А.А. Дугулубгов, И.У. Жилетежев
К ВОПРОСУ О РЕЖИМЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ
ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
ОБЛАЧНОСТИ В Г. НАЛЬЧИКЕ

Ключевые слова: вертикальная освещенность, функциональная зависимость, аппроксимирующий полином, естественное освещение, коэффициент вертикальной освещенности.

В статье приводится метод оценки режима вертикальной освещенности, который основывается на фотометрических измерениях при реальных условиях облачности в г. Нальчике. Получены функциональная зависимость изменения вертикальной освещенности от времени суток для поверхностей, различно ориентированных по сторонам горизонта в различные времена года и коэффициенты вертикальной освещенности.

Н.И. Зонов, Д.В. Моисеев
ПРИБЛИЖЕНИЕ ПОЛИНОМАМИ ФУНКЦИЙ ВЕКТОРНОГО
АРГУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЗИСНЫХ
ПРОИЗВЕДЕНИЙ

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, узловые значения функции, полиномиальная аппроксимация, базисные произведения.

Приведено решение задачи аппроксимации функций n -мерного аргумента полиномами заданной степени на заданном множестве узлов методом наименьших квадратов. Для записи аппроксимирующих полиномов используется векторная символика. Благодаря этому решение задачи имеет предельно простой вид. Статья может быть полезна специалистам, решающим как прикладные, так и теоретические задачи.

А.Е. Лебедев, А.А. Ватагин,
И.С. Гуданов, Д.С. Долгин, Ф.С. Орлов
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО
СЕЧЕНИЯ КАНАЛОВ МИКРОКАНАЛЬНОГО
КОНДЕНСАТОРА НА СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ
ХЛАДАГЕНТА

Ключевые слова: микроканальный конденсатор, фреон, холодильный цикл, алюминий, поперечное сечение.

В статье приводится исследование влияния различных форм поперечного сечения канала микроканального конденсатора, при течении и фазовом переходе хладагента на примере R134a, на эффективность охлаждения. При помощи компьютерного моделирования выявлена рациональная форма сечения. Приведенное исследование способствует оптимальную проектированию габаритных размеров микроканальных конденсаторов.

Ю.Г. Полкунов, М.Ю. Лобода
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ
ОБЪЕМНЫХ ТРЕЩИН, ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПЛОСКОСТЯМ
OYZ И OXZ

Ключевые слова: объемная трещина.

В статье излагается новый численный, разработанный авторами, метод расчета объемных трещин, имеющих сложную форму при разрушении в конечных телах.

Р.Н. Тазмеева, Б.Х. Тазмеев
К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСХОДОМ ГАЗА

Ключевые слова: плазматрон, модель дуги, ламинарная дуга, электродуговой нагрев газа.

Проанализированы газодинамические условия в цилиндрическом

H.M. Guketlov, A.M. Shinakhov, I.A. Zhirikova,
A.A. Dugulubgov, I.U. Zhiletezhov
ON THE QUESTION OF VERTICAL ILLUMINATION
REGIME UNDER REAL CLOUDY CONDITIONS
IN NALCHIK

Keywords: vertical illumination, functional dependence, approximating polynomial, natural lighting, vertical illumination coefficient.

The article presents a method for assessing the vertical illumination regime, which is based on photometric measurements under real cloudy conditions in Nalchik. The functional dependence of the change in vertical illumination on the time of day for surfaces differently oriented along the sides of the horizon at different times of the year and the coefficients of vertical illumination were obtained.

N.I. Zonov, D.V. Moiseev
POLYNOMIAL APPROXIMATION OF VECTOR
ARGUMENT FUNCTIONS USING BASIS PRODUCTS

Keywords: least square method, nodal function values, polynomial approximation, basis products.

This paper presents the solution to the problem of approximating functions of an n -dimensional argument by polynomials of a given degree on a given set of nodes using the least squares method. Vector form is used to compactly write approximating polynomials. Thanks to this, the solution to the problem is obtained in an extremely simple form. The article may be useful to researchers solving both applied and theoretical problems.

A.E. Lebedev, A.A. Vatagin,
I.S. Gudanov, D.S. Dolgin, F.S. Orlov
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE CROSS-
SECTIONAL SHAPE OF THE CHANNELS OF A
MICROCHANNEL CONDENSER ON THE SPEED OF
MOVEMENT OF THE REFRIGERANT

Keywords: microchannel condenser, freon, refrigeration cycle, aluminum, cross section.

The article presents a study of the influence of various cross-sectional shapes of the channel of a microchannel condenser, during the flow and phase transition of the refrigerant on the example of R134a, on the cooling efficiency. With the help of computer modeling, the rational shape of the section was revealed. The above study contributes to the optimal design of the overall dimensions of microchannel capacitors.

Yu.G. Polkunov, M.Yu. Loboda
MATHEMATICAL MODELING OF DEVELOPMENT OF
VOLUME CRACKS ORTHOGONAL TO OYZ AND OXZ
PLANES

Keywords: volumetric crack.

The article describes a new numerical method developed by the authors for calculating volumetric cracks having a complex shape during fracture in finite bodies.

R.N. Tazmееva, B.K. Tazmееv
TO MODELING THE ARC IN A PLASMATRON WITH
DISTRIBUTED GAS FLOW

Keywords: plasmatron, arc model, laminar arc, electric arc gas heating.

Gas-dynamic conditions in the cylindrical channel of a

канале плазматрона с распределенным расходом газа. Обоснована возможность моделирования дуги в плазматроне разделением его цилиндрического канала на проводящую и непроводящую области. Предложен метод состыковки этих двух областей с учетом неразрывности потока газа.

Р.Н. Тазмеева, Б.Х. Тазмеев

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДУГИ В ПЛАЗМОТРОНЕ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ РАСХОДОМ ГАЗА**

Ключевые слова: плазматрон, модель дуги, ламинарная дуга, электродуговой нагрев газа.

Разработана математическая модель электрической дуги в цилиндрическом канале плазматрона с распределенным расходом газа. Получены формулы для расчета тепловых и электрических характеристик плазматрона.

plasmatron with a distributed gas flow rate are analysed. The possibility of modeling an arc in a plasmatron by dividing its cylindrical channel into conducting and non-conducting regions is substantiated. A method for connecting these two regions is proposed, taking into account the continuity of the gas flow.

R.N. Tazmееva, B.K. Tazmееv

**MATHEMATICAL MODEL OF ARC IN
A PLASMATRON WITH DISTRIBUTED GAS FLOW**

Keywords: plasmatron, arc model, laminar arc, electric arc gas heating.

A mathematical model of an electric arc burning in a cylindrical channel of a plasmatron under the conditions of a distributed supply of heated gas has been developed. Formulas for calculating the thermal and electrical characteristics of the plasmatron were obtained.

С.В. Харлашина, В.Р. Тимофеев

**АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ НАГРУЗОЧНОГО
УСТРОЙСТВА РЕКУПЕРАЦИОННОГО ТИПА**

Ключевые слова: нагрузочное устройство, рекуперация, точность, система электропитания, методическая ошибка.

В работе представлен анализ статической точности нагрузочного устройства рекуперационного типа, в ходе которого были получены следующие результаты: определена зависимость методической ошибки и статического коэффициента, также установлена зависимость методической ошибки от значений напряжения холостого хода.

S.V. Kharlashina, V.R. Timofeev

**ANALYSIS OF STATIC ACCURACY OF A RECOVERY
TYPE LOAD DEVICE**

Keywords: load device, recuperation, accuracy, power supply system, methodological error.

The paper presents an analysis of the static accuracy of a recuperative type load device, during which the following results were obtained: the dependence of the methodological error and the static coefficient was determined, and the dependence of the methodological error on the values of the open circuit voltage was also established.

В.В. Андреев, А.М. Самойлов, Н.П. Тарасова,

Е.Г. Дегтерев, М.М. Мамбве

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЗМЕЕВИКА МАЛОГО РАДИУСА ГИБА**

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, гидравлические испытания, змеевик малого радиуса гiba, теплообменники.

В статье приведены результаты экспериментальной работы по определению гидравлического сопротивления однотрубной модели теплообменного элемента в виде змеевика малого радиуса гiba. В качестве объекта исследования рассмотрены несколько вариантов теплообменного элемента с различным шагом навивки, межтрубное пространство моделировалось вытеснителем.

V.V. Andreev, A.M. Samoilov, N.P. Tarasova,

E.G. Degterev, M.M. Mambwe

**INVESTIGATION OF THE HYDRAULIC
CHARACTERISTICS OF A SMALL BEND RADIUS COIL**

Keywords: hydraulic resistance, hydraulic testing, small bend radius coil, heat exchanger

The article presents the results of experimental work to determine the hydraulic resistance of a single-tube model of a heat exchange element in the form of a small bend radius coil. As an object of research, several variants of a heat exchange element with different winding steps were considered, the inter-tube space was modeled by a displacer.

Е.П. Барыльникова, И.П. Талипова

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СМАЗОЧНОГО ПРОЦЕССА
ШАТУННЫХ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА
АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Ключевые слова: подшипники скольжения, система смазки, поток масла, давление масла, коленчатый вал.

В статье рассмотрен смазочный процесс по параметру давления масла в подшипниках коленчатого вала. Приведена эквивалентная схема гидравлических потоков масла в каналах коленчатого вала. Показано, как режимы смазки шатунных подшипников определяются давлением масла в кольцевом канале коренного подшипника, от которого они питаются и потерями, связанные с переходом из кольцевого неподвижного канала вкладыша во вращающиеся каналы коленчатого вала.

E.P. Barylnikova, I.P. Talipova

**THEORETICAL ANALYSIS OF THE LUBRICATION
PROCESS OF CONNECTING ROD BEARINGS OF THE
CRANKSHAFT OF AN AUTOMOBILE ENGINE**

Keywords: sliding bearings, lubrication system, oil flow, oil pressure, crankshaft

The article discusses the lubrication process according to the oil pressure parameter in the crankshaft bearings. An equivalent diagram of hydraulic oil flows in the crankshaft channels is given. It is shown how the lubrication modes of connecting rod bearings are determined by the oil pressure in the annular channel of the main bearing from which they are powered and the losses associated with the transition from the annular fixed channel of the liner to the rotating channels of the crankshaft.

О.Е. Виноградов, А.В. Семашко

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ
СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ
КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»**

Ключевые слова: Безопасный город, нейронные сети, автокодировщик.

При решении задач управления сложной информационной

O.E. Vinogradov, A.V. Semashko

**APPLICATION OF NEURAL NETWORKS TO DETECT
NETWORK ANOMALIES IN THE SAFE CITY
HARDWARE AND SOFTWARE
COMPLEX**

Keywords: Safe City, information system, detection of network anomalies, neural networks, auto-encoder.

системой, такой как аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (далее АПК Безопасный город) востребованы такие технологии мониторинга, которые оказывали бы поддержку системным и сетевым администраторам в разрешении проблем сокращения среднего времени реакции на неисправность. В статье рассмотрены методы, применяемые для выявления сетевых аномалий. Практически реализован метод, основанный на использовании нейронных сетей для обнаружения аномального поведения сетевого трафика.

Р.М. Галиев, Е.В. Леонов, О.Е. Воробьев, Х.Х. Хошимов
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ОТКЛОНЕНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИЛЬЗЫ ЦИЛИНДРА
В СООТВЕТСТВИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМ КЛАССОМ
Ключевые слова: гильза цилиндра, портативная система
измерения выбросов, грузовой автомобиль, дизельный
двигатель.

В данной статье проводится исследование взаимосвязи между допустимым отклонением параметра технического состояния гильзы цилиндра и соответствием экологическому классу. Рассмотрено сравнение стендовых испытаний и с использованием портативной системы измерения выбросов вредных веществ на дороге и экологических требований к транспортным средствам в процессе эксплуатации. На основании проведенных исследований предложено предельное значение износа гильзы по диаметру для дизельных двигателей.

Р.М. Галиев, Д.И. Нуретдинов,
А.Ю. Барыкин, Е.В. Леонов, И.И. Абдушев
К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕРМОСТАТА
ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ
Ключевые слова: транспортное средство, дизельный двигатель,
термостат, водяная коробка.

В данной статье рассматривается конструкция термостата дизельного двигателя внутреннего сгорания грузового автомобиля. Было проведено исследование статистики его отказов. Рассмотрены причины возникновения дефектов. Проанализирован технологический процесс сборки термостата. На основе проведенных исследований предложен способ повышения надежности термостата при производстве и ремонте.

А.В. Ганичева, А.В. Ганичев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Ключевые слова: методы оценивания, эксперт, двухфакторный дисперсионный анализ, преподаватель, учащийся.
В статье разработана математическая модель определения согласованности коллективной оценки экспертов на основе статистических критериев Фишера-Снедекора и Пирсона. Показана особенность построения эконометрических моделей для согласованных оценок. Предложен метод оценки качества преподавателей и учащихся по совокупности показателей.

Д.С. Горбатенко
ПРОФИЛАКТИКА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОИСШЕСТВИЙ, ПРОИЗОШЕДШИХ ПРИ СЪЕЗДЕ С
ДОРОГ

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, съезд с дороги, улично-дорожная сеть, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика профилактики такого вида дорожно-транспортных происшествий как «съезд с дороги». Проведен анализ основных причин съездов с дорог. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике данного вида дорожно-транспортных происшествий.

When solving the tasks of managing a complex information system, such as the hardware and software complex "Safe City" monitoring technologies are in demand that would support system and network administrators in solving problems of reducing the average response time to a malfunction. The article discusses the methods used to identify network anomalies. A method based on the use of neural networks to detect abnormal behavior of network traffic has been practically implemented.

R.M. Galiev, E.V. Leonov, O.E. Vorobiev, Kh.Kh. Khashimov
DETERMINATION OF PERMISSIBLE DEVIATION
OF THE TECHNICAL CONDITION
OF THE CYLINDER LINER IN ACCORDANCE
WITH THE ECOLOGICAL CLASS

Keywords: cylinder liner, portable emission measurement system, truck, diesel engine.

This article studies the relationship between the permissible deviation of the technical condition parameter of the cylinder liner and compliance with the environmental class. A comparison of bench tests and using a portable system for measuring emissions of harmful substances on the road and environmental requirements for vehicles during operation is considered. Based on the research, a limit value for liner diameter wear for diesel engines has been proposed.

R.M. Galiev, D.I. Nuretdinov,
A.Yu. Barykin, E.V. Leonov, I.I. Abdushev
ON THE ISSUE OF INCREASING THE RELIABILITY
OF THE ENGINE THERMOSTAT DURING PRODUCTION
AND REPAIR

Keywords: vehicle, diesel engine, thermostat, water box.

This paper examines the design of a thermostat for a diesel internal combustion engine of a truck. A study of the statistics of its failures was carried out. The causes of defects are considered. The technological process of thermostat assembly is analyzed. Based on the research, a method has been proposed to increase the reliability of the thermostat during production and repair.

A.V. Ganicheva, A.V. Ganichev
MODELING OF QUALITY INDICATORS THE
EDUCATIONAL PROCESS

Keywords: assessment methods, expert, two-factor analysis of variance, teacher, student.

The article develops a mathematical model for determining the consistency of the collective assessment of experts based on the statistical criteria of Fisher-Snedecor and Pearson. A feature of the construction of econometric models for consistent estimates is shown. A method for evaluating the qualities of teachers and students based on a set of indicators is proposed.

D.S. Gorbatenko
PREVENTION OF TRAFFIC ACCIDENTS THAT HAPPEN
WHEN LEAVING THE ROAD

Keywords: road safety, traffic accident, leaving the road, road network, traffic violations, accident prevention.

The article discusses the problems of preventing this type of traffic accidents as "running off the road". An analysis of the main causes of road exits was carried out. Measures to prevent this type of traffic accidents have been proposed and theoretically substantiated.

В.Н. Дюпин

**ПОДСИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ВИРТУАЛЬНОГО АДАПТАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА**

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальное адаптационное пространство, имитационное моделирование, технические системы, интерфейсы взаимодействия систем. В работе представлено описание подсистемы имитационного моделирования виртуального адаптационного пространства. Рассмотрены методы построения имитационных моделей сложных технических систем с гибридной архитектурой, которая поддерживает частичную виртуализацию исследуемых подсистем. Описана модель имитационной среды.

А.Г. Жорняк, Т.А. Морозова

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ БИБЛИОТЕКИ ЯЗЫКА PYTHON
В НАУЧНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧАХ. ЧАСТЬ V.
БИБЛИОТЕКА MATPLOTLIB**

Ключевые слова: язык программирования Python, библиотека Matplotlib, столбчатая диаграмма, круговая диаграмма, коробчатая диаграмма, диаграмма разброса, линейный график, визуализация результатов научных исследований.

Статья посвящена дополнительной библиотеке Matplotlib языка программирования Python, предназначенной для построения различных типов графиков. В статье рассмотрены возможности библиотеки Matplotlib для визуализации результатов вычислений в инженерных, научных или экономических задачах. Также рассмотрена возможность интеграции графиков библиотеки Matplotlib в состав визуальных пользовательских интерфейсов в программах на Python.

**А.Л. Золкин, Р.А. Вербицкий, А.С. Тычков, Г.Ю. Азаренко
ВНЕДРЕНИЕ УЛУЧШЕННОГО МУЛЬТИСЕРВИСНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ УЗЛА ДОСТУПА С ВНЕДРЕНИЕМ
НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ**

Ключевые слова: мультисервисное обслуживание, узел доступа, нейро-нечеткий программный модуль, оптимизация, адаптация, производительность, сети связи, FTTH, кибербезопасность.

Статья посвящена вопросам внедрения улучшенного мультисервисного обслуживания для узла доступа в сетях связи с использованием нейро-нечеткого программного модуля. В работе рассматривается актуальная проблема оптимизации процессов управления узлами доступа в условиях современных требований к сетям связи. Нейро-нечеткий программный модуль представляет собой инновационный метод, объединяющий преимущества нейронных сетей и нечеткой логики для эффективной адаптации к разнообразным запросам пользователей через мультисервисное обслуживание сетей типа FTTH. Такое рассмотрение расширяет область применения предложенной технологии. Анализируется современное состояние узлов доступа и выявляются основные проблемы, такие как неэффективность обслуживания и ограниченная адаптивность. В работе подчеркивается научная новизна, предложенная внедрением нового подхода с применением нейро-нечеткого модуля, способного оптимизировать процессы обслуживания и повысить функциональность узлов доступа. Эксперименты демонстрируют положительные результаты, такие как высокая скорость адаптации, повышенная производительность и улучшенная точность прогнозирования. Обсуждаются принципы и преимущества нейро-нечеткого программного модуля в контексте улучшения адаптивности и производительности узлов доступа.

V.N. Dyupin

**SUBSYSTEM FOR SIMULATION MODELING
OF VIRTUAL ADAPTATION SPACE**

Keywords: virtual reality, virtual adaptation space, simulation modeling, technical systems, system interaction interfaces.

The paper presents a description of the virtual adaptation space simulation subsystem. Methods for constructing simulation models of complex technical systems with a hybrid architecture that supports partial virtualization of the subsystems under study are considered. A model of the simulation environment is described.

A.G. Zhornyak, T.A. Morozova

**ADDITIONAL PYTHON LIBRARIES FOR SCIENTIFIC
AND ENGINEERING TASKS. PART IV.
THE MATPLOTLIB LIBRARY**

Keywords: Python programming language, Matplotlib library, bar chart, pie chart, box plot, scatter chart, line graph, visualization of scientific research results.

The article is devoted to the additional Matplotlib library of the Python programming language, designed for constructing various types of graphs. The article discusses the capabilities of the Matplotlib library for visualizing the results of calculations in engineering, scientific, or economic problems. The possibility of integrating Matplotlib library graphs into visual user interfaces in Python programs is also considered.

**A.L. Zolkin, R.A. Verbitskiy, A.S. Tychkov, G.Yu. Azarenko
IMPLEMENTATION OF IMPROVED MULTISERVICE
SERVICE FOR ACCESS NODE WITH IMPLEMENTATION
OF NEURO-FUZZY SOFTWARE MODULE**

Keywords: multi-service servicing, access node, neuro-fuzzy software module, optimization, adaptation, performance, communication networks, FTTH, cybersecurity.

This article addresses the implementation of enhanced multi-service servicing for access nodes in communication networks, utilizing a neuro-fuzzy software module. The study delves into the pressing issue of optimizing the management processes of access nodes in the context of modern demands on communication networks. The neuro-fuzzy software module represents an innovative approach, amalgamating the advantages of neural networks and fuzzy logic for efficient adaptation to diverse user demands through multi-service network servicing, particularly in FTTH-type networks. The paper emphasizes the scientific novelty introduced by integrating the neuro-fuzzy module, capable of optimizing servicing processes and enhancing the functionality of access nodes. Experiments showcase positive outcomes such as high adaptation speed, increased performance, and improved forecasting accuracy.

А.Л. Золкин, Е.В. Матвиенко, С.В. Шамина, Ю.Н. Коваль
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОНТРОЛЛЕРА
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
СИСТЕМЫ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВЫ АГРОКОМПЛЕКСА

Ключевые слова: программный контроллер, рекультивация почвы, агрокомплекс, обработка данных, машинное обучение, сенсорные технологии, цепь Маркова, оптимизация процессов, устойчивость, эффективность, сельское хозяйство, инновационные технологии.

Объектом исследования является система рекультивации почвы в агрокомплексе, а предметом исследования – программный контроллер, разработанный для управления процессами обработки данных в данной системе. Целью исследования является создание и оценка эффективности этого программного контроллера в контексте оптимизации процессов рекультивации почвы. Проект охватывает разработку программного обеспечения, интеграцию передовых методов обработки данных, алгоритмов машинного обучения, и системы обратной связи с использованием сенсорных технологий. В работе является целью создание и реализация программного контроллера, предназначенного для управления сложными процессами рекультивации почвы в сельскохозяйственном комплексе. В современном контексте, когда цифровые технологии становятся важной составляющей сельского хозяйства, разработка интеллектуального программного решения для оптимизации процессов восстановления почвы приобретает особую актуальность. Разработанный программный контроллер объединяет передовые методы обработки данных и машинного обучения, что обеспечивает высокую эффективность и точность управления. В процессе исследования активно применяются современные методы анализа данных с целью более глубокого понимания параметров, влияющих на процессы рекультивации почвы.

А.Л. Золкин, В.Д. Мунистер, А.В. Ключанов, С.В. Анохина
РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИИ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНЫХ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДАЛЬНЫХ
И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: онтология, транспортные системы, модальность, мультимодальность, свободное пространство, экология, технические характеристики, нечеткие модели, визуализация, графовые модели.

Научная статья посвящена разработке онтологии для контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем. В современном мире, где требования к эффективности и устойчивости транспортных систем постоянно растут, разработка такой онтологии становится ключевым этапом в исследованиях транспортной инфраструктуры. Ключевые задачи включают в себя выделение основных компонентов транспортной системы, их свойств и взаимосвязей. Это включает не только технические аспекты, но также социальные, экономические и экологические факторы. Цель проекта – создание формализованной онтологической модели, способной описать основные компоненты, свойства и взаимосвязи элементов транспортной системы. В ходе разработки онтологии контекстно-свободных пространственно-ориентированных модальных и мультимодальных транспортных систем в данной научной статье осуществляется глубокий анализ сложных взаимосвязей и внутренних структур современных транспортных систем. В условиях постоянно меняющихся требований к эффективности и устойчивости транспорта, создание такой онтологии представляет собой стратегически важное направление исследований. Одной из ключевых задач является выделение основных компонентов транспортной системы и их

A.L. Zolkin, Ye.V. Matviyenko, S.V. Shamina, YU.N. Koval'
IMPLEMENTATION OF SOFTWARE CONTROLLER FOR
CONTROL OF AGRICULTURAL COMPLEX SOIL
RECLAMATION SYSTEM DATA PROCESSING

Keywords: software controller, soil reclamation, agro-complex, data processing, machine learning, sensor technologies, Markov Chain, process optimization, sustainability, efficiency, agriculture, innovative technologies. The object of the present research is the soil reclamation system in an agro-industrial complex, with the subject of investigation being the software controller designed to manage data processing processes within this system. The research aims to create and evaluate the efficiency of this software controller in optimizing soil reclamation processes. The project encompasses the development of software, integration of advanced data processing methods, machine learning algorithms, and feedback systems utilizing sensor technologies. This scientific work endeavors to create and implement a software controller designed to manage the intricate processes of soil reclamation in agriculture.

A.L. Zolkin, V.D. Munister, A.V. Klyukanov, S.V. Anokhina
DEVELOPMENT OF ONTOLOGY OF CONTEXT-FREE
SPATIALLY ORIENTED MODAL AND MULTIMODAL
TRANSPORT SYSTEMS

Keywords: ontology, transportation systems, modality, multimodality, free space, ecology, technical characteristics, fuzzy models, visualization, graph models.

The scientific article focuses on developing an ontology for context-free spatially-oriented modal and multimodal transport systems. In today's world, where demands for the efficiency and sustainability of transportation systems are constantly increasing, the development of such an ontology becomes a crucial stage in transportation infrastructure research. Key tasks involve identifying the fundamental components of the transportation system, their properties, and interconnections. This includes not only technical aspects but also social, economic, and environmental factors. The project aims to create a formalized ontological model capable of describing the core components, properties, and relationships of transportation system elements. The primary emphasis is placed on developing a freely spatial ecological ontology for analyzing air quality and asphalt-concrete pavement, vital factors in transportation systems. In the course of developing the ontology for context-free spatially-oriented modal and multimodal transport systems, the article conducts a profound analysis of the complex interrelationships and internal structures of modern transportation systems. Given the ever-changing requirements for transportation efficiency and sustainability, creating such an ontology represents a strategically important direction in research. A key task is identifying the essential components and attributes of the transportation system, covering technical, social, economic,

атрибутов, охватывая технические, социальные, экономические и экологические аспекты. Проект нацелен на создание формализованной онтологической модели, способной детально описывать свойства и взаимодействия элементов транспортной инфраструктуры.

А.Л. Золкин, А.В. Юмашев, Н.Ю. Логунова, К.С. Задорнов
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ
СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
ПОРТАТИВНЫХ БИОИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ
С RFID-ЧИПАМИ

Ключевые слова: портативные биоинформационные устройства, RFID-чипы, программное обеспечение, биометрические технологии, системы идентификации, реальное время, асинхронное управление.

Данное исследование посвящено вопросу практической имплементации средств разработки инструментальных систем программного обеспечения, предназначенного для портативных биоинформационных устройств, оснащенных RFID-чипами. В современном мире биометрические технологии становятся все более востребованными в различных сферах, и портативные устройства с RFID-чипами представляют собой эффективный способ интеграции этих технологий в повседневную жизнь. На данный момент многие программные продукты, предназначенные для биоинформационных устройств, не обеспечивают достаточной гибкости и универсальности. Нередко программы, созданные для стационарных систем, не могут быть просто адаптированы к требованиям портативных устройств, что препятствует их эффективной интеграции в различные сценарии использования. Целью исследования является разработка инструментальных средств для создания программного обеспечения, предназначенного для портативных биоинформационных устройств с использованием RFID-чипов. Предметом исследования является процесс разработки инструментальных средств, охватывающих все этапы от сбора биометрических данных до внедрения передовых технологий управления и создания интуитивно понятного интерфейса пользователя. Субъектом исследования являются исследователи, разработчики программного обеспечения и конечные пользователи, чьи потребности и ожидания учитываются в процессе разработки. В ходе исследований и разработок был предложен комплексный подход к созданию инструментальных средств, учитывающий специфику портативных устройств.

А.О. Махорин
КЛАСС УЛУЧШЕННЫХ ОТСЕЧЕНИЙ ПОКРЫТИЯ
ДЛЯ ЗАДАЧ (0, 1)-ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Ключевые слова: (0, 1)-программирование, метод ветвей и отсечений, отсечения типа "покрытие", правильные неравенства, генерация отсечений.

В данной статье рассмотрен новый класс улучшенных отсечений типа "покрытия" для задач (0, 1)-программирования, которые предназначены для использования в рамках метода ветвей и отсечений. Отсечения этого класса во многих случаях являются более эффективными по сравнению со стандартными отсечениями типа "покрытие" [3, 4]. Также предложен алгоритм генерации отсечений указанного класса и дано его краткое обоснование.

А.И. Остапчук, Ю.В. Малюсин,
И.В. Усовик, П.О. Дроздова, Д.Р. Эфендиева
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
МАРШРУТИЗАЦИИ В КОНТЕКСТЕ МНОГОСПУТНИКОВЫХ
СИСТЕМ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Ключевые слова: генетический алгоритм, маршрутизация, многоспутниковые системы связи, оптимизация, кроссовер,

and environmental aspects. The project aims to build a formalized ontological model capable of providing a detailed description of the properties and interactions of transportation infrastructure elements.

A.L. Zolkin, A.V. Yumashev, N.Yu. Logunova, K.S. Zadornov
DEVELOPMENT OF TOOLS FOR CREATING SOFTWARE
FOR PORTABLE BIOINFORMATION DEVICES WITH
RFID CHIPS

Keywords: portable biometric devices, RFID chips, software development, biometric technologies, identification systems, real-time, asynchronous control.

This research is dedicated to the practical implementation of software development tools designed for portable biometric devices equipped with RFID chips. In the modern world, biometric technologies are becoming increasingly demanded in various fields, and portable devices with RFID chips represent an efficient means of integrating these technologies into everyday life. Currently, many software products designed for biometric devices lack the necessary flexibility and universality. Often, programs developed for stationary systems cannot be easily adapted to the requirements of portable devices, hindering their effective integration into various usage scenarios. The goal of our research is to develop instrumental tools for creating software tailored for portable biometric devices using RFID chips. The subject of our research encompasses the process of developing instrumental tools, covering all stages from biometric data collection to the implementation of advanced control technologies and the creation of an intuitively understandable user interface. The subjects of the research include researchers, software developers, and end-users, whose needs and expectations are taken into account during the development process. Throughout the research and development, a comprehensive approach has been proposed, taking into account the specifics of portable devices.

A.O. Makhorin
A CLASS OF IMPROVED COVER CUTS FOR
0-1 PROGRAMMING

Keywords: 0-1 programming, branch-and-cut, cover cuts, valid inequalities, cut generation.

This article considers a new class of improved cover cuts for 0-1 programming problems intended to be used in the branch-and-cut framework. Cuts of this class in many cases happen to be more efficient than standard cover cuts [3, 4]. Also an algorithm to generate these improved cover cuts is described, and its background is given.

A.I. Ostapyuk, Y.V. Malyusin,
I.V. Usovik, P.O. Drozdova, D.R. Efendieva
STUDY OF THE GENETIC ALGORITHM FOR ROUTING
IN THE CONTEXT OF MULTI-SATELLITE
COMMUNICATION AND DATA TRANSMISSION
SYSTEMS

Keywords: genetic algorithm, routing, multi-satellite

мутация, пропускная способность, задержка, инициализация популяции, адаптивность

Многоспутниковые системы связи представляют собой сложные динамические структуры. С увеличением числа спутников и земных узлов, а также ростом объема передаваемых данных, становится все более актуальной задача оптимизации маршрутизации. В данной статье представлено исследование применения генетических алгоритмов для решения задачи маршрутизации в многоспутниковых системах связи.

Д.С. Пономарёв

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕКТОРА ПЕНИТЕНЦИАРНОЙ СИСТЕМЫ

Ключевые слова: пенитенциарная система, производственные процессы, системный анализ.

На сегодняшний день производственный сектор пенитенциарной системы имеет достаточно огромные масштабы, что подтверждает актуальность выбранной темы исследования: по официальным данным, на 2023 год по всей Российской Федерации задействованы более 650 учреждений, осуществляющих производственную деятельность. При этом, трудовые ресурсы производственного сектора – являются одной из главных и ключевых составляющих любого производства пенитенциарной системы. В статье представлен ряд методов, позволяющих оценить наиболее важные параметры трудовых ресурсов производственного сектора пенитенциарной системы.

М.М. Руденко, Е.М. Смирнова

К ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: оптимизация, магистральный трубопровод, строительство линейных объектов.

Организация работ по строительству линейно-протяженных объектов предусматривает потери рабочего времени на перемещение, как временного лагеря, так и на передвижение рабочих от лагеря к месту работы и обратно. Разработана математическая модель, позволяющая минимизировать финансовые издержки, связанные с потерями времени. Выявлено противоречие между частными критериями (потери времени – экономические потери).

Р.И. Соколов, Д.А. Михайлик, В.А. Нохрин ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СЖАТИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ФАЙЛОВ ПО АЛГОРИТМУ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ СЛУЧАЙНОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Ключевые слова: сжатие и восстановление звуковых данных, информативность случайного временного ряда.

Разработан алгоритм сжатия и восстановления звуковых данных на основе метода выделения информативной составляющей из случайных временных рядов по критерию теории сложности Колмогорова для недетерминированных процессов. Установлены зависимости коэффициента сжатия и среднеквадратической ошибки восстановления звуковых данных от параметров алгоритма в сравнении с алгоритмом линейаризации участков между локальными экстремумами. Проведена субъективная оценка звучания восстановленных данных.

Е.Г. Царькова

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В ФСИН РОССИИ

Ключевые слова: обращения граждан, государственные

communication systems, optimization, crossover, mutation, throughput, latency, population initialization, adaptability.

Multi-satellite communication systems represent complex dynamic structures. With the increasing number of satellites and terrestrial nodes, as well as the growing volume of transmitted data, the task of routing optimization becomes increasingly relevant. This paper presents a study on the application of genetic algorithms for solving the routing problem in multi-satellite communication systems.

D.S. Ponomarev

METHODS FOR ASSESSING THE PARAMETERS OF LABOR RESOURCES OF THE PRODUCTION SECTOR OF THE PENITENTIARY SYSTEM

Keywords: social risk groups, production processes, socially significant diseases, data analysis.

To date, the production sector of the penitentiary system has a fairly large scale, which confirms the relevance of the chosen research topic: according to official data, by 2023, more than 650 institutions engaged in production activities are involved throughout the Russian Federation. At the same time, the labor resources of the production sector are one of the main and key components of any production in the penitentiary system. The article presents a number of methods to assess the most important parameters of the labor resources of the production sector of the penitentiary system.

M.M. Rudenko, E.M. Smirnova

TO ASSESS ECONOMIC LOSSES DURING THE CONSTRUCTION OF LINEARLY EXTENDED FACILITIES

Keywords: optimization, main pipeline, construction of linear facilities.

The organization of work on the construction of linear-extended facilities provides for the loss of working time for the movement of both a temporary camp and for the movement of workers from the camp to the place of work and back. A mathematical model has been developed to minimize the financial costs associated with time loss. The contradiction between the particular criteria (loss of time – economic losses) is revealed.

R.I. Sokolov, D.A. Mikhailik, V.A. Nokhrin INVESTIGATION OF THE QUALITY OF COMPRESSION AND RECOVERY OF AUDIO FILES USING AN ALGORITHM FOR EVALUATING THE INFORMATIVENESS OF A RANDOM TIME SERIES

Keywords: compression and restoration of audio data, informativeness of a random time series.

An algorithm has been developed for compressing and restoring audio data based on the method of extracting an informative component from random time series according to the criterion of Kolmogorov complexity theory for non-deterministic processes. The dependences of the compression ratio and the RMS error of sound data recovery on the parameters of the algorithm in comparison with the algorithm for linearization of sections between local extremes are established. A subjective assessment of the sound of the recovered data was carried out.

E.G. Tsarkova

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS WHEN CREATING A SOFTWARE PACKAGE FOR PROCESSING CITIZENS' APPEALS TO THE FEDERAL PENITENTIARY SERVICE OF RUSSIA

информационные ресурсы, машинное обучение, обработка естественного языка, уголовно-исполнительная система Российской Федерации.

В работе рассматривается подход к разработке системы обращений граждан, поступающих в органы и учреждения уголовно-исполнительной системы Российской Федерации, позволяющей за счет использования искусственного интеллекта существенно снизить трудозатраты, необходимые для их обработки и подготовки ответов. Методы машинного обучения служат эффективным инструментом тематической классификации и анализа текстов обращений, их диспетчеризации, а также формирования релевантного ответа на запрос. В работе рассматривается архитектурное решение и функциональные возможности указанной системы.

**А.А. Баевский, И.Н. Шканов,
Н.В. Ершов, М.М. Агапов, Е.С. Аносова
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТОВ И ПОСТАВОК
ЗАПЧАСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ
КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ключевые слова. ТОиР, поставки, планирование, информационные технологии, моделирование систем.

Оптимизация управления – безусловно, важная проблема предприятия в современном мире, в том числе на кондитерской фабрике, то есть в пищевой промышленности. Для создания качественной системы оптимизации требуется построить модель её функционирования, опирающуюся на базовые принципы и опыт аналогичных предприятий, но с учетом конкретной ситуации. Предлагаемые модели системы позволяют автоматизировать ремонт и поставку запчастей для оборудования, что упростит обслуживание оборудования и уменьшит ошибки в производстве.

**И.Н. Галеня, М.С. Кожухова,
В.С. Вишнеvский, А.Н. Коркишко, С.В. Романов
ПРИМЕНЕНИЕ И ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ
ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛА В СРАВНЕНИИ С
ТРАДИЦИОННОЙ ПЕСКОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ**

Ключевые слова: применение, технология, лазерная очистка, металл, традиционная пескоструйная обработка, поверхность. В данной статье рассматривается технология лазерной очистки металла в сравнении с традиционной пескоструйной обработкой на нефтяных метосрождениях. Авторы анализируют основные преимущества и недостатки каждого метода, а также возможности их применения в различных отраслях промышленности. Лазерная очистка металла - это инновационная технология, которая позволяет быстро и эффективно удалять различные виды загрязнений с поверхности металлических изделий. Этот метод основан на использовании лазерного излучения, которое нагревает и испаряет загрязнения, не повреждая при этом основной материал. Преимуществами лазерной очистки являются высокая точность и качество обработки, отсутствие необходимости в использовании химических реагентов и безопасность для окружающей среды. Пескоструйная обработка, в свою очередь, является традиционным методом очистки металлических поверхностей от ржавчины, окислов и других загрязнений. Этот процесс заключается в подаче на поверхность металла абразивного материала под высоким давлением, который удаляет загрязнения. Однако этот метод может привести к повреждению поверхности металла и требует использования химических реагентов для удаления остатков абразива. Авторы статьи проводят сравнительный анализ этих двух методов очистки металла, указывая на их преимущества и недостатки. Они приходят к выводу, что лазерная очистка металла является более предпочтительным

Keywords: citizens' appeals, state information resources, machine learning, natural language processing, Penal System of Russian Federation

The paper considers an approach to the development of a system of appeals from citizens entering the bodies and institutions of the Penal System, which, through the use of artificial intelligence, significantly reduces the labor required for their processing and preparation of responses. Machine learning methods serve as an effective tool for thematic classification and analysis of the texts of appeals, their dispatching, as well as the formation of a relevant response. The paper considers the architectural solution and functionality of the specified system.

**A.A. Baevsky, I.N. Shkanov,
N.V. Ershov, M.M. Agapov, E.S. Anosova
DEVELOPMENT OF MODELS FOR AN AUTOMATED
SYSTEM FOR PLANNING REPAIRS AND SUPPLIES OF
SPARE PARTS FOR CONFECTIONERY INDUSTRY
ENTERPRISES**

Keywords: MRO, supplies, planning, software, modeling of systems.

Optimization of management is certainly an important problem of an enterprise in the modern world, including in a confectionery factory, that is, in the food industry. To create a high-quality optimization system, it is necessary to build a model of its functioning based on the basic principles and experience of similar enterprises, but taking into account the specific situation. The proposed system models allow you to automate the repair and supply of spare parts for equipment, which will simplify equipment maintenance and reduce downtime and production failures.

**I.N. Galenya, M.S. Kozhukhova,
V.S. Vishnevsky, A.N. Korkishko, S.V. Romanov
APPLICATION AND ADVANTAGES OF THE
TECHNOLOGY LASER CLEANING OF METAL IN
COMPARISON WITH TRADITIONAL SANDBLASTING**

Keywords: application, technology, laser cleaning, metal, traditional sandblasting, surface.

This article discusses the technology of laser metal cleaning in comparison with traditional sandblasting. The authors analyze the main advantages and disadvantages of each method, as well as the possibilities of their application in various industries. Laser metal cleaning is an innovative technology that allows you to quickly and effectively remove various types of contaminants from the surface of metal products. This method is based on the use of laser radiation, which heats and evaporates impurities without damaging the base material. The advantages of laser cleaning are high precision and processing quality, no need to use chemicals and environmental safety. Sandblasting, in turn, is a traditional method of cleaning metal surfaces from rust, scale and other contaminants. This process consists in applying an abrasive material to the metal surface under high pressure, which removes impurities. However, this method can damage the metal surface and requires the use of chemicals to remove abrasive residues. The authors of the article conduct a comparative analysis of these two methods of metal purification, pointing out their advantages and disadvantages. They conclude that laser metal cleaning is the preferred option for high-precision and demanding tasks, and sandblasting remains relevant for cleaning large surfaces and removing deep contaminants.

вариантом для высокоточных и ответственных задач, а пескоструйная обработка остается актуальной для очистки больших поверхностей и удаления глубоких загрязнений.

Д.П. Салова, Т.Г. Виноградова, Л.В. Селиверстова,
П.М. Салов, С.В. Солин, С.С. Сорокин
ШЛИФОВАНИЕ ЗАГОТОВОК МАГНИТОВ
В МНОГОМЕСТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ
С СТАБИЛИЗИРУЮЩИМИ ПРОЦЕСС ЭЛЕМЕНТАМИ

Ключевые слова: магниты, идиосинкразия,
многоместные приспособления, непрерывная правка,
стабилизирующие элементы.

В работе рассмотрены анализ компоновок заготовок из магнитных материалов (ММ), их влияние на эффективность процесса и технологии с применением многоместных приспособлений (МП).

А.Р. Фардеев

СРЕДСТВА ГИДРОАВТОМАТИКИ И ГИДРОАППАРАТУРА,
ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
КОМБИНИРОВАННЫМ ЭНЕРГОПИТАНИЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ЖИДКОСТИ

Ключевые слова: средства гидроавтоматики, ветронасосная установка, элементы автоматического управления, смазочно-охлаждающие технологические средства, машиностроительное предприятие, реле давления.

В данной статье рассмотрены устройство и работа элементов автоматического управления ветронасосной установки, используемой в автоматизированной системе циркуляции смазочно-охлаждающих технологических средств машиностроительного предприятия с комбинированным энергопитанием. Разработаны: реле давления с электрическим выходом, имеющее два элемента сравнения и реле давления с гидравлическим выходом. Эти элементы автоматического управления в совокупности с уже известными средствами гидроавтоматики и гидроаппаратуры обеспечивают работу системы в том или ином режиме и при переходе из одного режима в другой.

С.В. Харлашина, И.О. Гушин

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕПЛОВЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ПРИ ЭЛС

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка,
импульсная модуляция, сварной шов.

В работе представлен анализ методов управления тепловыми колебаниями при электронно-лучевой сварке (ЭЛС), основанных на импульсной модуляции мощности электронного луча, колебательных перемещениях фокальной мощности луча по вертикали и осцилляции луча по траекториям различного вида. Также представлены рекомендации по улучшению качества сварки и увеличению производительности при использовании ЭЛС.

С.Н. Ефимов, Д.Л. Никифоров, И.А. Проворных, К.А. Моисеева,
ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
НАДЕЖНОСТИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА С РАЗНОРОДНЫМИ ПРОЦЕССОРАМИ

Ключевые слова: модель надёжности, программная и аппаратная избыточность, производительность.

В рамках настоящего исследования разработана программная система расчета параметров надежности аппаратно-программного комплекса. Целью создания программной системы является оценка надежности аппаратно-программного комплекса. Применение предложенной системы позволяет за короткое время оценивать надёжность для различных вариантов предполагаемых архитектур на этапе проектирования.

D.P. Salova, T.G. Vinogradova, L.V. Seliverstova,
P.M. Salov, S.V. Solin, S.S. Sorokin
GRINDING OF MAGNET BLANKS IN MULTI-SEAT
DEVICES WITH PROCESS STABILIZING ELEMENTS

Keywords: magnets, idiosyncrasy, multi-seat fixtures,
continuous editing, stabilizing elements.

The work considers the analysis of the layouts of workpieces made of magnetic materials (MM), their impact on the efficiency of the process and technology using multi-seat devices (MP).

A.R. Fardeev

MEANS OF HYDROAUTOMATICS AND HYDRAULIC
EQUIPMENT USED IN THE CONTROL SYSTEM OF
COMBINED POWER SUPPLY OF AUTOMATIC FLUID
SUPPLY SYSTEM

Keywords: means of hydroautomatics, wind pumping unit,
automatic control elements, lubricating and cooling
technological means, machine-building enterprise, pressure
switch.

The device and work of elements of automatic control of the wind pumping unit used in the automated system of circulation of lubricating and cooling technological means of the machine-building enterprise with combined power supply are considered in the article. The following elements have been developed: a pressure switch with an electrical output having two comparison elements and a pressure switch with a hydraulic output. These elements of automatic control in aggregate with already known means of hydroautomatics and hydroapparatus provide work of the system in one or another mode and at transition from one mode to another.

S.V. Kharlashina, I.O. Gushchin

TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES FOR CONTROL OF
THERMAL OSCILLATIONS DURING EBW

Keywords: electron beam welding,
pulse modulation, welding seam.

The paper presents an analysis of methods for controlling thermal vibrations during electron beam welding (EBW), based on pulse modulation of the power of the electron beam, oscillatory movements of the focal power of the beam vertically and oscillation of the beam along trajectories of various types. Recommendations for improving welding quality and increasing productivity when using EBW are also presented.

S.N. Efimov, D.L. Nikiforov, I.A. Provornyykh, K.A. Moiseeva
SOFTWARE SYSTEM FOR CALCULATING THE
RELIABILITY PARAMETERS OF A HETEROGENEOUS
HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX

Keywords: reliability model, software and hardware
redundancy, performance.

In the context of the present study, a program system for calculating the reliability parameters of the hardware-software complex has been developed. The purpose of creating the program system is to assess the reliability of hardware and software complex. The application of the proposed system allows to estimate reliability for different variants of the proposed architectures at the design stage in a short time.

А.А. Лобанов, И.В. Черепанов
СИСТЕМА МОДЕРАЦИИ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ
В МЕССЕНДЖЕРАХ

Ключевые слова: архитектура, чистая архитектура, проектирование, микросервисы, мессенджер, спам, модерация. Спам или сообщения нежелательного сообщения в мессенджерах, в настоящее время является серьезной проблемой. Существующие решения проблемы, как правило, являются ресурсоемкими или недостаточно эффективными. В настоящем исследовании предложен возможный подход к созданию эффективных, не требовательных к ресурсам, систем модерации сообщений. Описывается вариант архитектуры системы модерации текстовых сообщений в мессенджерах. Решены задачи по выбору принципа разработки, описанию взаимодействия компонентов и выбору инструментов для реализации. Полученное решение удовлетворяет принципам чистой архитектуры.

Е.Н. Наточая, В.В. Наточий, С.А. Литвинова
НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ УНИВЕРСИТЕТА

Ключевые слова: нечеткие множества, нечеткая модель, нечеткий вывод, база правил, индивидуальные достижения обучающихся.

В статье представлена математическая модель оценки индивидуальных достижений обучающихся университета на основе теории нечетких множеств. Описаны этапы формализации оценки достижений обучающихся с помощью лингвистических переменных: фазификация, нечеткий вывод, композиция и дефазификация. Приведены результаты тестирования программной реализации разработанной нечеткой модели.

A.A. Lobanov, I.V. Cherepanov
THE SYSTEM OF TEXT MESSAGE MODERATION IN
MESSENGERS

Keywords: architecture, pure architecture, design, microservices, messenger, spam, moderation.

Spam or unsolicited messages in messengers are currently a serious problem. Existing solutions to the problem are usually resource-intensive or insufficiently effective. This study suggests a possible approach to creating an effective, resource-friendly message moderation system. A variant of the architecture of the text message moderation system in messengers is described. The tasks of choosing the principle of development, describing the interaction of components and choosing tools for implementation have been solved. The resulting solution satisfies the principles of pure architecture.

E.N. Natochaya, V.V. Natochiy, S.A. Litvinova
FUZZY MODEL FOR ASSESSING INDIVIDUAL
ACHIEVEMENTS OF UNIVERSITY STUDENTS

Keywords: fuzzy sets, fuzzy model, fuzzy inference, rule base, individual achievements of students.

The article presents a mathematical model for assessing the individual achievements of university students based on the theory of fuzzy sets. The stages of formalization of assessment of students' achievements with the help of linguistic variables are described: phasification, fuzzy conclusion, composition and defasification. The results of testing the software implementation of the developed fuzzy model are given.

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

№2 2024

Направления:

- 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**
- 2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**
- 2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)**
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**
- 2.3.6. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvprrt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 29.02.2024 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 29.02.2024
10,3 усл.печ.л. 12,5 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 5821.

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»