

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№8 2022

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
2022**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №8 2022г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2022. – 100 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, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>И.Н. Бояришинова, С.А. Бочкарев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИНЫ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ	7
<i>М.С. Виноградов, Г.С. Мачинский</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ОПТИЧЕСКИ НЕПРОЗРАЧНОГО ПРЕПЯТСТВИЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭМ ВОЛНЫ	11
<i>А.Ф. Галимянов, Алхузани Моханнад, Ф.А. Галимянов</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ С ПОДВИЖНОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ	14
<i>И.Я. Дятлов, Н.М. Труфанова</i> ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СТЕПЕНЬ ЗАВЕРШЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ	17
<i>М.А. Круглов, Н.В. Андреянов, Д.Н. Сафина</i> РАСПОЗНОВАНИЕ ОБРАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТУРОВ ОБЪЕКТОВ	21
<i>К.С. Кучев, И.Н. Бояришинова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛИ ПРИ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКЕ	24
<i>С.А. Серебрянский, Хуан Чжэн, Ю.Н. Тихтей, В.В. Кременчуцкий</i> ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ САМОЛЁТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ	28
<i>Хуан Чжэн, М.В. Шкурин</i> ПОДХОД К СОЗДАНИЮ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛИКА ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЁТА	32
<i>Е.Г. Царькова</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ	36

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

<i>Д.А. Андриков</i> МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОДУКЦИОННО-ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	39
<i>Н.А. Белобородова</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КАДРОВОМ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВЕ	43
<i>Г.А. Гареева, М.Р. Хамидуллин, З.Г. Джигладзе, Л.М. Ахметов</i> РАЗВЕРТЫВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЦ	50
<i>Д.С. Горбатенко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕЗДЕ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ	54
<i>Ю.В. Кочержинская, К.В. Кузнецов</i> РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОМОЩИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ КЛИЕНТОМ БАНКА В ФОРМАТЕ ЧАТ-БОТА	57
<i>В.С. Крылов</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕКСТОВ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ И ИХ ПЕРЕВОДОВ НА РУССКИЙ	61
<i>О.В. Никишина</i> ИЗУЧЕНИЕ АЗОТОФИКСИРУЮЩЕЙ МИКРОБИОТЫ НА ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	64
<i>А.Ю. Унгер</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ФОРМАЛЬНЫХ ГРАММАТИК	67

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

<i>Т.И. Афанасьева, Г.Е. Кокиева</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	70
<i>Л.Д. Ибрагимов, И.И. Нуреев, Рин.Ш. Мисбахов, О.Г. Морозов, Л.М. Сарварова</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ	73
<i>Л.Д. Ибрагимов, И.И. Нуреев, Рин.Ш. Мисбахов, О.Г. Морозов, Л.М. Сарварова</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ БРЭГГОВСКОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ	76
<i>Г.Е. Кокиева, И.Ф. Борисова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	80
<i>Г.Е. Кокиева, Н.А. Лукина</i> ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ	84
<i>Г.Е. Кокиева, Л.В. Сидорова</i> СОЗДАНИЕ «УМНОЙ» ТЕПЛИЦЫ	87
<i>Г.Е. Кокиева, К.Н. Тимофеева</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ СОБСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МИКРООРГАНИЗМОВ	90
АННОТАЦИИ	93

THE RELEASE MAINTENANCE

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

<i>I.N. Boyarshinova, S.A. Bochkarev</i> SIMULATION OF THE CRACK REMOVAL USING LASER WELDING	7
<i>M.S. Vinogradov, G.S. Machinskiy</i> INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF AN OPTICALLY OPANY OBSTACLES ON EM WAVE PROPAGATION	11
<i>A.F. Galimyanov, Alhuzani Mohannad, F.A. Galimyanov</i> OPTIMIZATION OF QUADRATURE FORMULAS FOR SINGULAR INTEGRALS WITH A MOVING SINGULARITY	14
<i>I.Y. Diatlov, N.M. Trufanova</i> NUMERICAL STUDY OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETERS INFLUENCE ON THE CABLE INSULATION VULCANIZATION DEGREE	17
<i>M.A. Kruglov, N.V. Andreyanov, D.N. Safina</i> PATTERN RECOGNITION USING OBJECT OUTLINES	21
<i>K.S. Kuchev, I.N. Boyarshinova</i> INVESTIGATION OF RESIDUAL STRESSES IN THE SURFACE LAYER OF A PART DURING SHOT PEENING	24
<i>S.A. Serebryansky, Huang Zheng, Yu.N. Tikhtey, V.V. Kremenchuksky</i> AN APPROACH TO ASSESSING THE RELIABILITY OF AIRCRAFT SYSTEMS USING THE LOGIC ANALYSIS METHOD	28
<i>Huang Zheng, M.V. Shkurin</i> AN APPROACH TO CONCEPTUAL DESIGN OF THE FUEL SYSTEM OF A NON-MANEUVENABLE AIRCRAFT	32
<i>E.G. Tsarkova</i> MATHEMATICAL MODEL OF RELIABILITY MANAGEMENT OF DEPARTMENTAL VIDEOCONFERENCING SYSTEM	36

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

<i>D.A. Andrikov</i> A METHOD OF USING A PRODUCTION-GRAPH MODEL IN MANAGEMENT TO DEVELOP VEHICLE MANAGEMENT	39
<i>N.A. Beloborodova</i> INFORMATION TECHNOLOGY WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HR RECORDS MANAGEMENT	43
<i>G.A. Gareeva, M.R. Khamidullin, Z.G. Dzhibladze, L.M. Akhmetov</i> DEPLOYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR FACE RECOGNITION	50
<i>D.S. Gorbatenko</i> ENSURING TRAFFIC SAFETY WHEN PASSING PEDESTRIAN CROSSBOWS	54
<i>Yu.V. Kocherzhinskaya, K.V. Kuznetsov</i> DEVELOPMENT OF A PROBLEM-ORIENTED MANAGEMENT SYSTEM TO ASSIST BANK CUSTOMER DECISION-MAKING IN THE FORMAT OF A CHAT-BOT	57
<i>V.S. Krylov</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF THEMATIC MODELING OF TEXTS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN ENGLISH AND THEIR TRANSLATIONS INTO RUSSIAN	61
<i>O.V. Nikishina</i> STUDY OF NITROGEN-FIXING MICROBIOTA IN SOILS OF URBANIZED TERRITORIES	64
<i>A.Y. Unger</i> INFORMATION SYSTEM DESIGN BASED ON FORMAL GRAMMAR	67

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

<i>T.I. Afanasyeva, G.E. Kokieva</i> INVESTIGATION OF A VACUUM PUMP FOR A MILKING MACHINE	70
<i>L.D. Ibragimov, I.I. Nureev, Rin.Sh. Misbakhov, O.G. Morozov, L.M. Sarvarova</i> ANALYSIS OF THE OPTICAL VOLTAGE MEASURING TRANSFORMERS APPLICATION	73
<i>L.D. Ibragimov, I.I. Nureev, Rin.Sh. Misbakhov, O.G. Morozov, L.M. Sarvarova</i> MATHEMATICAL MODEL AND STRUCTURE ANALYSIS OF BRAGG OPTICAL VOLTAGE MEASURING TRANSFORMER	76
<i>G.E. Kokieva, I.F. Borisova</i> WORK STUDY PERFORMANCE INDICATORS OF A BIOENERGY INSTALLATION	80
<i>G.E. Kokieva, N.A. Lukina</i> INDICATORS OF AGRICULTURAL AGGREGATES	84
<i>G.E. Kokieva, L.V. Sidorova</i> CREATING A "SMART" GREENHOUSE	87
<i>G.E. Kokieva, K.N. Timofeeva</i> INVESTIGATION OF THE ANIMAL DIAGNOSTIC SYSTEM BASED ON THE MICROORGANISMS' OWN ELECTROMAGNETIC FIELD	90
ABSTRACTS	93

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

1.2.2.

И.Н. Бояршинова, С.А. Бочкарев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
факультет прикладной математики и механики,
кафедра Вычислительной математики, механики и биомеханики,
Пермь, itkbxrf@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИНЫ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

В статье описывается моделирование процесса заживления трещины с помощью лазерной наплавки. Процесс моделировался в пакете ANSYS Workbench. Решены задача нестационарной теплопроводности и задача определения напряженно-деформированного состояния детали при устранении трещины посредством лазерной порошковой наплавки.

Ключевые слова: лазерная наплавка, ремонт трещин, моделирование в ANSYS Workbench.

С развитием машиностроения на смену традиционным технологиям обработки поверхности (термическое напыление, дуговая наплавка) приходят новые, такие как лазерная наплавка [1, 2]. С помощью лазерной наплавки возможно восстановление металлических деталей, поврежденных при эксплуатации: ремонт прокатных роликов в сталелитейном производстве [3], восстановление зданий и сооружений [4], а также дорогостоящих деталей газотурбинных двигателей [5].

В настоящей работе рассмотрена задача устранения трещины, образовавшейся на поверхности детали в процессе эксплуатации, путем лазерной наплавки материала.

Постановка задачи

Для устранения образовавшейся на поверхности детали трещины ее вытачивают и получившуюся область заполняют материалом с помощью лазерной наплавки.

Математическая постановка задачи состоит из двух частей. Первая, формулировка нестационарной задачи теплопроводности, включает уравнение теплопроводности (1), граничные условия (2), начальные условия (3):

$$\rho(\mathbf{x})c(\mathbf{x},T)\frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(\lambda(\mathbf{x},T)\operatorname{grad}(T)) + \rho(\mathbf{x})\dot{q}(\mathbf{x},t), \quad \mathbf{x} \in V_k, \quad (1)$$

где $c(\mathbf{x},T)$ – теплоемкость, $\lambda(\mathbf{x},T)$ – теплопроводность, $\rho(\mathbf{x})$ – плотность, $\dot{q}(\mathbf{x},t)$ – удельная мощность внешнего источника тепла;

$$-\lambda(\mathbf{x},T)\operatorname{grad}(T) \cdot \mathbf{n} = h(T) \cdot (T - T_c(t)) + \varepsilon\sigma_0(T)^4, \quad \mathbf{x} \in S_k, \quad (2)$$

где первое слагаемое в правой части уравнения описывает конвективный теплоперенос, а второе – излучение; ε – коэффициент черноты; σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана; $h(T)$ – коэффициент теплопередачи; $T_c(t)$ – температура окружающей среды; $\mathbf{n}$ – внешняя единичная нормаль к границе S охлаждаемого тела;

$$T(\mathbf{x},t_{0,k}) = T_{k-1}(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in V_k, \quad (3)$$

где $T(\mathbf{x},t_{0,k})$ – начальное распределение температуры для k -го этапа; $T_{k-1}(\mathbf{x})$ – температура на предыдущем этапе.

Далее для определения НДС решается квазистатическая задача термоупругопластичности, включающая уравнения равновесия (4), геометрические соотношения (5), граничные условия (6), (7), физические соотношения (8):

$$\operatorname{div} \sigma = 0, \mathbf{x} \in V_k, \quad (4)$$

где $\sigma(\mathbf{x}, t)$ – тензор напряжений;

$$\varepsilon = \frac{1}{2}(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T), \mathbf{x} \in V_k, \quad (5)$$

где $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$ – вектор перемещений; $\varepsilon(\mathbf{x}, t)$ – тензор полных деформаций;

$$\mathbf{u} = U, \mathbf{x} \in S_{u,k}, \quad (6)$$

$$\sigma \cdot \mathbf{n} = 0, \mathbf{x} \in S_{\sigma,k}, \quad (7)$$

где S_u, S_σ – части границы с заданными перемещениями и нагрузками соответственно;

$$\sigma = {}^4C \cdot (\varepsilon_T), \quad (8)$$

где σ – тензор напряжений, ${}^4C = {}^4C(\mathbf{x}, T)$ – тензор четвертого ранга упругих констант материала.

Критерий пластичности в общей форме имеет вид

$$f(\sigma) \equiv \sigma_e = \sigma_y, \quad (9)$$

где σ_e – эквивалентные напряжения, σ_y – предел текучести материала. В случае, когда $\sigma_e > \sigma_y$, материал подвергается пластическому деформированию, используется критерий пластичности Мизеса и ассоциативный закон течения. Закон упрочнения определяется соотношением:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{3}{2} \mathbf{s} \cdot \mathbf{s}}, \quad (10)$$

где $\mathbf{s}(\mathbf{x}, t) = \sigma(\mathbf{x}, t) - \sigma(\mathbf{x}, t)E$ – девиатор тензора напряжений.

Методика решения и анализ результатов

Для решения поставленной задачи применялся метод «умерщвления» и дальнейшего «оживления» элементов. Способ представляет собой процесс, во время которого первоначально материал отсутствует в расчетной области, а затем появляется, имитируя подачу порошка. В зоне мертвых элементов коэффициент теплоемкости и плотность очень малы, практически отсутствуют, а теплопроводность много больше, чем теплопроводность материала. Термомеханические параметры материала в зоне мертвых элементов являются идеально упругими.

Решение сформулированной задачи реализовано с помощью ANSYS Workbench и ACT модуля Weld Distortion. На рисунке 1 представлена расчетная схема моделирования процесса ремонта трещины в пластине. Точки контроля температуры – A1, A2, B1, B2.

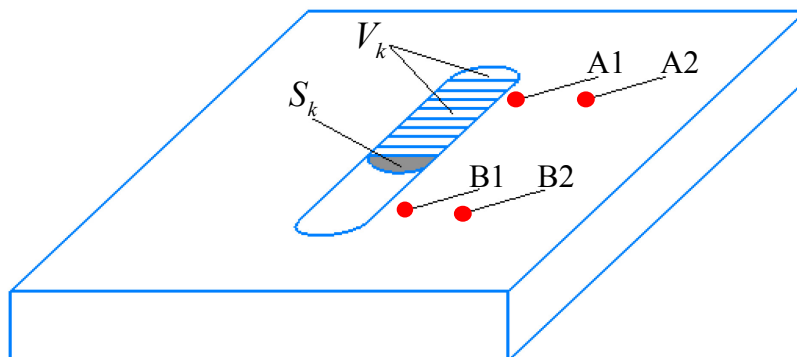


Рис.1 – Схема модели

На рисунке 2 изображены температурные поля в процессе лазерной наплавки и после технологической выдержки в 30 с, полученные в результате решения задачи теплопроводности.

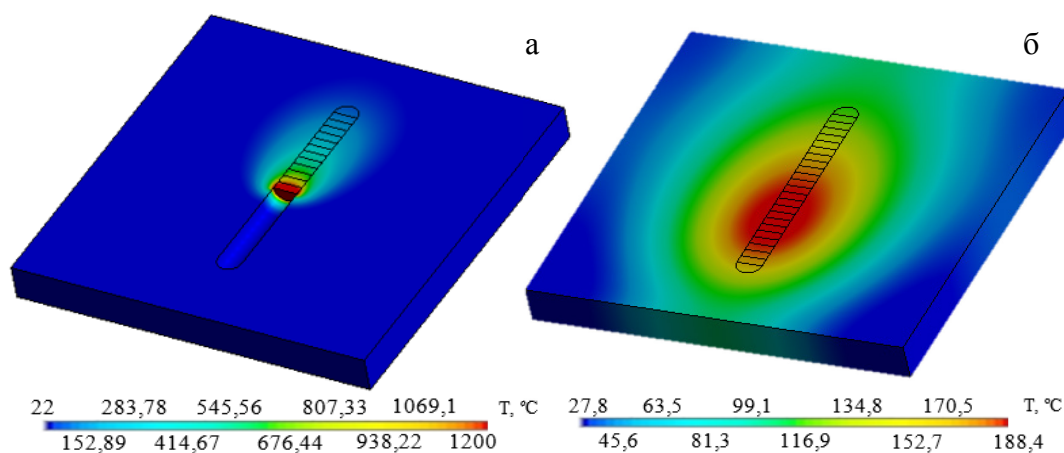


Рис.2 – Температурные поля

а) во время технологического процесса, $t = 25$ с;

б) после технологической выдержки

Максимальная температура приходится на элементы наплавки, которые со временем остывают. После окончания процесса и технологической выдержки наблюдаются неравномерные симметричные температурные поля.

Графики изменения температур, рассчитанных в контрольных точках, представлены на рисунке 3.

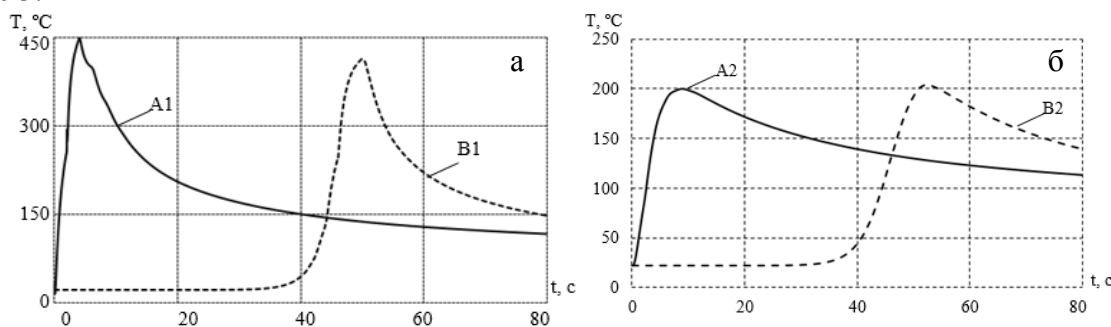


Рис.3 – Графики изменения температур при численном решении:

а) – в точках A1, B1

б) – в точках A2, B2

Полученные в результате решения квазистатической задачи термоупругопластичности интенсивность напряжений и поля перемещений в пластине изображены на рисунке 4.

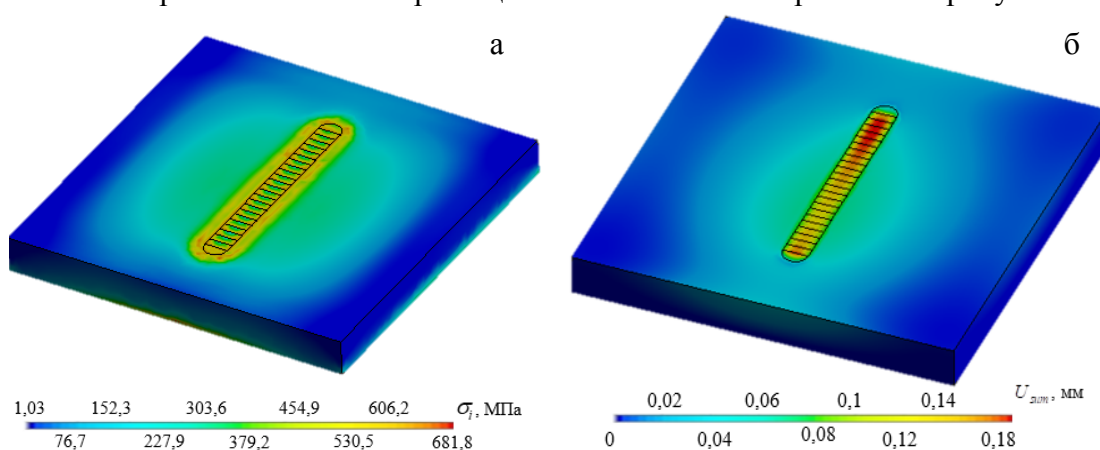


Рис.4 – Поля напряжений и перемещений после технологической выдержки:

а) – поля напряжений

б) – поля перемещений

Как видно из рисунков, напряжения сосредоточены в области наибольших градиентов температур – в зоне валика наплавки. Максимальные перемещения приходятся на валик наплавки и не превышают 0,18 мм. Перемещения носят незначительный характер и могут быть устранены последующей обработкой.

Такой ремонт позволит существенно продлить срок эксплуатации изделия.

Список литературы

1. *Dongauzer K., Boyarshinov M., Bekmansurov M. & Shamov D.* / Numerical Simulation of Welding Distortion in Laser Metal Deposition Additive Manufacturing Process / Key Engineering Materials, Vol/ 910, 2022, p. 338-343. <https://doi.org/10.4028/p-3s97k6>.
2. *Донгаузер К.А., Бекмансуров М.Р., Бояришинов М.Г.* Численное моделирование деформаций в аддитивном технологическом процессе лазерной порошковой наплавки / Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2022, №68, С. 30-37.
3. *Макаров А.В., Кудряшов А.Е., Невежин С.В., Герасимов А.С., Владимиров А.А., Авдеева Н.Е.* Перспективы применения технологии лазерной наплавки для восстановления роликов машин непрерывного литья заготовок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 7. С. 109–118
4. *Гранев В.В., Мамин А.Н., Кодыш Э.Н., Еремин К.И., Ершов М.Н., Шнейдеров Г.Р.* Некоторые свойства порошкового металла при его лазерном напылении для восстановления сечений стальных строительных конструкций // Строительные материалы. 2018. № 9. С. 54–57.
5. *Корсмик Р.С., Туричин Г.А., Климова-Корсмик О.Г., Земляков Е.В., Бабкин К.Д.* Лазерная порошковая восстановительная наплавка лопаток газотурбинного двигателя // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2016. Т. 15, № 3. С. 60-69.

1.2.2.

М.С. Виноградов, Г.С. Мачинский

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ОПТИЧЕСКИ НЕПРОЗРАЧНОГО ПРЕПЯТСТВИЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭМ ВОЛНЫ

В данной работе исследовано влияние оптически непрозрачных препятствий на распространение ЭМ волны, на основании математического описания поведения радиоволн в различных диэлектрических средах построена модель работы РЛС за стенные зондирования с BPSK сигналом. Данная работа направлена на построение оптимальной математической модели влияния оптически непрозрачных препятствий на процесс распространения радиоволн, для дальнейшего внедрения в процесс разработки РЛС.

Ключевые слова: Электромагнитная волна (ЭМ волна), коэффициент ослабления, BPSK сигналы, за стенное зондирование.

Введение

Радиолокационные станции застенного обнаружения набирают все большую популярность в последние годы. Проблема энергетических потерь встает перед разработчиками радаров подобного типа уже довольно длительное время, однако в открытых источниках малое внимание уделено анализу влияния оптически непрозрачных препятствий различного типа на распространение зондирующих радиоволн.

Задача оценить зависимость стабильности распространения ЭМ волны от толщины и типа твёрдой среды, и количественная оценка затухания ЭМ волны в среде – то что решается в данной работе.

При построении модели рассмотрены 3 разновидности оптически непрозрачных препятствий: штукатурная легкая смесь [1] (штукатурка), кирпич [2], при этом исследуя данный тип материала препятствия рассмотрим влияние толщины препятствия. Также рассмотрим воздействие железобетонного [3] препятствия со статическими параметрами.

Так как большинство методов обнаружения движущихся объектов основаны на алгоритмах селекции движущихся целей, которые в свою очередь направлены на детектирование доплеровского сдвига в спектре зондирующего сигнала [4], не маловажную роль для стабильной работы алгоритмов в радарх, предназначенных для работы в помещениях, является энергия принятых сигналов, на которую в достаточной мере влияют строительные конструкции, в том числе межэтажные перекрытия, двери и оконные рамы. Этот фактор накладывает ограничение как на дальность однозначного обнаружения, так и на возможный диапазон несущих частот, поскольку практически все среды, включая и строительные материалы, характеризуются монотонно возрастающим с ростом частоты поглощением радиоволн, что описывается формулой Дебая (1).

$$\varepsilon(2\pi f) = \varepsilon_{opt} + \frac{\varepsilon_{st} - \varepsilon_{opt}}{1 + i2\pi fT} \quad (1)$$

При проектировании следует учитывать влияние внутренних конструкций зданий, сконструированных по классическим принципам.

Данные по ослаблению ЭМ волны в материалах

При построении первичной модели, коэффициент влажности материала был принят за 0, так как известно, что при возрастании влажности происходит резкое ослабление интенсивности радиоизлучения проходящего через препятствие, что могло бы значительно повлиять на адекватность оценки результатов моделирования.

В таблице 1 приведены стандартные значения диэлектрической проницаемости и зависящих от нее параметров для различных сред [5].

Таблица 1 – Сводные данные по ослаблению радиосигнала в стенах

Материал	Толщина, м	Диэл. прониц.	Частота, ГГц	Затухание, дБ	Затухание, раз	Задержка, с
Штукатурка	0.12	4	2.4 ГГц	5	1.78	$8 \cdot 10^{-10}$
	0.24	4	2.4 ГГц	9	2.82	$1.6 \cdot 10^{-9}$
Железобетон	0.203	4.5	0.9 ГГц	27	22.4	$1.435 \cdot 10^{-9}$
Кирпич	0.089	3	0.9 ГГц	3.5	1.5	$5.138 \cdot 10^{-10}$
	0.178	3	0.9 ГГц	5	1.78	$1.028 \cdot 10^{-9}$

Задержка находится по формуле:

$$t_{\text{Зад}} = \frac{d}{\frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}}, \quad (2)$$

где d – толщина, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света, ε – диэл. проницаемость.

На рисунке 1 показаны результирующие графики работы модели.

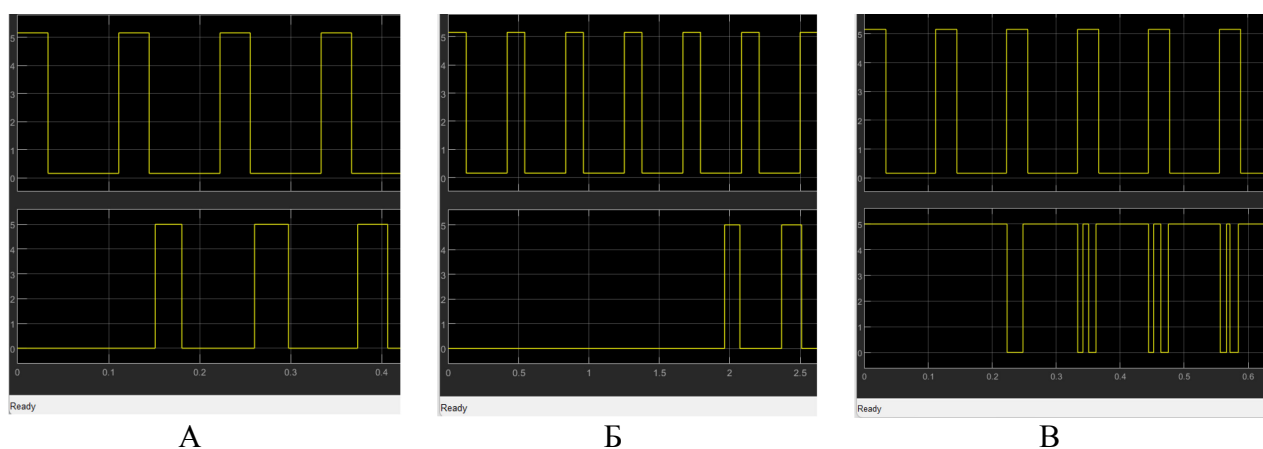


Рис.1 – График модулирующего сигнала из передатчика, с учетом времени зондирования и график на выходе приемника. А - кирпича (0.178м), Б - штукатурка (0.24м), В - железобетон

Заключение

По результатам моделирования, в частности по отражениям сигналов показанным на рисунке 1, можно сделать следующие выводы:

1) Самое сильное затухание происходит при прохождении сигнала через железобетонные перекрытия в результате пере отражения сигнала от элементов металлизации и результирующей рефракции, а также из-за влияния высокой степени затухания сигнала в слоях бетона.

2) В модели реализована зависимость коэффициентов затухания и запаздывания от толщины однородного препятствия.

3) Учтена зависимость интенсивности затухания от частоты несущего колебания.

4) Общее искажение параметров принимаемого сигнала учитывает тип материала и его толщину, несущую частоту зондирующего сигнала и неоднородность среды распространения, как в случае с железобетоном.

Данная модель внедрена в процесс проектирования застенных радаров и позволяет скорректировать требования к конструкционным и алгоритмическим решениям разработки как приемных, так и передающих устройств. В дальнейшем планируется усовершенствовать модель и ввести учет как влажности среды, так и температуры, а также учесть влияние излучения силовых кабелей питания, заложенных внутри стен и перекрытий.

Список литературы

1. ГОСТ 33083-2014 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия
2. ГОСТ 7025-91 Кирпич и камни керамические и силикатные.
3. ГОСТ 13015-2012. Межгосударственный стандарт. Изделия бетонные и железобетонные для строительства.
4. *Иммореев И.Я.* Радиолокационное обнаружение живых объектов на фоне отражений от местных предметов / И. Я. Иммореев, И. В. Нелин, Д. А. Охотников // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 194-197. – EDN PDKSOJ.
5. *Лещанский Ю.И., Ульянычев Н.В. и др.* Электрические параметры кирпича, цемента и древесины в диапазоне метровых-сантиметровых радиоволн Ред. журн. «Изв. ВУЗов – Радиофизика». Горький, 1982. 7 с. Ил.-Библиогр.: 2 назв. Рус.-Деп. ВИНТИ. № 4772-82.

1.2.2.

¹А.Ф. Галимянов, ¹Алхузани Моханнад, ²Ф.А. Галимянов¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
кафедра билингвального и цифрового образования,²Казанский национальный исследовательский технологический университет,
кафедра информатики и прикладной математики,
Казань, anis_59@mail.ru, fanisgalimyanov@gmail.com**ОПТИМИЗАЦИЯ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ
ДЛЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ С ПОДВИЖНОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ**

Данная работа посвящена приближенному вычислению дробных интегралов Вейля. Для их приближенного вычисления построены квадратурные формулы, принцип построения которых изложен в книге Габдулхаева Б.Г. и Шарипова Р.Н. Получена эффективная оценка погрешности квадратурной формулы для сингулярных интегралов в случае подвижной особенностей.

Ключевые слова: Квадратурная формула, сингулярный интеграл, погрешность формулы.

Введение

Обычная форма дробного интегрирования по Риману - Лиувиллю оказывается неудобной в теории тригонометрических рядов, имеющей дело с периодическими функциями. В теории тригонометрических рядов пользуются другим определением дробного интегрально - дифференцирования, предложенного Г.Вейлем[1].

1. Определения

$$I_{\pm}^{\alpha} \varphi = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma - t) \psi_{\pm}^{\alpha}(t) dt, \alpha > 0$$

Где

$$\psi_{\pm}^{\alpha}(t) = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos(kt \mp \frac{\alpha\pi}{2})}{k^{\alpha}}$$

-называется дробным интегралом Вейля порядка α .

Постановка задачи

Рассмотрим в классе плотностей $F \subset C_{2\pi}$ сингулярный интеграл уравнение с ядром Вейля[2]:

$$I_{\pm}^{\alpha} \varphi = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma) \psi_{\pm}^{\alpha}(\sigma - s) d\sigma, \alpha > 0 \quad (1)$$

Где

$$\psi_{\pm}^{\alpha}(\sigma - s) = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\cos(k(\sigma - s) \mp \frac{\alpha\pi}{2})}{k^{\alpha}}$$

Определение 1:

Если параметры квадратурной формулы не зависят от положения точки $s \in (0, 2\pi)$, то оптимальной оценкой погрешности квадратурной формулы вида:

$$S = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma) \frac{\cos(k(\sigma - s) \mp \frac{\alpha\pi}{2})}{k^{\alpha}} d\sigma = \\ = \sum_{k=1}^N \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma_i) a_i(s) + R(\alpha, \varphi, s, \sigma_N, A_N) \quad (2)$$

где $A_N = (a_i(s))$ -матрица весовых функций; $\sigma_N = (\sigma_i)_0^N, \sigma_i \in [0, 2\pi]$ - вектор узлов; $i = 0, \dots, N$

В классе F на отрезке $[a, b] \subseteq [0, 2\pi]$ называется величина:

$$V_N(\alpha, F, [a, b]) = \inf_{A_N, \sigma_N} \sup_{\varphi \in F} \sup_{s \in [a, b]} |R(\alpha, \varphi, s, \sigma_N, A_N)|$$

Квадратурная формула, определяемая фиксированным вектором узлов $\sigma_N^0 = \sigma_i^0$ и фиксированной матрицей весов $A_N^0 = a_{ij}^0(s)$, для которой [3]

$$V_N(\alpha; F; [a, b]) = \sup_{\varphi \in F} \sup_{s \in [a, b]} |R(\alpha; \varphi; s; \sigma_N^0, A_N^0)|$$

называется оптимальной по порядку в классе F на отрезке $[a, b]$ среди всевозможных квадратурных формул вида (2).

В связи с этим возникает задача построения и исследования оптимальных квадратурных формул в смысле определения 1 в случае различных способов выбора класса плотностей F .

Оптимизация квадратурных формул для сингулярных интегралов с подвижной особенностью.

Дадим решение задачи. Введем на отрезке $[0; 2\pi]$ равномерную сетку узлов:

$$\sigma_i = \frac{2i}{N}, i = 0, \dots, N \quad (3)$$

Заметим, что она удовлетворяет условию (14) с постоянными $P_1 = P_2 = 1$. Для функции $\varphi \in W^r H_w[0; 2\pi]$ построим, опираясь на лемму 4, на сетке (19) сплайн $S_{r,N}(\varphi; \sigma)$.

Рассмотрим квадратурную формулу вида (2):

$$S(\varphi, s) = \int_0^{2\pi} S_{r,N}(\varphi; \sigma) \psi_{\pm}^{\alpha}(\sigma - s) d\sigma + R(\varphi, s, \sigma_N, A_N) = \\ = \sum_{i=0}^N a_i(s) \varphi(\sigma_i) + R(\alpha, \varphi, s, \sigma_N, A_N), 0 \leq s \leq 2\pi. \quad (4)$$

Где вектор $A_N = a_i(s)$ определяется интегрированием сплайна $S_{r,N}(\varphi; \sigma)$, а координаты σ_N задаются равенствами (3). Погрешность квадратурной формулы (4) характеризует следующая теорема:

Теорема 1:

Справедливо неравенство:

$$\sup_{s \in [0, 2\pi]} |R(\varphi, s, \alpha, \sigma_N, A_N)| \leq F_3 N^{-r} \omega\left(\frac{2\pi}{N}\right)$$

Доказательство:

Воспользуемся леммой 1 для $\delta \in (0; \frac{\pi}{2})$ и $s \in (0; 2\pi)$ имеем:

$$|R(\varphi, s, \sigma_N, A_N)| = |S(\varphi - S_{r,N}; s)| \leq \frac{2c}{\pi\alpha} \|\varphi - S_{r,N}\|_{C_{2\pi}} \left[\frac{\pi}{2}\right]^{\alpha} \\ \leq \frac{c}{\alpha} \left[\frac{\pi}{2}\right]^{\alpha-1} \frac{1}{N^r} \omega\left(\frac{2\pi}{N}\right)$$

Оптимальность по порядку квадратурной формулы (4) устанавливает следующая теорема:

Теорема 2:

Справедливо неравенство

$$V_N\left(W^r H_w[0; 2\pi], \left[\frac{2\pi}{N}, 2\pi - \frac{2\pi}{N}\right]\right) \geq F_4 N^{-r} \omega\left(\frac{1}{N}\right) [4]$$

где постоянная F_4 не зависит от N .

Доказательство:

Возьмем на $[0; 2\pi]$ произвольную сетку узлов:

$$0 \leq \sigma_0 < \sigma_1 < \dots < \sigma_{N-1} < \sigma_N \leq 2\pi$$

В силу Леммы 2 найдутся точка $\xi \in [0; 2\pi]$ и отрезки

$$\Delta_j^* = [\theta_{j-1}; \theta_j],$$

$$\theta_j - \theta_{j-1} = \frac{2\pi}{N+1}, j = 1, \dots, N$$

такие что

$$\sigma_i \notin (\theta_{j-1}; \theta_j), i = 0, \dots, N$$

$$0 < \sigma - s < \frac{3j}{N+1},$$

$$\sigma \in (\theta_{j-1}; \theta_j); j = 1, \dots, n;$$

$$n \geq \frac{N+1}{6}$$

Очевидно, можно считать, что

$$\xi \in [\frac{2\pi}{N}; 2\pi - \frac{2\pi}{N}]$$

Построим функцию следующим образом:

$$\varphi(\sigma) = [B_{r+m}(\sigma), \sigma \in \Delta_j^*; 0, \sigma \notin \Delta_j^*, j = \overline{1, N}]$$

где $B_{r+m}(\sigma)$ –сплайн из Леммы 3 на отрезке Δ_j^* .

Очевидно, что

$$\varphi \in W^r H_w[0; 2\pi]$$

Теперь для произвольных A_N имеем:

$$\sup_{s \in [\frac{2\pi}{N}; 2\pi - \frac{2\pi}{N}]} |R(s, \varphi, \alpha, \sigma_N, A_N)| = \sup_{s \in [\frac{2\pi}{N}; 2\pi - \frac{2\pi}{N}]} |S(s, \varphi, \alpha)| \geq S(\xi, \varphi)$$

Но

$$\begin{aligned} S(\xi, \varphi) &= \int_0^{2\pi} \varphi(\sigma) \psi_{\pm}^{\alpha}(\sigma - \xi) d\sigma = \sum_{j=1}^n \int_{\Delta_j^*} \varphi(\sigma) \psi_{\pm}^{\alpha}(\sigma - \xi) d\sigma \geq \\ &\geq C \sum_{j=1}^n \left(\frac{N+1}{3j} \right)^{1-\alpha} \int_{\Delta_j^*} \varphi(\sigma) d\sigma = \\ &= C \frac{k_2(r-\alpha)}{3^{1-\alpha}} \omega \left(\frac{2\pi}{(N+1)(r-\alpha+2)} \right) \frac{2\pi}{r^{r+1-\alpha}(N+1)^r} \sum_{j=1}^n \frac{1}{j^{1-\alpha}} \geq \\ &\geq F_4 \frac{1}{N^r} \omega \left(\frac{1}{N} \right) \end{aligned}$$

Список литературы

1. Габдулхаев Б.Г., Шарипов Р.Н. Оптимизация квадратурных формул для сингулярных интегралов Коши и Адамара, Констр. теор. функц. и функц. анал., 1987, выпуск 6, 3–48.
2. Galimyanov A.F. Gilemzyanov A.F. Minnegalieva Ch.B. Approximate solution of equations with fractional integrals in teaching students//CEUR Workshop Proceedings. - 2021. - Vol.2910, Is.. - P.57-64.
3. Галимянов А.Ф. Методы решения дробно-интегрального уравнения. //Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук. Материалы международной научно-практической конференции в 2-х частях, часть 1. Изд-во Казанск. ун-та, 2012. С. 106-107.
4. Горская Т.Ю., Галимянов А.Ф. Обобщенный метод Бубнова-Галеркина для уравнений с дробно-интегральным оператором / Известия КГАСУ, №4(30). Казань, 2014, с. 341-345.

1.2.2.

И.Я. Дятлов, Н.М. Труфанова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
кафедра «Конструирование и технологии в электротехнике»,
Пермь, d.i.994@yandex.ru, ktei@pstu.ru

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СТЕПЕНЬ ЗАВЕРШЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ

В работе проведено численное исследование процессов тепломассопереноса и образования поперечных межмолекулярных связей в резиновой изоляции кабельного изделия при прохождении через вулканизационную камеру линии непрерывной вулканизации. Получены зависимости степени завершенности процесса вулканизации изоляции кабеля от различных параметров: толщины изоляции, площади поперечного сечения токопроводящей жилы (ТПЖ), давления вулканизационной среды, скорости изолирования.

Ключевые слова: *кабельное изделие, резиновая изоляция, степень вулканизации, математическое моделирование.*

Кабельно-проводниковая продукция с резиновой изоляцией традиционно очень широко применяется для нестационарной прокладки. Данные изделия незаменимы при подключении передвижных потребителей и остаются крайне востребованными в целом ряде активно развивающихся отраслей современной промышленности.

Требования к качеству кабельной продукции постоянно ужесточаются. Для кабелей со сшиваемой изоляцией важным параметром, оказывающим определяющее влияние на эксплуатационные характеристики готового изделия, является степень завершенности процесса вулканизации, для контроля которой на предприятиях обычно используют стандартную методику [1]. Следует отметить, что указанная методика позволяет определить только соответствие механических характеристик изоляционного покрытия требованиям нормативной документации. Для количественной оценки степени вулканизации применяют метод [2], который дает возможность определить величину массовой доли гель-фракции. Основными недостатками данного метода являются высокая длительность и трудоемкость.

В работе использовалась разработанная ранее осесимметричная математическая модель процессов тепломассопереноса и сшивки изоляции кабеля внутри вулканизационной трубы [3]. Графическое изображение области исследования приведено на рис 1.

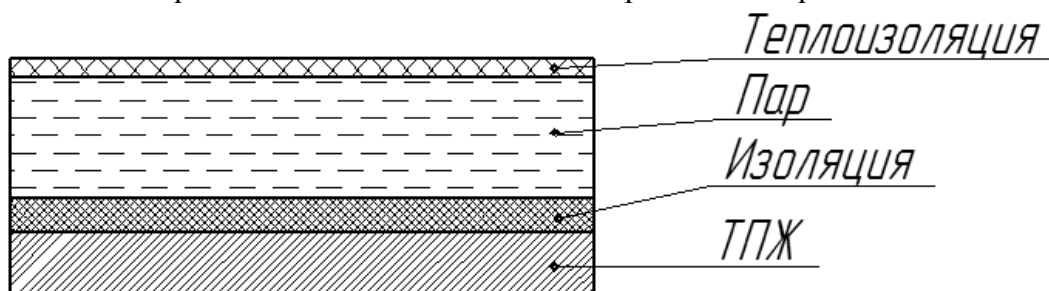


Рис .1 – Область исследования

Расчеты проводились для линии непрерывной вулканизации с внутренним диаметром трубы – 0,1 м, длиной – 83 м. Вулканизирующая среда – насыщенный пар. Давление теплоносителя – (6-17) атм. Рассмотрены три сечения ТПЖ (50, 95, 120) мм² и четыре варианта толщины изоляции (1, 2, 3, 4) мм.

В результате расчетов были получены распределения температуры по внешнему, среднему, внутреннему диаметру изоляции. Внутренний слой нагревается дольше внешнего, поэтому в нем вулканизация начинается позднее. Из распределения температуры по длине внутреннего слоя изоляции рассчитаны кривые вулканизации. На рисунке 2 приведены зависимости степени завершенности вулканизации от давления и температуры пара.

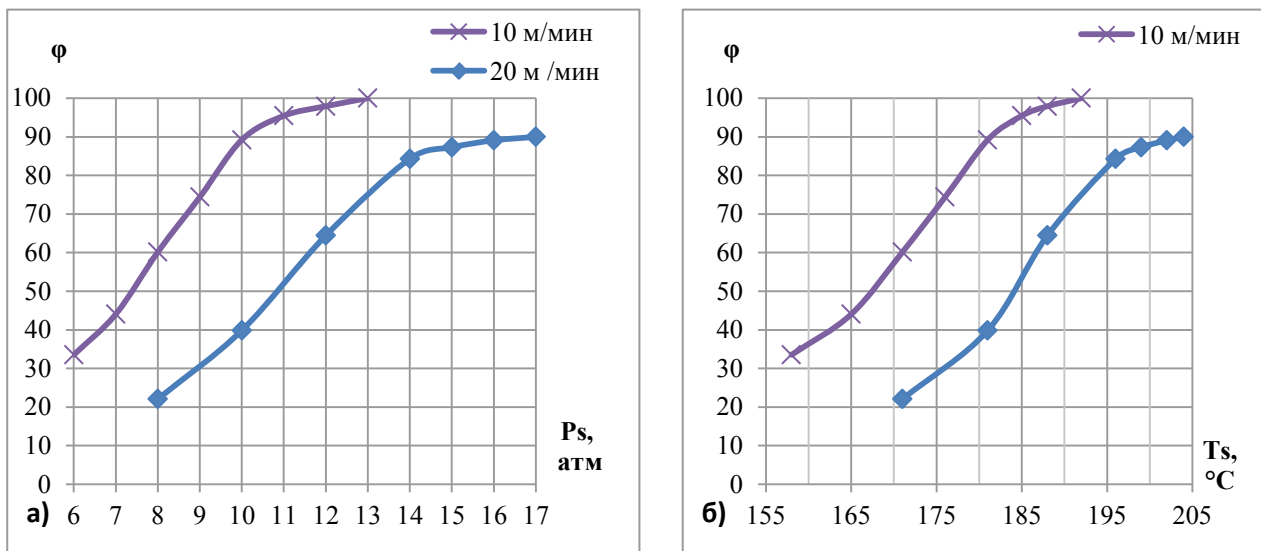


Рис. 2 – Зависимость степени завершенности вулканизации от:

а) давления пара P_s и б) температуры пара T_s

Как видно из рисунка 2-а, б, степень вулканизации до достижения величины 85%-90% практически линейно зависит от давления и температуры теплоносителя: 15 %/атм. при скорости движения изолированной жилы через вулканизационную камеру 10 м/мин и 10 %/атм. при скорости 20 м/мин.

Полученный вид кривых можно объяснить следующим образом. На линейном участке зависимостей увеличение давления приводит к росту температуры пара, что уменьшает время нагрева и вулканизации до тех пор, пока внутренний слой не начнет прогреваться достаточно для достижения величины степени вулканизации порядка 90%. После этого реакция вулканизации протекает с меньшей скоростью, что подтверждается результатами ряда экспериментов [4-6].

Зависимость степени завершенности вулканизации от толщины изоляции и площади поперечного сечения ТПЖ при различных скоростях изолирования представлена на рисунке 3.

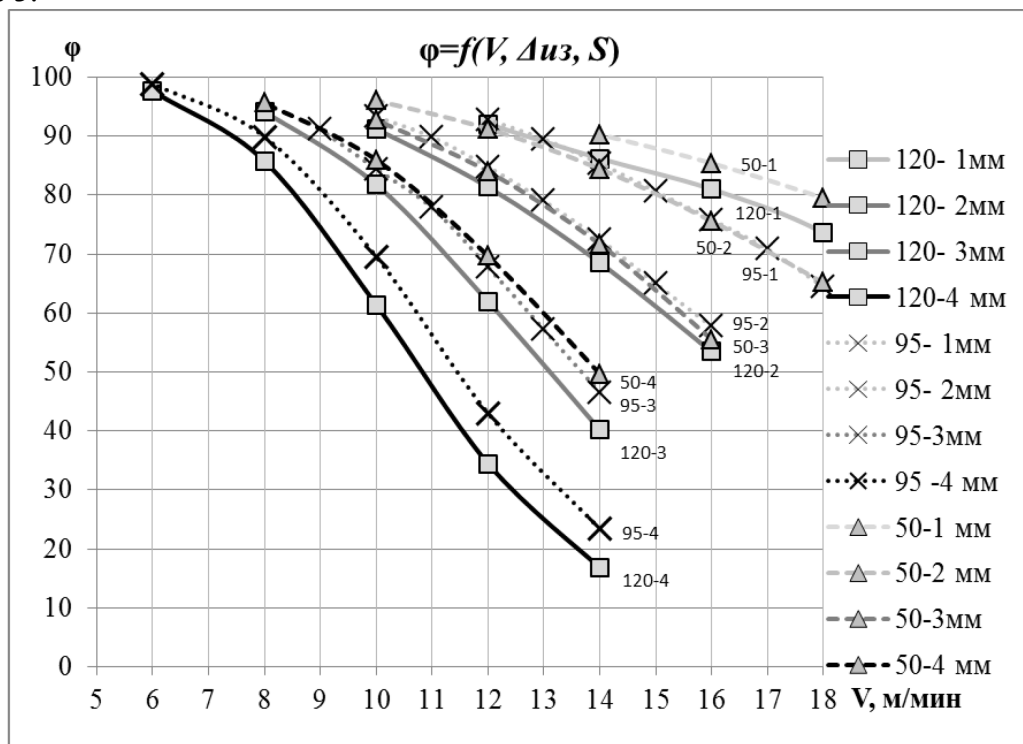


Рис. 3 – Зависимость степени завершенности вулканизации от толщины изоляции и площади поперечного сечения ТПЖ при различных скоростях изолирования

Анализируя полученные результаты (рис. 3), можно сделать вывод, что с увеличением толщины изоляции и сечения ТПЖ возрастает и зависимость степени вулканизации от скорости изолирования. Так, например, для сечения 50 мм^2 изменение скорости на 1 м/мин при толщине изоляции 1 мм приводит к изменению степени завершенности вулканизации на 2,5 %, при толщине 2 мм изменение составляет 5-7 %, при толщине 3 мм изменение составляет 5-9 %, при толщине 4 мм изменение составляет 9-10 %. Для других сечений диапазон изменения скорости находится в тех же пределах, и составляет порядка 5-10 % на линейном участке кривой.

Графическая зависимость, представленная на рисунке 3, была преобразована в зависимость скорости изолирования от толщины изоляции и сечения ТПЖ при величине степени завершенности вулканизации 90 %. Полученный результат приведен на рисунке 4.

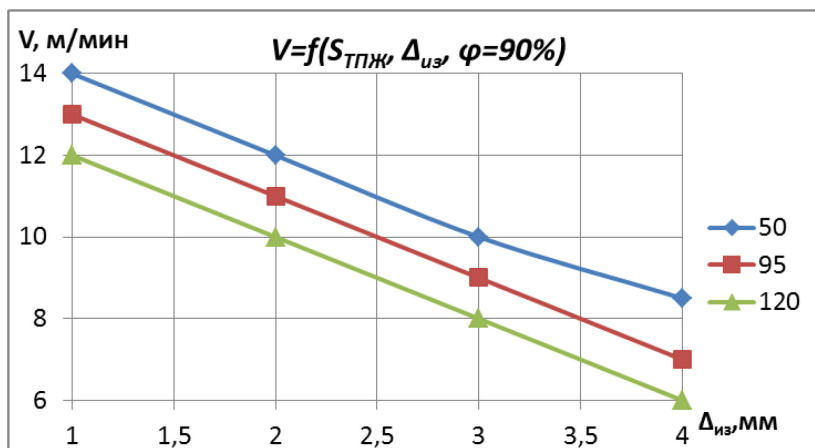


Рис. 4 – Зависимость скорости изолирования от толщины изоляции и сечения ТПЖ при величине степени завершенности вулканизации 90 %

Из рисунка 4 видно, что зависимости скорости изолирования от толщины изоляции носят практически линейный характер, при этом для достижения вышеуказанной степени вулканизации скорость изолирования должна уменьшаться на 2 м/мин с увеличением толщины изоляции на 1 мм.

Дополнительно следует отметить, что скорость изолирования может быть увеличена на 1 м/мин при снижении площади поперечного сечения ТПЖ со 120 мм^2 до 95 мм^2 и с 95 мм^2 до 50 мм^2 .

В работе проведен анализ различных режимов работы линии, рассмотрены различные варианты сечений ТПЖ и толщин изоляции. Рассчитана скорость изолирования, при которой степень вулканизации достигает 90% для исследуемого диапазона сечений ТПЖ и толщин изоляции. Полученные результаты можно использовать для анализа существующих технологических режимов, а также для разработки новых.

Благодарность

Работа подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 20-31-90045)

Список литературы

1. ГОСТ ИЕС 60811-507-2015 Кабели электрические и волоконно-оптические. Методы испытаний неметаллических материалов. Часть 507. Механические испытания. Испытания на тепловую деформацию для сшитых композиций.
2. ГОСТ Р 59112-2020 Трубы и фитинги из сшитого полиэтилена (РЕ-Х) Оценка степени сшивки по содержанию гель-фракции.
3. Дятлов И.Я., Труфанова Н.М. Управление производственной линией вулканизации изоляции силового кабеля// Прикладная математика и вопросы управления, № 3, 2021, с. 81–94.
4. Дятлов И.Я., Труфанова Н.М. Исследование процесса вулканизации резиновой смеси при помощи ротационного реометра; Научно-технический вестник Поволжья; № 7, 2018, с. 91-94
5. Ghoreishy M.H.R. A state-of-the-art review on the mathematical modeling and computer simulation of rubber vulcanization process. // Iran Polym J 25, 89–109 (2016). <https://doi.org/10.1007/s13726-015-0405-5>
6. Rabiei S. Worya and Akbar Shojaei. Vulcanization kinetics and reversion behavior of natural rubber/styrene-butadiene rubber blend filled with nanodiamond – the role of sulfur curing system..// European Polymer Journal 81 (2016): 98-113. <https://doi.org/10.1016/J.EURPOLYMJ.2016.05.021>

1.2.2.

М.А. Круглов, Н.В. Андреянов, Д.Н. Сафина

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ,
институт компьютерных технологий и защиты информации,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
Казань, grenders22@gmail.com, nik57643@ya.ru, dilyara.safina.20@mail.ru

РАСПОЗНОВАНИЕ ОБРАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТУРОВ ОБЪЕКТОВ

В работе представлен разработанный метод распознавания образов объектов на изображении с использованием контуров самих объектов. Представлена работа программного обеспечения для работы с данным методом. Проведено тестирование точности его работы. Описаны выводы.

Ключевые слова: компьютерное зрение, распознавание образов, распознавание объектов.

Введение

Компьютерное зрение одно из самых популярных направлений в современном мире информационных технологий. Оно используется при проектировании беспилотных систем, систем обнаружения и распознавания объектов. Каждое из этих направлений имеет различные конечные результаты. Однако в большинстве из них важна не только точность, но также и скорость выполнения алгоритмов распознавания.

Данная работа посвящена разработке и анализу метода для распознавания объектов на изображении. При написании работы была поставлена цель разработать метод распознавания объектов, требующий минимальных вычислительных затрат и одновременно с высоким уровнем точности. Результаты работы данного метода и его объективные преимущества и недостатки представлены в конце.

Описание и составление алгоритма работы метода

Данный метод основан на свойстве точек, а именно расстояние всех точек контура останется одинаковым при их взаимном масштабировании, перемещении, повороте, отражении и искажении. Исходя из данного свойства был разработан метод распознавания объектов на основе контуров объекта.

Для работы метода необходимо эталонное изображение искомого объекта. Во-первых, необходимо найти точки контура объекта на изображении. Точки данного контура имеют строгую последовательность друг за другом вокруг объекта, а также контур единственный и замыкается в стартовой точке.

Далее зная точки контура необходимо найти матрицу смежности, которая показывает расстояние координат между всеми точками. Данная матрица смежности и станет определяющей объект информацией.

Точно такие же действия выполняются с изображением, в котором осуществляется поиск объекта. На данном изображении находятся все контура и матрицы смежности точек внутри. Данная матрица сравнивается с эталонной и находится результат их совпадения.

Алгоритмически данный метод представляется следующим образом. Для начала берем изображение, на котором находится эталонный объект. Переводим его в цветовую модель GRAY. Отталкиваясь от того, что объекты на изображении имеют одну общую цветовую палитру, можно применить на полученном изображении пороговую бинаризацию. Пороговая бинаризация использует некоторое пороговое значение, которое сравнивается со значение яркости точки. Если оно меньше порога, то приравнивается к 0, если больше - 1. Таким образом получаем все значения точек равны 1 либо 0.

Благодаря этому можно получить контура всех имеющихся объектов на изображении. Контура находятся с использованием оператора Преувитта. Данный метод позволяет достаточно точно определить координаты всех точек контура. Далее на данном эталонном изображении выбираем вручную интересующий нас контур образа.

Теперь зная координаты всех точек контура необходимо найти расстояний между всеми точками контура. И поместить их в матрицу смежности. Матрица смежности – это матрица расстояний между всеми точками. Однако в таком виде матрица не может служить универсальными данными для сравнения. Необходимо ее усреднить. Для этого при составлении матрицы смежности необходимо:

1) Представляем координаты всех точек в виде комплексных чисел $x=x_n+iy_n$, где n порядковый номер координаты;

2) Центрировать координату x относительно среднего значения;

3) Вычислить нормированные координаты по следующей формуле:

$$x^n = \frac{Re(x_0)}{\max(Re(x_0))} + i \frac{Im(x_0)}{\max(Im(x_0))}$$

Далее составляется матрица смежности на основе расстояний между полученными координатами точек. Теперь представив данную матрицу смежности в виде бинаризованного изображения, его можно сохранить для последующего сравнения с другими объектами. Примерный вид изображения матрицы будет иметь следующий вид, представленный на рисунке 1.

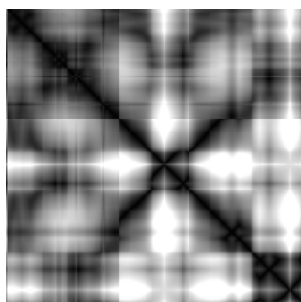


Рис. 1 – Визуализация матрицы смежности

Данный эталон будет использоваться для поиска аналогичного объекта на другом изображении. Для сравнения найденного контура с эталонным необходимо проделать аналогичные действия, однако перед сравнением изображения матриц необходимо привести в одинаковое размерности и только после этого сравнивать. Результат схожести визуализаций матриц смежности будет являться результатом сравнения двух объектов. Пороговое значение схожести может быть выбрано любое и зависит лишь от поставленной задачи работы программы.

Как можно заметить, для работы данного метода достаточно сохранить единственный эталонный образ объекта для его точного распознавания. Данная особенность отлично применима для работы с ограниченным количеством данных об объекте, либо для работы на слабых системах с ограниченной памятью.

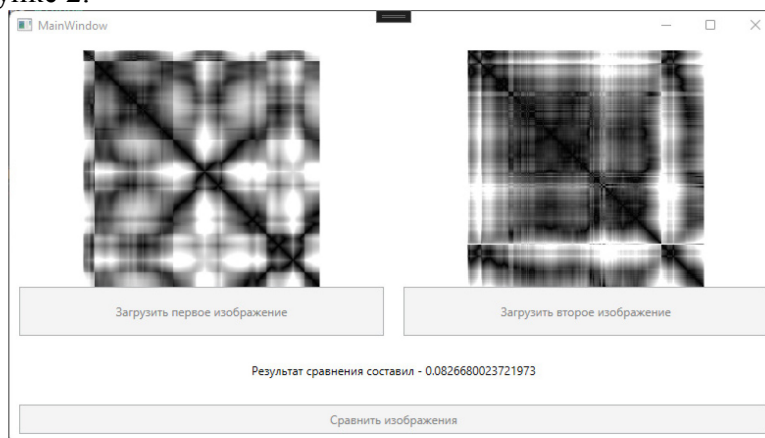
Ограничения работы метода

Описанный ранее разработанный алгоритм распознавания образов с использованием контуров имеет ряд ограничений. Основное ограничение связано с качеством представляемых изображений. Если при работе с данным изображением усложниться и из-за этого снизиться точность найденного контура образа изображения, так же снизиться и точность определяемого объекта.

Менее очевидным ограничением является ограниченность проекции объемного объекта. Если контур образа объекта в проекции будет кардинально отличаться от проекции другой координатной плоскости возникнет ошибочное предположение о том, что это другой объект. Однако данное ограничение разрешается достаточно легко. Необходимо расширить количество контрольных образов для искомого изображения.

Результаты работы алгоритма

На основе вышеизложенного алгоритма была разработана его программная реализация. В качестве языка программирования выбран C#, WPF в качестве пользовательского интерфейса и OpenCVSharp для работы с изображениями. В качестве оптимизации использовалось лишь распараллеливание работы с матрицами. Пользовательский интерфейс представлен на рисунке 2.



Ри.2 – Пользовательский интерфейс

Были выбраны различные изображения в качестве эталонных которые в последствии сравнивались с различными искомыми объектами. Точность данного алгоритма составила 82%. Однако ни разу не было выявлено ошибочное совпадение, а ошибочное несовпадение в 71% случаев было близко к пороговому значению, которое было равно 0.7.

Заключение

Из представленных результатов можно сделать вывод, что данный метод распознавания образов с использованием контуров объектов, имея высокую точность, может быть применен в системах компьютерного зрения. Он не требователен к ресурсам и может выполняться на слабом железе.

В качестве плюсов данного алгоритма можно выделить малое время выполнения работы алгоритма, и высокую. А также для точного распознавания может быть достаточно одного эталонного изображения. При этом не требуется, чтобы сравниваемые изображения были расположены одинаково. Как описывалось ранее, объекты могут быть повернуты, масштабированы и даже искажены, и это не повлияет на конечный результат сравнения образов объектов.

Из минусов же явно выделяется введение дополнительных условий при работе алгоритма описанные выше. Именно поэтому данный метод может, либо должен использоваться в совокупности с дополнительными аргументами при сравнении образов.

Представленный в данной статье метод распознавания образов с использованием контуров объектов может быть использован в различных автоматизированных системах, в которых необходимо быстро и точно распознать объект. Данный вывод основан на результатах, представленных выше экспериментов.

Список литературы

1. Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Обработка изображений в системах компьютерного зрения, 2020
2. Мэтью Мак-Дональд, WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов, Вильямс 2013
3. Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning OpenCV. O'Reilly Media, October 2008.
4. Linda G. Shapiro, George C. Stockman, Computer Vision, Pearson 2001
5. David Forsyth, Jean Ponce, Computer Vision: A Modern Approach, Pearson 2011

1.2.2

К.С. Кучев, И.Н. Бояршинова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
кафедра вычислительной математики, механики и биомеханики,
vmm@pstu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛИ ПРИ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКЕ

В статье рассматривается циклический удар дроби в одну точку упругопластической пластины с целью исследования распределения остаточных напряжений в поверхностном слое детали. Результаты исследования получены с использованием программного пакета MAPDL. Найдено распределение остаточных напряжений в зависимости от скорости дроби и количества ударов.

Ключевые слова: упругопластический удар, поверхностное пластическое деформирование, дробеструйная обработка, контактная задача, остаточные напряжения.

В деталях машин, работающих при динамических и циклических нагрузках, трещины усталости возникают в поверхностных слоях под влиянием растягивающих напряжений [1]. В связи с этим на производстве применяются методы поверхностного упрочнения, в ходе которого на поверхности детали формируются остаточные напряжения сжатия, защищающие поверхность от усталостных повреждений.

От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства детали: сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная стойкость, и т.д. Одним из наиболее распространенных методов поверхностного пластического деформирования является метод дробеструйной обработки [2].

В предлагаемой работе представлено исследование распределения остаточных напряжений в поверхностном упрочненном слое детали, подвергнутой дробеструйной обработке.

Постановка задачи

В качестве этапа моделирования процесса поверхностной обработки детали в данной работе рассматривается численное решение задачи циклического упругопластического удара дроби в одну точку упрочняемой поверхности при помощи теоремы о разгрузке.

Предлагаемая задача может быть рассмотрена как упругопластическая плоская контактная задача динамики. Исследование остаточных напряжений проводится в поле сил тяжести без учета температурных нагрузок и сил трения, возникающих в месте контакта тел.

Напряженно-деформированное состояние упругопластического тела в общем случае можно описать системой уравнений в приращениях:

$$\begin{cases} \nabla \cdot d\boldsymbol{\sigma} + d\mathbf{F} = 0, & \mathbf{x} \in V; \\ d\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{D} \cdot d\boldsymbol{\varepsilon}, & \mathbf{x} \in V; \\ d\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2}(\nabla d\mathbf{u}^T + \nabla d\mathbf{u} + \nabla d\mathbf{u}^T \nabla d\mathbf{u}), & \mathbf{x} \in V; \\ \mathbf{n} \cdot \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{F}, & \mathbf{x} \in S_F; \\ \mathbf{u} = \mathbf{u}_0, & \mathbf{x} \in S_U, \end{cases} \quad (1)$$

где $d\boldsymbol{\sigma}$, $d\boldsymbol{\varepsilon}$, $d\mathbf{u}$ - приращение тензора напряжений деформаций и перемещений соответственно, $d\mathbf{F}$ - приращение массовых сил, $\mathbf{D}$ - тензор упругопластических свойств материала, $\mathbf{n}$ - единичный вектор внешней нормали к поверхности.

На рисунке 1 представлена расчетная схема системы, которая включает в себя: 1 – сферическое твердое тело; 2 – упругопластическую упрочняемую пластину. Ввиду осевой симметрии рассматривается половина исследуемой области. Дробь рассматривается как сферическое упругое тело, материал которого – ШХ15. Обработке подвергается упругопластическая толстая пластина из жаропрочного никелевого сплава ЖС32-ВИ.

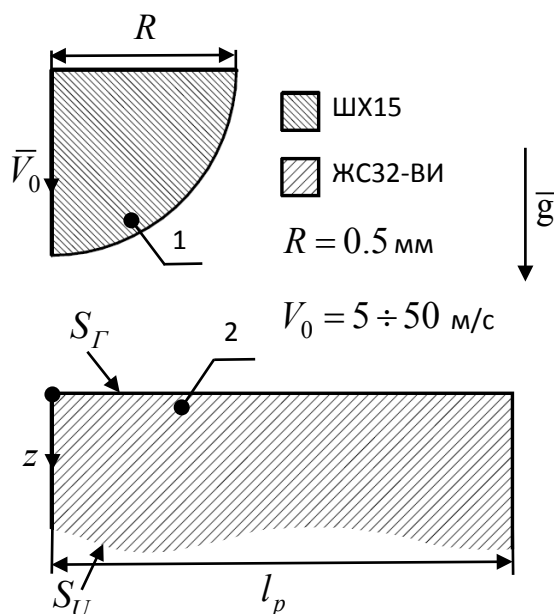


Рис. 1 – Расчетная схема соударения сферического тела и полупространства

Поверхность контакта считается плоской, пластина рассматривается как полупространство, так как толщина поверхностного упрочненного слоя детали во много раз меньше толщины пластины.

В таблице 1 представлены физико-механические свойства используемых материалов [3].

Таблица 1 – Физико-механические свойства материалов

Материал	E , ГПа	σ_T , МПа	σ_B , МПа	Коэф. Пуассона ν
ЖС32-ВИ	159	794	975	0.3
ШХ15	211	390	700	0.44

При решении данной задачи рассматривалось взаимодействие тел с использованием условий скольжения без трения:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{u}_n^1(\mathbf{x}, t) - \mathbf{u}_n^2(\mathbf{x}, t) &= \delta_n(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in S_\Gamma, t > 0; \\
 \sigma_n^1(\mathbf{x}, t) &= \sigma_n^2(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in S_\Gamma, t > 0; \\
 \sigma_\tau^1(\mathbf{x}, t) &= \sigma_\tau^2(\mathbf{x}, t) = 0, \quad \mathbf{x} \in S_\Gamma, t > 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где $\mathbf{u}_n^1$ и $\mathbf{u}_n^2$ – проекции векторов перемещений на направление внешней нормали к границе тела 1, δ_n – начальное расстояние по нормали между границами тел 1 и 2, σ_n^1 и σ_n^2 – нормальные напряжения, а σ_τ^1 и σ_τ^2 – касательные напряжения на границах тел 1 и 2 соответственно, S_Γ – граница контакта.

Анализ результатов

Результаты решения задачи получены с использованием программного пакета MAPDL. Исследовалось влияние скорости дроби и количества циклов нагружения на формирование остаточных напряжений в поверхностном слое пластины. Для исследования влияния скорости падения дроби на изменение остаточных напряжений в пластине проведены расчеты пяти циклов упругопластического удара при различных скоростях дроби, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты численных расчетов при разной скорости дроби

Скорость дроби V , м/с	5	10	20	50
Макс. ρ_x , МПа	796.04	943.98	1040.7	1092.5
Макс. ρ_y , МПа	263.92	365.85	390.22	519.03
Осадка материала h , мкм	2.14	5.22	12.22	35.59
Толщина упрочненного слоя z , мкм	104.17	171.8	272.52	540.85

Влияние скорости дроби на изменение остаточных главных напряжений ρ_x и ρ_y в поверхностном слое детали в точке удара показано на рисунке 2.

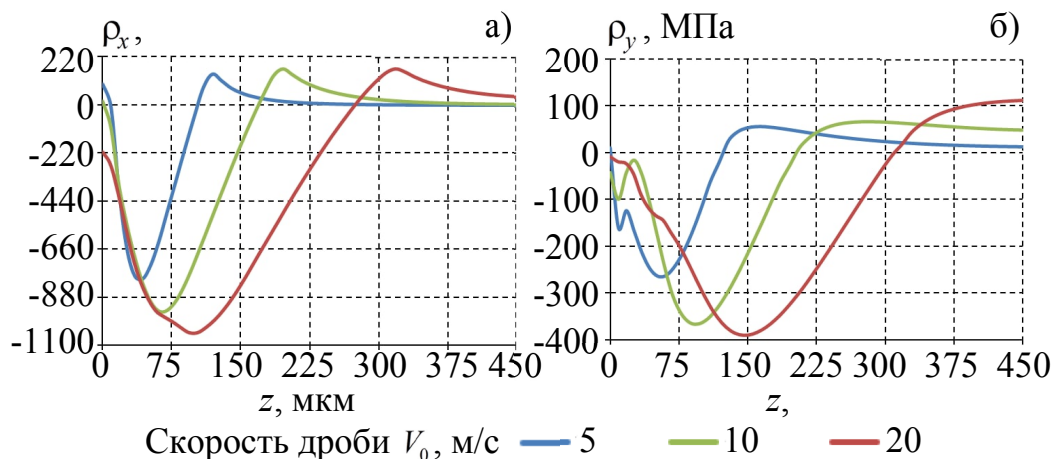


Рис. 2 – Влияние скорости дроби на изменение остаточных напряжений по глубине упрочняемого слоя

Как видно из полученных результатов, остаточные напряжения являются самоуравновешенными, в упрочненном слое образуются остаточные сжимающие напряжения, а под ним – растягивающие. На графиках заметно, что при увеличении скорости дроби возрастает как толщина упрочненного слоя (ось z), так и максимум напряжений по модулю.

При циклическом нагружении характерной особенностью является приспособляемость материала, при которой изменение пластических деформаций за цикл прекращается.

С целью качественного сравнения результатов с аналитическими решением, представленным в работе [4], рассматривалось поведение распределения остаточных напряжений при увеличении количества ударов. Проведено сравнение численных решений при изменении количества ударов от 5 до 100 при начальной скорости дроби $V_0 = 20$ м/с. Результаты показаны на рисунке 3.

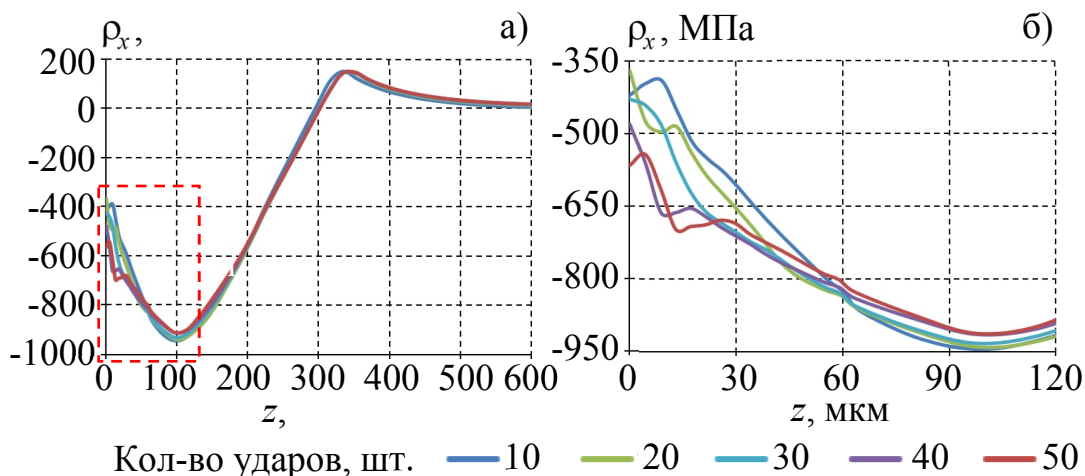


Рис. 3 – Влияние скорости дроби на изменение остаточных напряжений по глубине упрочняемого слоя: а) ρ_x ; б) ρ_x вблизи поверхности

Из полученных результатов можно заметить, что при увеличении количества ударов максимальные остаточные напряжения уменьшаются, а глубина упрочняемого слоя растет. На рисунке 3 б видно, что величина остаточных напряжений сжатия на поверхности пластины смещается к пределу текучести: значению, которое теоретически должны принять остаточные напряжения в приспособившемся материале.

Список литературы

1. Котенева Н.В. Метод переменных параметров для решения контактной задачи однородных твердых тел // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения. – 2019. – С.234-238.
2. Чурикова А.В., Трофимов В.Н., Ширяев А.А. Условия формирования наноструктурного слоя при дробеструйной обработке // Математическое моделирование в естественных науках. – 2018. – №6. – С.475-480.
3. Тихомирова Е.А., Живушкин А.А., Гецов Л.Б., Рыбников А.И. К вопросу исследования свойств жаропрочных никелевых монокристаллических суперсплавов // Тяжелое машиностроение. – 2011. – №9. – С.23-28.
4. Бояришинова И.Н. Механика и оптимизация процесса формирования остаточных напряжений при поверхностном пластическом деформировании: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Пермь, 1996. – 16 с.

1.2.2.

С.А. Серебрянский, Хуан Чжэн, Ю.Н. Тихтей, В.В. Кременчуцкий

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ САМОЛЁТНЫХ СИСТЕМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ**

Уровень надёжности изделий авиационной техники определяется техническими требованиями, соответствие которым обеспечивается выполнением ряда проектных и конструктивно-производственных решений. Соответствие изделия заданным требованиям подтверждается результатами испытаний и периодическими проверками на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: *надёжность, система, элемент системы, параллельное соединение, последовательное соединение, показатели безопасности.*

Введение

Уровень надёжности является одним из факторов обеспечивающих конкурентоспособность изделий авиационной техники [1]. При этом, характеризуется рядом показателей, среди которых наиболее часто используется такой как вероятность безотказной работы, это вероятность того, что в заданном интервале времени не возникнет событие отказа изделия. Рассматриваемый показатель является как характеристикой изделия в целом, так и его составных частей (системы, подсистемы, агрегаты, отдельные элементы и т.д.). С увеличением времени нахождения в эксплуатации или продолжительности непрерывной работы систем и изделий на заданных режимах уровень безотказности снижается, при этом снижаются показатели эксплуатационной технологичности и уменьшаются запасы долговечности конструкции в целом [2].

При выполнении оценки и анализе уровня надёжности сложных технических систем необходимо различать схемную надёжность системы в целом и физическую надёжность её отдельных элементов.

Постановка задачи

В данной работе все термины и определения рассматриваются применительно к самолётным системам, и используются в периоды проектирования, разработки конструкции, производства и испытаний на надёжность.

При проектировании система должна удовлетворять всем техническим требованиям, которые можно разделить на:

основные, обеспечивающие выполнение заданных функций;

– вспомогательные, связанные с компоновкой, требованиями эксплуатационной технологичности и др.

В соответствии с этим все элементы самолётных систем (гидравлическая, газовая, топливная и др.) делят на основные и вспомогательные. Вспомогательные элементы не связаны непосредственно с выполнением заданных функций системы и не влияют на её работоспособность.

В рамках теории надёжности каждая самолётная система характеризуется техническим состоянием и приспособленностью к восстановлению после потери работоспособности. При этом, комплексным свойством является её надёжность.

Метод решения

Для определения показателя надёжности (вероятность безотказной работы $P(t)$ в течение заданного интервала времени t) используется метод логических схем с учётом структуры системы состоящей из последовательно и параллельно соединённых функциональных элементов (изделий, агрегатов).

Исходной информацией для построения структуры исследуемой системы (рис.1) является описание перечня функций (назначение) и требования, предъявляемые к ней. На основе этих данных составляется функциональная схема и перечень типовых отказов входящих в неё элементов [3, 4]. При построении структурной схемы, выделяются элементы, отказы которых не влияют на работоспособность системы и элементы, отказы которых оказывают влияние на её работоспособность.

Каждая схема (для определения отказного состояния) строится с использованием функциональных блоков, которые определяют вероятность отказа. В логической схеме блоки отображаются в виде прямоугольников и соединяются в последовательном или параллельном порядке, в соответствии с функциональной схемой. Такие прямоугольники располагаются в последовательные цепи (фильтры грубой и тонкой очистки) или параллельные (перекачивающие насосы, насосы подкачки). Последовательные цепи (рис. 2) отражают состояние логического «или», параллельные цепи (рис. 3) отражают состояние логического «и».



Рис. 1 – Алгоритм решения задачи

Для расчета вероятности безотказной работы $P(t)$ используются выражения (1) и (2).

Цепь, которая состоит из m независимых элементов функционально связанных таким образом, когда отказ одного из них приводит к отказу всей системы, отображается схемой последовательного соединения.



Рис. 2 – Последовательное соединение элементов

В данном случае вероятность безотказной работы определяется как:

$$P(t) = \prod_{j=1}^m P_j(t) \quad (1)$$

Цепь, состоящая из n независимых элементов связанных функционально таким образом, когда отказ системы возникает при отказе всех элементов, отображается схемой параллельного соединения.

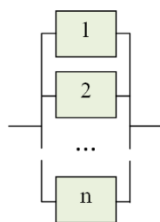


Рис. 3 – Параллельное соединение элементов

Вероятность безотказной работы определяется как:

$$P(t) = 1 - \prod_{j=1}^n [1 - P_j(t)] \quad (2)$$

где: $P_j(t)$ – вероятность безотказной работы j -го элемента;

m – количество последовательно соединённых элементов;

n – количество элементов соединённых параллельно.

Топливная система самолёта представляет собой сложный комплекс большого количества функционально взаимосвязанных подсистем. Для обеспечения требуемого уровня надёжности применяется структурное резервирование. С учётом этого логические схемы становятся достаточно сложными и могут включать множественное использование единичных отказов в исследуемой системе. В большинстве случаев элементы в таких схемах структурируются по принципу параллельно-последовательного соединения. Как ограничение принимается отсутствие последовательности отказов (потока отказов).

Определение надёжности для схемы *общего резервирования* (рис.4) осуществляется с помощью структурно-логической схемы одного резервированного элемента путём замены последовательно соединённых элементов эквивалентными элементами.

Каждая из n резервированных цепей включает в себя m элементов. Как допущение принимаем, что элементы основной и резервной цепи логической схемы имеют одинаковую надёжность. Кратность резервирования равна n .

Реализация данной схемы приводит к тому, что событие (вероятность) отказа системы (3), наступает при отказе всех $(n+1)$ параллельных цепей, основной и резервных.

$$P(t) = 1 - [1 - \prod_{j=1}^m P_j(t)]^{n+1} \quad (3)$$

Для оценки показателей надёжности схемы *раздельного резервирования* (рис. 5) необходимо определить показатели надёжности резервируемого элемента. Тогда характеристики надёжности системы в целом получают при помощи расчётных формул для основного соединения (4), где в качестве расчётных элементов используются резервируемые группы элементов.

$$P(t) = \prod_{j=1}^m \{1 - [1 - P_j(t)]^{n+1}\} \quad (4)$$

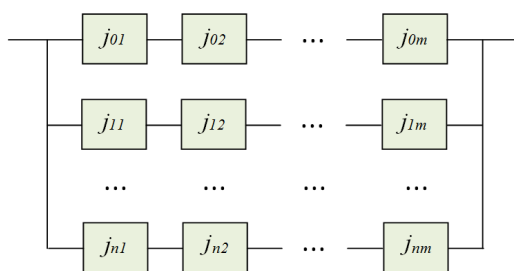


Рис. 4 – Логическая схема общего резервирования

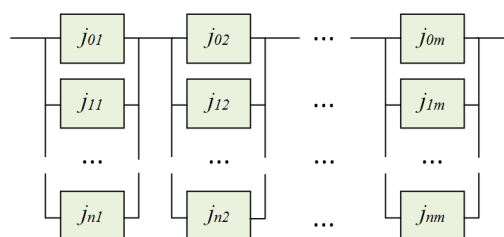


Рис. 5 – Логическая схема раздельного резервирования

При раздельном резервировании каждый элемент основной цепи логической схемы (j_{0m}) имеет свои резервные элементы j_{nm} . Для каждого отдельного случая кратность элементов цепи может быть различной.

Результаты исследования

В ходе исследований были определены качественные зависимости изменения вероятности безотказной работы системы от вида логической схемы.

Для логических схем, как общего резервирования, так и раздельного резервирования (рис. 6) характерно:

- при $n \rightarrow \infty, P(t) \rightarrow 1$;
- при $m \rightarrow \infty, P(t) \rightarrow 0$.

Необходимо учитывать тот факт, что увеличение количества элементов в системе приводит к увеличению её массы, так же ухудшаются показатели доступности и контролепригодности.

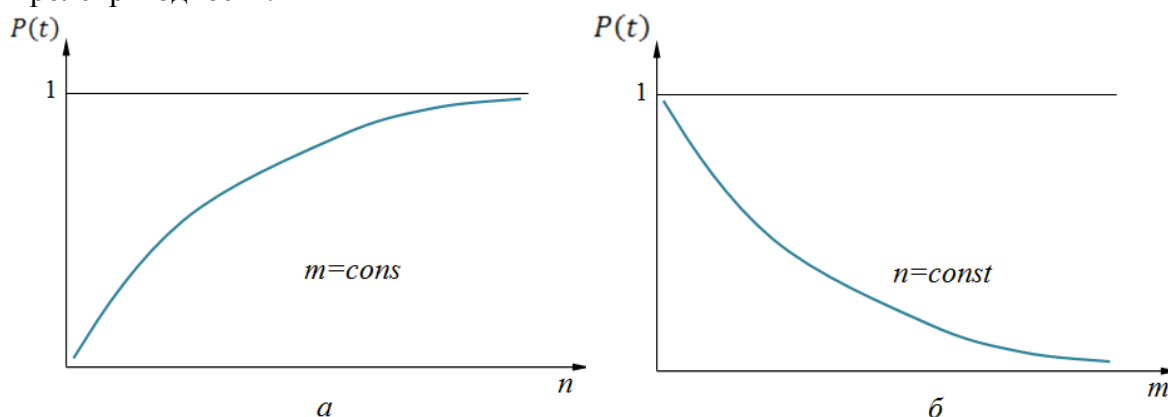


Рис. 6 – Зависимости изменения вероятности безотказной работы системы ($P(t)$) от конфигурации ($m \times n$) логической схемы.

Выводы

На самом начальном этапе разработки системы можно качественно оценить возможность выполнения заданных требований по надёжности, предварительно определив вероятностные характеристики надёжности её элементов. Обосновать структурную схему изделия (системы) и необходимый уровень надёжности комплектующих элементов, агрегатов и узлов.

Уровень физической надёжности элементов, как правило, определяется конструктором в зависимости от количества конструктивных элементов, применяемых материалов и технологических процессов. Оценка проводится по результатам испытаний или эксплуатации большого числа элементов.

Список литературы

1. Братухин А.Г., Серебрянский С.А., Стрелец Д.Ю. и др. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники. Москва, МАИ, 2020, 448 с. ISBN 978-5-4316-0694-6
2. Попов, Ю.И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал. – 2019. – № 12(273). – С. 32-39.
3. Бойко О.Г. Правомерность использования интегральных функций распределения случайных величин в расчетах надежности функциональных систем // Вестник СибГАУ. Вып. 4(21). Красноярск, 2008. С. 104–120.
4. Бойко О.Г., Шаймарданов Л.Г. Методологические особенности расчета схемной надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации // Вестник СибГАУ. Вып. 4(17). Красноярск, 2007. С. 120–125.

1.2.2.

Хуан Чжэн, М.В. Шкурин

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва

**ПОДХОД К СОЗДАНИЮ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЛИКА
ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЁТА**

Масса топлива на самолетах различных классов варьируется в диапазоне 10-60% взлетной массы, поэтому размещение топлива на его борту является актуальной конструктивной и компоновочной задачей.

Выбранное при компоновке самолета расположение, конфигурация и объемы топливных баков определяют порядок расходования топлива в полете и построение схемы топливной системы самолета.

В данной статье описывается подход к формированию облика топливной системы неманевренного самолета, приводится алгоритм формирования облика такой системы, а также алгоритм определения требуемого количества топлива и определения требуемого объема и количества топливных ёмкостей.

Ключевые слова: топливная система, топливные емкости самолета, компоновка топливных емкостей.

Введение

Топливная система (ТС), как одна из составляющих частей силовой установки – один из важнейших компонентов, которые определяют облик самолета, обеспечивают его качественную определенность и являются той основой, на которой komponуются остальные системы, обеспечивающие специфику выполняемой самолетом задачи.

Вопросу формированию облика топливных систем на ЛА различного класса был посвящен ряд работ: К.А. Жукова, Б.А. Углова [1], Л.Г. Клеминой [2], И.В. Чепурных, С.А. Чепурных [3], Б.А. Чичкова [4], Л.Б. Лещинера, И.Е. Ульянова, В.А. Тверецкого [5], Вопросам математического моделирования работы топливной системы посвящены работы А.В. Ялозо [6], Д.И. Смагина [7], Л.Л. Вышинского, Ю.А. Флерова [8].

Проектирование топливной системы самолета начинается с анализа требований и выбора ее структурной схемы. При этом на ранних этапах проектирования требуется рассмотреть возможные альтернативные варианты.

В данной работе под авиационной топливной системой понимается весь комплекс устройств, существенно определяющий надёжность и безопасность полета и обеспечивающий хранение топлива в баках и его подачу в камеру сгорания двигателя, а также при необходимости перекачку топлива для балансировки самолёта.

Основная часть

Топливная система современного ЛА представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных подсистем: заправки и слива топлива, перекачки топлива и подачи его к двигателю (контур питания), подбора остатков топлива, слива топлива, командного давления, охлаждения топливом, дренажа и наддува топливных баков.

ТС предназначена для размещения топлива на ЛА, подачи топлива к насосам двигателя (двигателей) на всех режимах его работы и выполнения ряда вспомогательных функций.

К топливной системе предъявляются следующие основные требования:

- вместимость топливных баков должна обеспечивать полет самолета на заданную дальность (продолжительность) при использовании всех видов топлива, допущенных к эксплуатации на данном ЛА;

- обеспечение двигателей топливом на всех режимах полета ЛА;
- обеспечение использования всего запаса топлива для работающих двигателей в случае отказа части двигателей;
- сохранение топлива в исправных баках при повреждении других;
- применение (в случае необходимости) централизованной системы заправки топливом ЛА;
- простота в управлении, удобство и безопасность эксплуатации системы в полете и на земле;
- обеспечение центровки ЛА в заданном диапазоне за счет определенного порядка выработки топлива из баков;
- обеспечение высокой эксплуатационной живучести и надёжности топливной системы.

Целесообразно вести проектирование ТС в соответствии с Авиационными правилами АП25. Общие положения:

- каждая топливная система должна быть сконструирована и выполнена таким образом, чтобы обеспечивалась подача топлива с расходом и давлением, установленными для нормальной работы основного и вспомогательного двигателей во всех ожидаемых условиях эксплуатации, в том числе при всех маневрах, на которые запрашивается сертификат и в течение которых разрешена работа основных и вспомогательных двигателей;

- каждая топливная система самолета с газотурбинными двигателями должна быть способна длительно работать во всем диапазоне расходов и давлений топлива, содержащего максимально возможное в ожидаемых условиях эксплуатации количество растворенной и свободной воды и охлажденного до наиболее критической с точки зрения обледенения температуры, которые могут встретиться в эксплуатации.

Предъявленные **требования** определяют технический облик топливной системы (структуру построения системы, состав и характеристики элементов, входящих в нее).

Исходя из вышесказанного, предлагается алгоритм формирования облика топливной системы, представленный на рисунке 1.

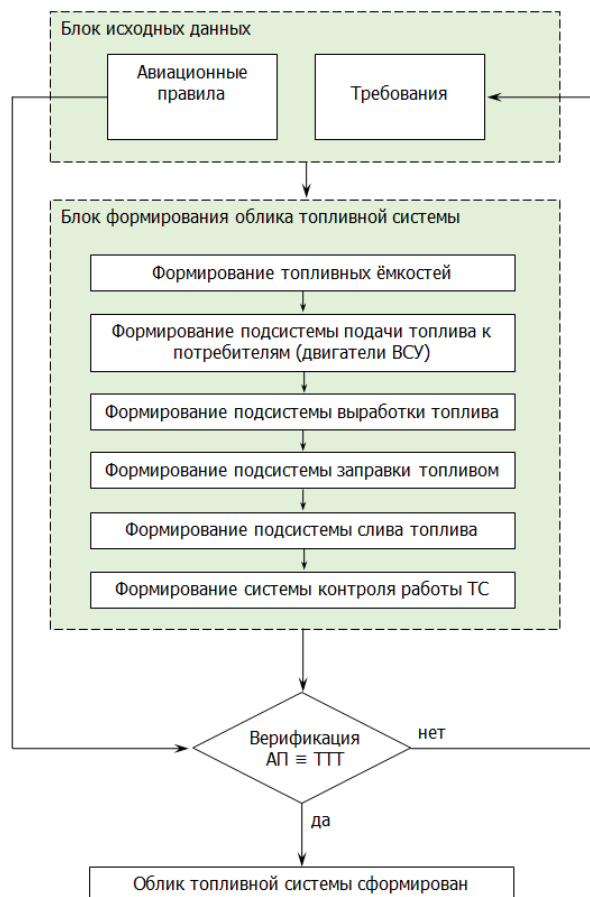


Рис. 1 – Алгоритм формирования облика ТС

Реальная топливная система, в зависимости от типа самолета и количества топлива на борту, может иметь десятки баков, а их суммарная вместимость может достигать десятков и сотен тысяч литров. Алгоритм определения требуемого количества топлива и определения требуемого объема и количества топливных ёмкостей показан на рисунке 2.

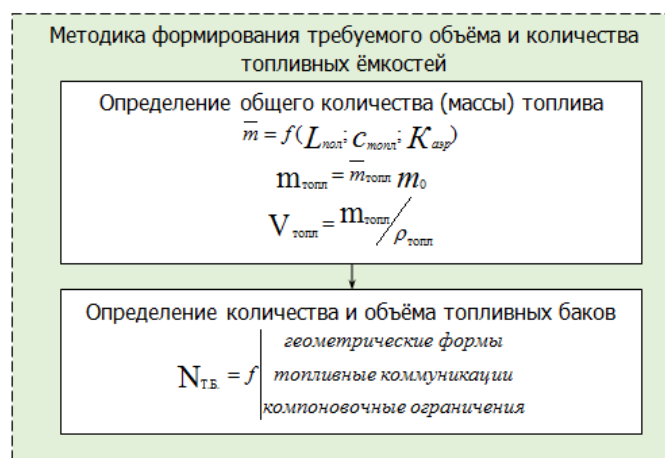


Рис.2 – Алгоритм определения требуемого количества топлива и определения требуемого объема ($L_{\text{пол}}$ – дальность полета, $c_{\text{топл}}$ – расход топлива, $K_{\text{аэр}}$ – аэродинамическое качество, $N_{\text{т.б.}}$ – количество топливных баков)

Для формирования полноценной методики формирования облика топливной системы неманевренного самолета в условиях проектных неопределенностей необходимо также определить взаимосвязь летно-технических и массово-инерционных характеристик, провести оценку влияния облика на надежность системы, сформулировать алгоритм формообразования и компоновки топливных емкостей. Данные задачи будут рассмотрены дополнительно в качестве перспективы дальнейших исследований.

Заключение

В данной статье описывается подход к формированию облика топливной системы неманевренного самолета. Рассмотрены требования к топливной системе, рассмотрены основные положения АП-25 в части проектирования топливных систем. Приведены алгоритмы формирования облика топливной системы, а также алгоритм определения требуемого количества топлива и объема и количества топливных емкостей для неманевренного самолета.

Список литературы

1. Топливные и масляные системы летательных аппаратов: Учеб.пособие/К.А. Жуков, Б.А. Углов; Куйбышев. авиац. ин-т.. Куйбышев., 1990, 104 с.
2. Клемина Л.Г. Топливные системы самолетов ИЛ-76 и ИЛ-86 : учеб. пособие : [для студентов V курса специальности 130300 дневного обучения] / М-во трансп. Рос. Федерации, Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Моск. гос. техн. ун-т гражд. авиации, Каф. аэродинамики, конструкции и прочности летат. аппаратов. - М. : Моск. гос. техн. ун-т гражд. авиации, 2004 (РИО Моск. гос. техн. ун-та гражд. авиации). - 68 с. : ил. ; 20 см
3. Системы бортового оборудования самолетов и вертолетов. Топливная система и кабинное оборудование : учеб. пособие / И. В. Чепурных, С. А. Чепурных. – Комсомольск-на-Амуре:ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015 – 169 с.
4. Системы двигателя. Основы конструкции и прочности двигателя. Топливные системы авиационных ГТД: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы. /Б.А. Чичков, Л.В. Москаленко. – Воронеж: ООО «МИР», 2019. –40 с
5. Лещинер В.Б., Ульянов И.Е., Тверецкий В.А. Проектирование топливных систем самолетов / Л.Б. Лещинер, И.Е. Ульянов, В.А. Тверецкий; Под ред. В.А. Степанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1991. - 320 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 310 (14 назв.)
6. Математическое моделирование работы топливной системы самолета. Ялозо А.В., Козелков А.С., Стрелец Д.Ю., Корнев А.В., Матерова И.Л., Левченко Е.А., Лапенков И.Н. Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2018. № 6. С. 12-24.
7. Применение программного комплекса SIMINTECH для математического моделирования различных бортовых систем летательных аппаратов. Смагин Д.И., Старостин К.И., Савельев Р.С., Кобринец Т.А., Сатин А.А. Computational Nanotechnology. 2018. № 3. С. 9-15.
8. Вычислительные модели в задачах проектирования топливных систем самолетов. Вышинский Л.Л., Флеров Ю.А. Информационные технологии и вычислительные системы. 2022. № 2. С. 70-83.

1.2.2.

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ

В работе рассматривается динамическая модель управления надежностью ведомственной системы видеоконференцсвязи. С применением теории массового обслуживания приведена постановка задачи повышения эффективности работы системы в виде задачи оптимального управления с фазовыми ограничениями, для решения которой доступен широкий спектр численных методов оптимизации.

Ключевые слова: видеоконференцсвязь, надежность, система массового обслуживания, математическое моделирование, оптимальное управление, нелинейное программирование, уголовно-исполнительная система.

В настоящее время системы видеоконференцсвязи (СВКС) являются действенным инструментом организации коммуникаций в деятельности органов исполнительной власти на всех уровнях управления. В работе учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации (УИС) возможности СВКС используются в образовательном процессе ведомственных вузов, при обучении сотрудников работе с новыми программными средствами, для установления взаимодействия между научными работниками при проведении совместных исследований, для организации корпоративных совещаний, при реализации мероприятий по обеспечению безопасности в учреждениях и органах УИС [1, 2]. Важнейшим аспектом организации надежной ведомственной сети видеоконференцсвязи является необходимость обеспечения высокой скорости передачи аудио и видеoinформации необходимого качества с сохранением возможности ее максимально корректной интерпретации, позволяющей минимизировать задержки при передаче данных и обеспечить пользователям оперативный доступ к сетевым ресурсам системы. В условиях ограниченности финансирования важное значение приобретает показатель «качество-затраты», требующий решения задачи максимизации качества передачи информации с минимальными затратами. В связи с этим уже на этапе проектирования ведомственной СВКС необходимо иметь возможность расчета показателей надежности системы при различных параметрах ее работы. Для решения указанной задачи требуется разработка математической модели работы СВКС, которая может быть использована как при ее проектировании, так и в ходе выработки предложений по модернизации эксплуатируемой системы. Повышение скорости передачи данных при организации видеоконференцсвязи может быть достигнуто за счет управления потоками данных, путем распределения сетевой нагрузки, управления приоритетами пользователей при определении текущего говорящего, с использованием специальных режимов работы системы и др.

Для моделирования работы СВКС в различных режимах эффективно применение инструментария систем массового обслуживания. На рис. 1 приведен фрагмент схемы движения заявок на доступ к ресурсам СВКС в рассматриваемой СМО с отказами, имеющей ограниченную входную емкость.

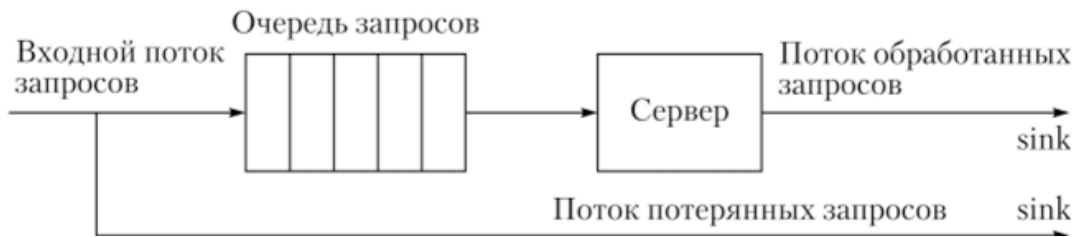


Рис.1 – Схема обработки заявок в СМО

В рассматриваемой системе сервер обрабатывает запросы пользователей на доступ к ресурсам СВКС. Вводим в рассмотрение двухканальную СМО, имеющую ограничение на длину очереди: $m = 4$. Полагаем, что система работает с простейшим потоком заявок, поступающих с интенсивностью λ , интервалы времени между поступлением заявок имеют показательный закон распределения. Рассматривается простейший поток обслуживаемых в системе заявок на доступ к ресурсам СВКС, обслуживание заявок осуществляется со средней интенсивностью μ , временные интервалы обслуживания имеют показательный закон распределения. Данная СМО в каждый момент времени с вероятностями $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ находится в одном из соответствующих состояний: $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$. Опишем введенные состояния: S_0 – заявки на доступ отсутствуют, система является свободной (вероятность нахождения - P_0); S_1 – в СМО поступает одна заявка на обслуживание, имеет место пустая очередь (P_1); S_2 – в СМО поступает две заявки, образована очередь, содержащая одну заявку (P_2); S_3 – в СМО поступает три заявки, образована очередь, содержащая две заявки (P_3); S_4 – в СМО поступает четыре заявки, образована очередь, содержащая три заявки (P_4); S_5 – в СМО поступает пять заявок, образована очередь, содержащая три заявки (P_5); S_6 – в СМО поступает шесть заявок, образована очередь, содержащая четыре заявки (P_6). Для моделирования системы может быть использован подход на основе модели гибели и размножения. На рис. 2 приведен размеченный граф описанных состояний ($n=6$).

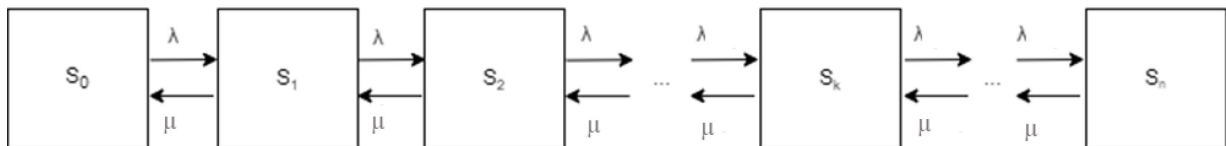


Рис.2 – Размеченный граф состояний

Представленному на рис. 2 графу состояний соответствует система дифференциальных уравнений следующего вида [3, 4]:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= \mu P_1(t) - \lambda P_0(t), \quad \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda P_0(t) + 2\mu P_2(t) - P_1(t)(\mu + \lambda), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= \lambda P_1(t) + 2\mu P_3(t) - P_2(t)(2\mu + \lambda), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= \lambda P_2(t) + 2\mu P_4(t) - P_3(t)(2\mu + \lambda), \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= \lambda P_3(t) + 2\mu P_5(t) - P_4(t)(2\mu + \lambda), \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= \lambda P_4(t) + 2\mu P_6(t) - P_5(t)(2\mu + \lambda), \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= \lambda P_5(t) + 2\mu P_6(t), \quad \sum_{i=0}^6 P_i(t) = 1, \quad t \in [0, T]. \end{aligned} \quad (1)$$

Рассмотрим работу управляемой системы массового обслуживания, где управление может осуществляться за счет изменения дисциплины обслуживания заявок с использованием резервного прибора [5]. Полагаем μ управляющим параметром ($u(t) = \mu(t)$) и учитываем наличие естественных технических ограничений на управляющее воздействие μ : $\mu \leq \mu_{\max}$. Пусть c – стоимость обслуживания заявки в единицу времени, α – весовой коэффициент. Введем обозначения: $x_i(t) = P_i(t), i = \overline{0, 6}, t \in [0, T]$. При решении рассматриваемой задачи необходимо обеспечить сохранение значения вероятности нахождения системы в состоянии $S = S_0 \cup S_1$ на всем отрезке $[0, T]$ не ниже заданного порога a ($x_0(t) + x_1(t) \geq a, t \in [0, T]$). Для учета данного требования вводим штрафное слагаемое $M \max^2 \{a - x_0(t) - x_1(t), 0\}$.

В результате получаем многокритериальную задачу оптимизации следующего вида. Требуется минимизировать функционал:

$$I(u) = - \int_0^T (\alpha (x_0(t) + x_1(t)) - cu(t) - M \max^2 \{a - x_0(t) - x_1(t), 0\}) dt \quad (2)$$

при динамических ограничениях:

$$\begin{aligned} \dot{x}_0(t) &= x_1(t)u(t) - \lambda x_0(t), \quad \dot{x}_1(t) = \lambda x_0(t) + 2x_2(t)u(t) - x_1(t)(\lambda + \mu(t)), \\ \dot{x}_2(t) &= \lambda x_1(t) + 2x_3(t)u(t) - x_2(t)(\lambda + 2u(t)), \quad \dot{x}_3(t) = \lambda x_2(t) + 2x_4(t)u(t) - x_3(t)(\lambda + 2u(t)), \\ \dot{x}_4(t) &= \lambda x_3(t) + 2x_5(t)u(t) - x_4(t)(\lambda + 2u(t)), \\ \dot{x}_5(t) &= \lambda x_4(t) + 2\mu x_6(t)u(t) - x_5(t)(\lambda + 2u(t)), \quad \sum_{i=0}^6 x_i(t) = 1, \quad t \in [0, T], \end{aligned} \quad (3)$$

ограничении на управление:

$$u(t) \leq \mu_{\max}, \quad t \in [0, T], \quad (4)$$

начальных условиях:

$$x_0(0) = x_0^0 = 1, \quad x_j(0) = x_j^0 = 0, \quad j = \overline{1, 6}. \quad (5)$$

Для решения рассматриваемой задачи доступен широкий спектр численных методов оптимизации [6]. С использованием вычислительных алгоритмов может быть построено приближенное решение Парето-оптимальной задачи, обеспечивающее необходимый уровень надежности рассматриваемой системы в условиях ограниченных ресурсов на обслуживание заявок. Предложенная модель может быть использована для поддержки принятия решений как на этапе проектирования ведомственной системы видеоконференцсвязи, так и во время ее эксплуатации.

Список литературы

1. Churakov D., Tsarkova E., Vorotnikova T., Belyaev A. Optimal management of website under adverse impacts conditions. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Applied Mathematics, Computational Science and Mechanics: Current Problems. 2020. С. 012113.
2. Омельченко В.В. Информационное обеспечение системы государственного управления национальными ресурсами: риск-ориентированный подход // Правовая информатика, 2019, № 1. С. 4-17.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 55 с.
4. Царькова Е.Г. Методы автоматизированного построения решения задачи оптимального управления ресурсом при обеспечении безопасности объектов // Научно-технический вестник Поволжья, 2022, № 3. С. 67-69.
5. Рыков В.В. Управляемые системы массового обслуживания // Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. 1975. Т. 12. С. 43-153.
6. Андреева Е.А., Цирулева В.М. Вариационное исчисление и методы оптимизации. М.: Высшая школа, 2006. 584 с.

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

2.3.1.

Д.А. Андриков

Российский университет дружбы народов,
департамент механики и процессов управления,
Москва, andrikov-dman@rudn.ru

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ ПРОДУКЦИОННО-ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Работа характеризуется набором асинхронно изменяющихся параметров движения, состояния внешней среды, самого оператора (десятки-сотни параметров). Стандартные алгоритмические конструкции лишены важнейшего свойства параллельных вычислений – естественная поддержка конструктивных процессов, которые необходимы для обработки массивов асинхронно возникающих данных, дополненных координатно-привязанной информацией.

Ключевые слова: автомобиль, устойчивость, графо-продукционный подход.

Актуальность работы

Алгоритмическая реализация процессов контроля движения ТС приводит к недопустимым репродуктивностью временной шкале возможности решения обратной задачи (для реализации аудируемости принятых решений системой). Это обосновывается тем, что подходы выработки управления используют дерево анализа значений. Формализация подходов нужна для целого перебора видов ДОС с возвратами свойствами, таким образом параллельность перебора может быть реализована, если применить графо-продукционную модель (ГПС). В связи с этим возникает объективная необходимость выбора модели параллельной генерации решений в процессах анализа параметров движения ТС и составления прогноза движения.

Продукционные системы характеризуются необходимыми условиями для параллельных асинхронных вычислений:

- однородность состава правил,
- модульность структуры,
- гибкость реализации схем управления,
- естественный параллелизм потока данных,
- легкость декомпозиции системы на части.

Продукция - математическое выражение, заданное над дискретными объектами (словами, наборами) в рабочем и служебном алфавитах и реализующее операции поиска и замены над входным объектом, при условии положительного поиска.

Описание решаемой задачи

Исходя из этого, продукция просматривает обрабатываемый объект S , слева направо и, обнаруживая позицию (первого) вхождения поискового образца (шаблона) и заменяет его на объект-модификатор. В общем виде продукция представляет собой

$$O \rightarrow M,$$

где O – объект-образец (шаблон) слово в рабочем алфавите или его расширении, задающее собственный образец продукции; M – собственный модификатор продукции; $\rightarrow$ – служебный символ.

Для дальнейших вычислений среди продукционных моделей выбирается вычислительная модель, имеющая разрешительную логику выполнения правил. Срабатывание правил по условию левой части позволяет естественным образом распараллелить вычисления и уменьшить время на прогноз.

Графовая модель прогноза движения ТС

Для формализации правил при развитии ДОС рассматриваем типичную ситуацию экстренного торможения ТС с учетом действий оператора и характеристик внешней среды. Здесь выделяются следующие состояния системы для схемы управления ТС. Иерархия состояний в графе системы «ТС+ внешняя среда + оператор» (рис 1.):

- штатное – Z_0 (Z_{NORMAL});
- пограничные – Z_{11} , Z_{12} ; Z_{21} ;
- нестабильные Z_{30} , Z_{31} , Z_{32} , Z_{33} ;
- опасное – Z_{41} , Z_{42} ;
- критические Z_{51} , Z_{52} ; Z_{53} ;
- неуправляемое – Z_{54} (Z_{CRASH}).

Z_0 – штатное состояние

Z_{11} – пограничное состояние с неблагоприятными метеорологическими условиями;

Z_{12} – пограничное состояние с неблагоприятными условиями;

Z_{21} – пограничное состояние с неблагоприятными метеорологическими и условиями;

Z_{30} – нестабильное состояние с блокировкой одного ведущего колеса при экстренном торможении;

Z_{31} – нестабильное состояние с блокировкой одного ведущего колеса при экстренном торможении и с неблагоприятными метеорологическими условиями;

Z_{32} – нестабильное состояние с блокировкой одного ведущего колеса при экстренном торможении и с неблагоприятными условиями;

Z_{33} – нестабильное состояние с блокировкой одного ведущего колеса при экстренном торможении и с неблагоприятными метеорологическими и условиями;

Z_{41} – опасное состояние с блокировкой двух ведущих колес при экстренном торможении (передние или задние);

Z_{42} – опасное состояние с блокировкой двух продольно расположенных ведущих колес при экстренном торможении;

Z_{51} – критическое состояние с блокировкой двух ведущих колес при экстренном торможении и с неблагоприятными метеорологическими условиями;

Z_{52} – критическое состояние с блокировкой двух ведущих колес при экстренном торможении и с неблагоприятными условиями;

Z_{53} – критическое состояние с блокировкой двух ведущих колес при экстренном торможении и с неблагоприятными метеорологическими и условиями;

Z_{54} – неуправляемое состояние с блокировкой трех ведущих колес при экстренном торможении и с неблагоприятными метеорологическими и условиями.

Пограничное состояние Z_{11} связано с осуществлением движения ТС в неблагоприятных метеорологических условиях. Их описание осуществляется третьей группой датчиков/переменных в математической модели. Переход $Z_0 \rightarrow Z_{11}$ описывает через логические связки измененные условия и реакцию оператора на них. По реакции оператора в БЗ заносится дополнительная информация о характере вождения в неблагоприятных метеорологических условиях. При повторных схожих метеорологических условиях ИИС уже будет знать о возможной реакции оператора/

По реакции оператора в базу знаний заносится дополнительная информация о характере вождения в неблагоприятных условиях покрытия и плотности потока. В отличие от состояния Z_{11} , имеющего объективную природу измерений, переход в состояние Z_{12} достаточно субъективен и сложен в оценке. В силу этого только выдаются рекомендации оператору при переходе в состояние Z_{12} .

Пограничное состояние Z_{21} связано с осуществлением движения ТС в неблагоприятных метеорологических и условиях. Их описание осуществляется третьей группой датчиков/переменных в математической модели. Переходы $Z_{11} \rightarrow Z_{21}$, $Z_{12} \rightarrow Z_{21}$ описываются через комплементарные логические связки. По реакции оператора в базу знаний заносится дополнительная информация о характере вождения в неблагоприятных

метеорологических и условиях. При повторных схожих условиях уже будет знать о возможной реакции оператора. Выносятся рекомендация для систем.

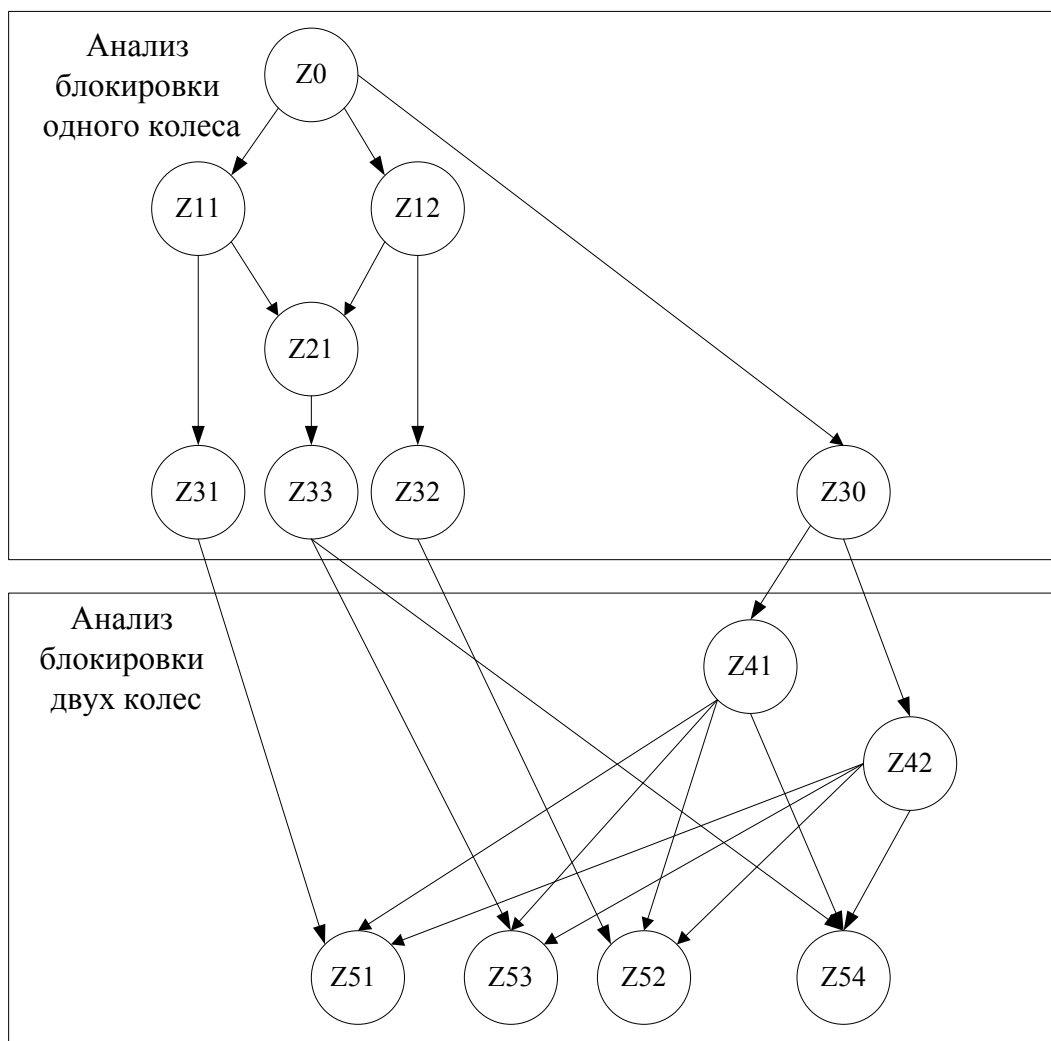


Рис. 1 – Иерархия состояний динамично-опасной ситуации в системе «ТС + внешняя среда + оператор»

Данный фрагмент базы правил (рис.1) показывает, что система управления может в параллельном режиме контролировать движение ТС с учетом дополнительных переменных. В частности, отсутствие переменной высокой плотности потока приводит к переходу в нестабильные состояния Z11 и Z12, что совпадает с естественной реакцией оператора.

Таким образом, созданная ГПС в виде графа и направленными переходами отражает смену состояний ТС для каждого из которых значимыми являются пара переменных из «нижнего» и «верхнего» блоков контроля движения ТС.

Заключение

Для анализа блокировки одного или двух колес ТС создана иерархическая графовая модель в виде ГПС (графо-продукционной структуры), отличающаяся тем, что каждая вершина графа помечается двумя состояниями (состояние ТС и состояние оператора), что позволяет наглядно инженеру-разработчику спроектировать алгоритм действий оператора в различных условиях. Графовая модель имеет И-ИЛИ структуру, позволяющую задать множество путей, сходящихся в одной вершине и осуществлять тем самым выбор лучших условий для движения ТС.

Для каждой вершины ГПС разработаны группы автономных правил, имеющих параллельный механизм исполнения. Структура продукционных правил построена так, что без потерь времени на отсутствующие переменные выполняется проверка условий срабатывания продукций (за счет трактовки левой части правил как набора переменных).

Список литературы

1. Матюхин В.И. Управление колесной системой в условиях неопределенности // Автоматика и телемеханика, №5, 2009. С.76-94
2. Tao G., Ioannou P.A. Model reference adaptive control for plants with unknown relative degree // IEEE Trans. Automat. Control. 1993., Vol.38. №6. P.976 – 982
3. Акунов Т.А. , Слита О.В. , Ушаков А.В. Назначение структуры собственных векторов, доставляющей динамической системе модальную робастность с минимальными затратами на управление // Мехатроника, автоматизация, управление №1, 2008. С. 6-10

2.3.1.

Н.А. Белобородова

Ухтинский государственный технический университет,
факультет экономики, управления и информационных технологий,
кафедра документоведения, истории и философии,
Ухта, velbest@mail.ru

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В КАДРОВОМ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВЕ**

В работе приведены результаты исследования по проблеме разработки информационной технологии с элементами искусственного интеллекта в кадровом делопроизводстве, в системе управления кадрами

Ключевые слова: *нечеткая логика, управление кадрами, кадровое делопроизводство.*

Данное исследование выполняется в рамках решения актуальной научно-технической проблемы совершенствования управления организацией на базе интеллектуальных технологий, в частности, рассматриваются вопросы повышения эффективности управления кадрами и кадрового делопроизводства.

Исследование основано на методах *системного анализа*, который предполагает построение ряда *моделей* в рамках создания информационной технологии с элементами ИИ – *модели предметной области, модели требований к автоматизированной системе, моделей данных*, др.

Система управления кадрами обязательно включает кадровое делопроизводство, которое обеспечивает документирование процессов по приему, увольнению, переводу сотрудников, сокращению штатов, формированию административного резерва, рейтингу сотрудников в целях материального стимулирования, др. Основой системы управления кадрами в организации всегда является оценка качества сотрудников, поэтому в данной работе основное внимание уделяется методам оценки качества сотрудников.

Актуальность данного исследования обусловлена основными положениями Национального проекта “Цифровая экономика Российской Федерации” и Федерального проекта “Искусственный интеллект” Национального проекта “Цифровая экономика Российской Федерации”, предусматривающих в том числе, развитие и внедрение ИИ в отраслях экономики, социальной сфере, государственном управлении, др. [1].

Новизна данного исследования определяется постановкой *новой задачи управления* – разработка методов интеллектуализации управления организацией в целях повышения его эффективности.

Цель исследования – совершенствование управления кадрами и кадрового делопроизводства на базе информационной технологии с элементами искусственного интеллекта.

Задачи исследования. Для реализации цели исследования в работе поставлены следующие задачи:

изучить методы ИИ на основе нечеткой логики для создания методики оценки качества сотрудников организации;

разработать средства автоматизации информационной технологии для реализации методики оценки качества сотрудников организации; ИТ на основе нечеткой логики может быть использована в управлении кадрами для оценки качества сотрудников организации при сокращении штатов, в процессе формирования административного резерва, при расчете рейтинга сотрудников с целью материального стимулирования, др.

Создание информационной технологии требует выполнения ряда этапов – предпроектного анализа области автоматизации, разработки технического задания, технического и рабочего проекта [2].

Основными элементами разрабатываемой информационной технологии являются средства автоматизации оценки качества сотрудников организации на основе нечеткой логики, база данных, а также – программный интерфейс, обеспечивающий управление данными, технологию расчетов.

В рамках предпроектного анализа формируется модель требований к автоматизированной системе (далее АС, АИС), которая оформляется документом “Техническое задание” на создание АС, фрагмент документа показан на рисунке 1. На этапе предпроектного анализа формируется также концептуальная модель предметной области; модель документируется диаграммой ER, где показаны объекты области исследования (“сущности”), установлены связи между ними, рисунок 2.

СОДЕРЖАНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ.....	
1.1 Описание предметной области.....	
1.2 Основы нечетких множеств как теоретическая база для решения задачи оценки качества сотрудников организации.....	
1.3 Методика оценки качества сотрудника с использованием метода максимума.....	
2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	
2.1 Общие сведения.....	
2.1.1 Полное наименование системы и краткое описание.....	
2.1.2 Наименование предприятия разработчика.....	
2.1.3 Плановые сроки начала и окончания.....	
2.1.4 Сведения об источниках и порядке финансирования.....	
2.1.5 Порядок оформления и предъявления заказом.....	
2.2 Назначение и цели создания системы.....	
2.2.1 Назначение системы.....	
2.2.2 Цели создания системы.....	
2.3 Характеристика объекта автоматизации.....	
2.4 Требования к системе.....	
2.4.1 Требования к системе в целом.....	
2.4.1.1 Требования к архитектуре.....	
2.4.1.2 Требования к структуре и функциональности.....	
2.4.1.3 Требования к надежности.....	
2.4.1.4 Требования к интерфейсу.....	
3 ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ.....	49
3.1 Общие сведения.....	49
3.1.1 Наименование АС, место АС в АСУ организации.....	49
3.1.2 Назначение системы.....	49
3.1.3 Перечень автоматизируемых функций.....	50
3.1.4 Сведения о программно-аппаратных платформах.....	51
3.2 Характеристика объектов автоматизации.....	51
3.3 Выходная информация.....	52
3.4 Входная информация.....	52
3.5 Методическое обеспечение АС.....	52
3.5.1 Модель АС.....	52
3.5.1.1 Требования к точности, размерам и форматам данных.....	52
3.5.1.2 Способы оценки достоверности данных.....	53
3.5.2 Структурно-функциональная схема АИС.....	53
3.6 Информационная база АИС.....	54
3.6.1 Логическая структура БД.....	54
3.6.2 Физическая структура БД.....	57
3.7 Описание технологических процессов в АС.....	57
3.7.1 Категории пользователей.....	57
3.7.2 Описание средств, методов, технологий обеспечения целостности БД и поддержки их в актуальном состоянии.....	58
3.8 Ввод АИС в эксплуатацию.....	58
4 РАБОЧИЙ ПРОЕКТ.....	59
4.1 Руководство администратора.....	60

Рис. 1 – Структура ИТ с элементами искусственного интеллекта, документирование создания средств автоматизации ИТ

Концептуальная модель предметной области (области исследования) включает 13 сущностей – Сотрудник, Структурное подразделение, Образование, Должность, Квалификация, Специальность, Оценочный критерий, др. Связи между сущностями вида 1: n.

Основное внимание при разработке технического проекта и оформлении документа “Технический проект” уделяется информационной базе АС [3,4] – разработаны технологические решения по созданию модели базы данных реляционного типа на основе концептуальной модели предметной области, логической и физической модели данных, рисунок 2, рисунок 3.

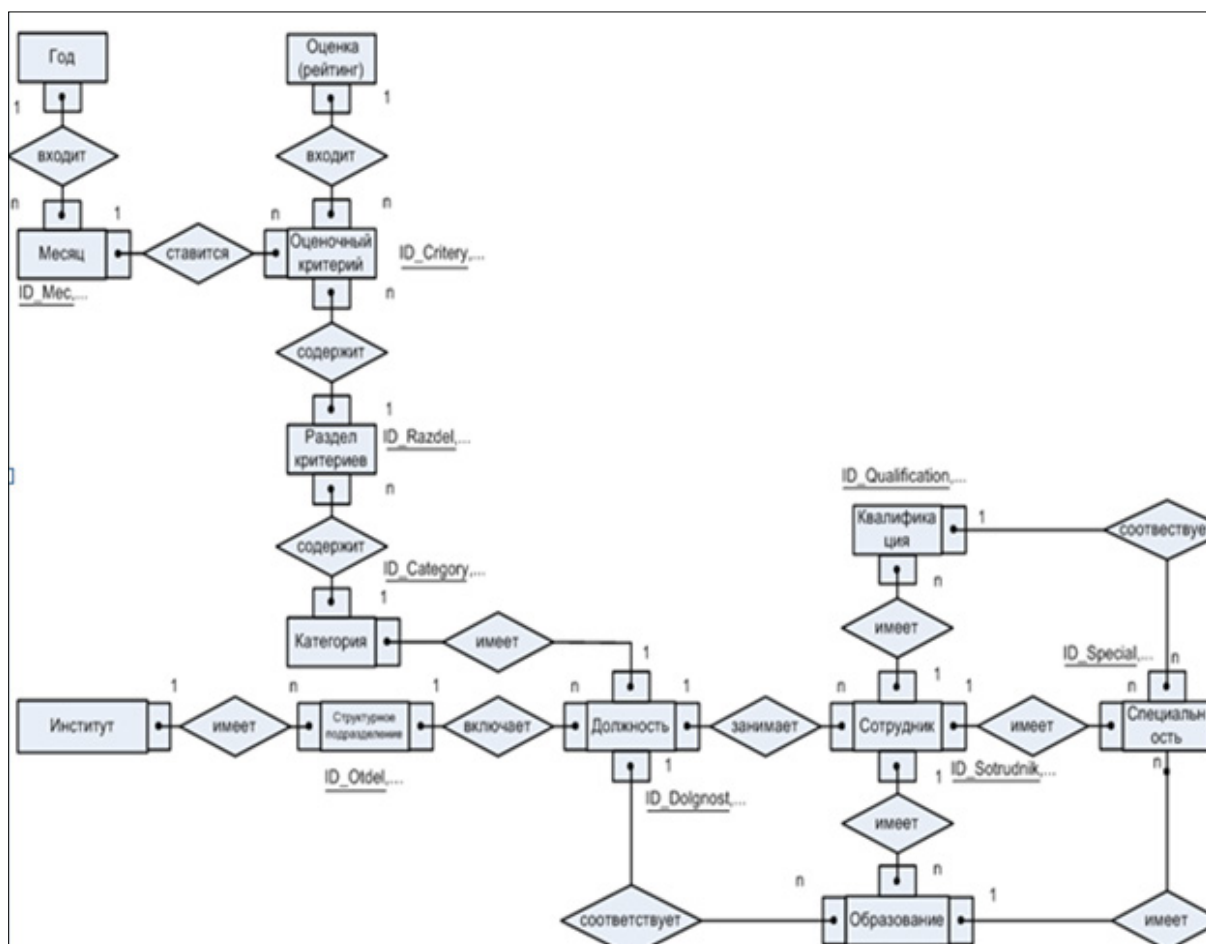


Рис. 2 – Структура ИТ с элементами искусственного интеллекта, концептуальная модель предметной области

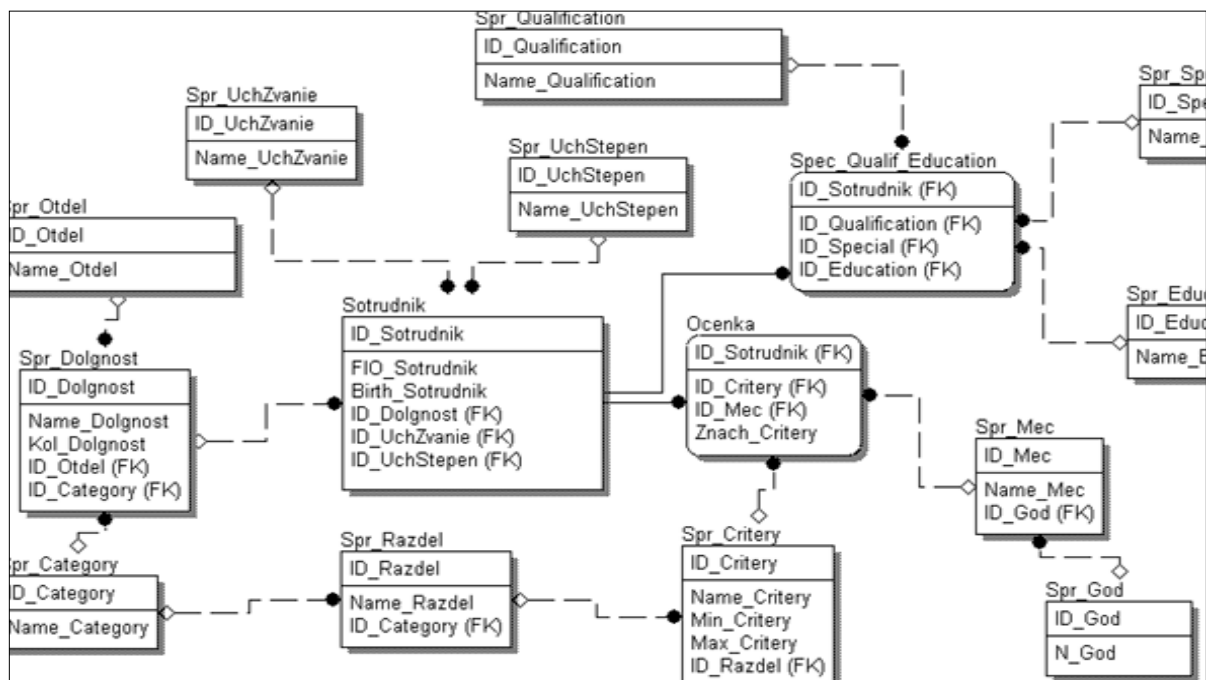


Рис. 3 – Структура ИТ с элементами искусственного интеллекта, логическая модель БД

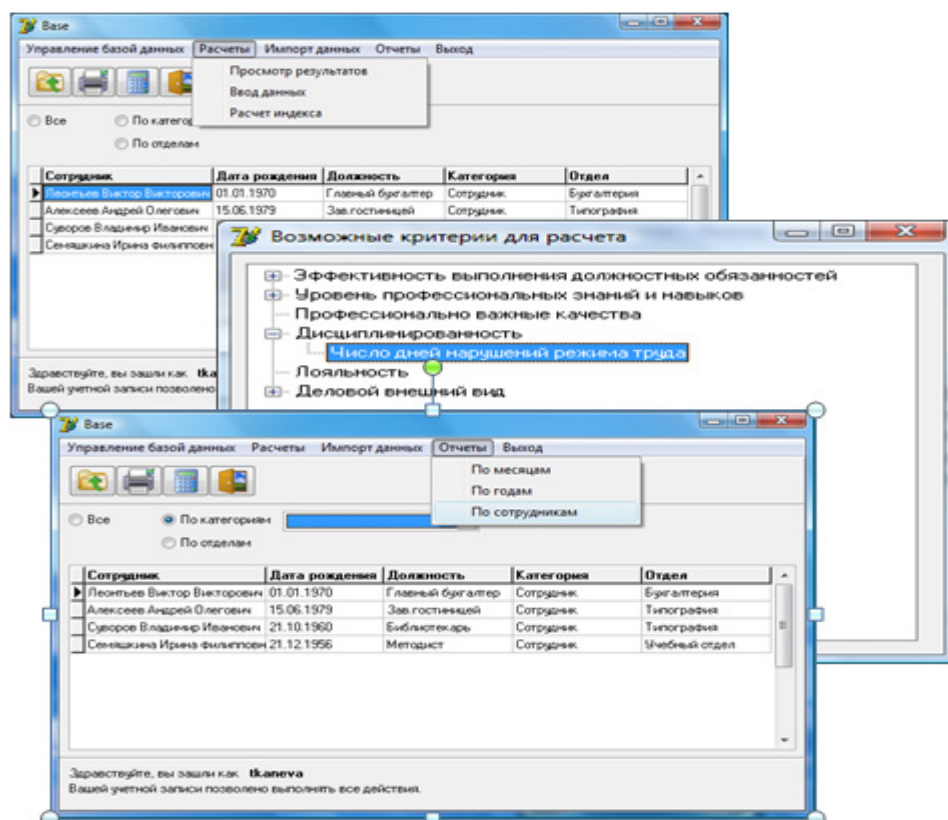


Рис. 4 – Структура ИТ с элементами искусственного интеллекта, примеры интерфейса пользователя

В рамках этапа рабочего проектирования разрабатываются программные средства реализации информационной технологии с использованием автоматизации расчетов на основе нечеткой логики, рисунок 4.

На этапе предпроектного обследования предметной области основное внимание уделяется созданию расчетной методики оценки качества сотрудников организации; методика разработана на основе методов нечеткой логики, используется многокритериальный выбор альтернатив методом максиминной свертки [подробно в 5].

Данный метод позволяет оценить качественные характеристики исследуемого объекта, при этом критерии и показатели, используемые в оценках, могут быть измерены в самых различных единицах.

Оценке подлежат эффективность выполнения должностных обязанностей, текущий уровень профессиональных знаний и навыков, профессионально важные качества, дисциплинированность, а также деловой внешний вид сотрудника.

Оценка эффективности исполнения должностных обязанностей, профессионально важных качеств, профессиональной компетентности, дисциплинированности и прочих показателей осуществляется администрацией организации. Показатели (критерии) устанавливаются и фиксируются ежемесячно – таблица 1.

Таблица 1 – Система оценочных показателей сотрудника

п./п.	Критерий (Показатель)
1	2
1. Эффективность выполнения должностных обязанностей, %	
1.1.	<i>Своевременность</i> : работник всегда в срок выполняет работу, в случае необходимости досрочно
1.2.	<i>Качество</i> : работник качественно и ответственно выполняет свои обязанности. Выполняет обязанности с выраженным умением работать на конечный результат

Продолжение таблицы 1.

1	2
2. Уровень профессиональных знаний, навыков, %	
2.1.	Сотрудник способен заменить любого коллегу в своем подразделении
2.2.	Достаточно профессиональных знаний и навыков для выполнения должностных обязанностей
2.3.	Доверие мнению, оценке, профессионализму сотрудника: его оценки взвешены и аргументированы
3. Профессионально важные качества, баллов	
3.1.	<i>Понятливость</i> : легко, удобно работать, не приходится повторять и объяснять несколько раз
3.2.	<i>Инициативность</i> : инициирует решение проблем, предлагает несколько вариантов решения, проявляет инициативу в разработке или внедрения нового
3.3.	<i>Коммуникативные навыки</i> : умеет доступно, логично изложить свою точку зрения, способен найти контакт с любым сотрудником
3.4.	<i>Речь</i> : хорошо развита, четкая, правильная
4. Дисциплинированность, баллов	
4.1.	Приходит на работу вовремя
4.2.	Не уходит с работы раньше
4.3.	Не отлучается с работы
4.4.	Не нарушает режим обеденного перерыва
4.5.	Деловой стиль одежды, опрятность

Если критерий измеряется в баллах, то:

- 5 баллов присваивается, если нарушений нет;
- 4 балла – количество нарушений не более 2;
- 3 балла – количество нарушений 3-4;
- 2 балла – количество нарушений 5-7;
- 1 балл – количество нарушений более 7.

Рассмотрим математическую постановку задачи оценки профессионального качества сотрудников организации в терминах теории множеств с использованием многокритериального выбора альтернатив методом максиминной свертки [5].

Пусть имеется множество альтернатив $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ и множество критериев оценки $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, при этом оценки альтернатив по каждому i -му критерию представлены нечеткими множествами.

Здесь альтернативы – сотрудники организации, оценки качества сотрудников определяются по заданным критериям, в данном случае на примере данных таблиц 1,2. Из множества альтернатив необходимо определить “лучшую” альтернативу, “лучшего сотрудника”, его характеристики.

Правило выбора лучшей альтернативы можно представить как пересечение нечетких множеств, соответствующих критериям. Иногда пересечение выполняется как умножение, но обычно этой операции соответствует взятие минимума (подробно метод описан в [5]):

$$\mu_D(a_j) = \min \mu_{C_i}(a_j)$$

где $j=1, \dots, m$, $i=1, \dots, n$.

Лучшей считается альтернатива a^* , имеющая наибольшее значение функции принадлежности:

$$\mu_D(a^*) = \max \mu_D(a_j)$$

где $j=1, \dots, m$.

Расчеты проводятся в следующей последовательности.

Осуществляется построение функций принадлежности, соответствующих понятию “лучший” сотрудник.

Определяются конкретные значения функции принадлежности по критериям качества $F1, \dots, F_n$, соответствующие альтернативам.

Производится свертка имеющейся информации в целях выявления лучшей альтернативы.

Допустим, что в настоящее время администрацию интересуют только эффективность выполнения служебных обязанностей сотрудником, тогда достаточно учесть только $F1$ и $F2$ критерии оценки.

Таблица 2 – Данные оценки качества сотрудников организации

Альтернативы	F1	F2	F3	F4	F5	...
A_1	60	55	...	...	...	...
A_2	80	75	...	...	...	...
A_3	90	90	...	...	...	...

Определяем конкретные значения функции принадлежности по критериям качества сотрудника в уравнениях (1) и (2):

$$\mu_{F1}(a) = 0.6/60 + 0.8/80 + 0.9/90 \quad (1)$$

$$\mu_{F2}(a) = 0.55/55 + 0.75/75 + 0.9/90 \quad (2)$$

В целях выявления лучшей альтернативы, производим свертку информации, выполняя операции пересечения и объединения множеств. Применяя операцию пересечения множеств, получаем:

$$B = \{\min\{0.6; 0.55\} \min\{0.8; 0.75\} \min\{0.9; 0.9\}\}$$

Оптимальной (лучшей) считается альтернатива с максимальным значением функции принадлежности. Применяя операцию объединения множеств, получаем результат:

$$\max \mu_B(a_j) = \max\{0.55; 0.75; 0.9\},$$

где $j=1, \dots, m$.

Таким образом, лучшей альтернативой является A_3 , которой соответствует значение 0.9. Лучший сотрудник – A_3 , он на 90% или на 0.90 соответствует критерию “лучшего” сотрудника.

Результаты исследования.

В рамках исследования разработана структура информационной технологии с элементами искусственного интеллекта, которая включает следующие основные элементы:

методику оценки качества сотрудников организации. Методика основана на использовании теории нечетких множеств и нечеткой логики, способствует повышению достоверности и обоснованности управленческих решений при выполнении оценки качества сотрудников в организации.

средства автоматизации представлены алгоритмами и программами, реализующими обработку данных, управление данными на основе базы данных реляционного типа; автоматизация расчетной методики, организация информационного обеспечения с использованием средств базы данных является необходимым условием практического применения информационной технологии с элементами искусственного интеллекта в управлении кадрами и кадровом делопроизводстве организации.

Использование основных положений и результатов работы будет способствовать повышению эффективности управления кадрами и управлению организацией в целом.

Список литературы

1. Программа “Цифровая экономика Российской Федерации”. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/28653/> Доступ: Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.07.2022.
2. ГОСТ 34.601-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.standards.ru/collection.aspx?control=40&catalogid=temat-sbor&id=868080> Доступ: Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.07.2022.
3. ГОСТ 34.32-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.standards.ru/collection.aspx?control=40&catalogid=temat-sbor&id=868080> Доступ: Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.07.2022.
4. ГОСТ 34.321-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.standards.ru/collection.aspx?control=40&catalogid=temat-sbor&id=868080> Доступ: Загл. с экрана. – Дата обращения: 1.07.2022.
5. Андрейчиков, А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2000. – с. 149– 206.

2.3.1.

**Г.А. Гареева канд. педагог. наук, М.Р. Хамидуллин канд. экон. наук,
З.Г. Джигладзе, Л.М. Ахметов**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра информационных систем,
Набережные Челны, gagareeva1977@mail.ru, nayka_prom@mail.ru,
zakhardzhibladze2000@gmail.com

**РАЗВЕРТЫВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЦ**

В данной статье рассмотрены этапы развертывания искусственного интеллекта по распознаванию лиц. Проект реализован на языке Python. Технология распознавания предлагает множество решений в различных областях, таких как наблюдение, идентификация личности и безопасность. Для эффективного распознавания лиц существует ряд алгоритмов обнаружения лиц, применяемых на практике, и для которых требуется распознавание на основе нейронных сетей.

Ключевые слова: *Python, искусственный интеллект, распознавание лиц, нейронные сети.*

За последнее десятилетие распознавание лиц претерпело огромные изменения, системы автоматического распознавания стали необходимостью для идентификации личности, в целях безопасности, биометрических приложений и для создания кодов доступа.

Распознавание лиц обычно используется для обнаружения и распознавания. Очень сложно найти различия между изображениями, так как почти все изображения лиц системе кажутся идентичными.

Зрение состоит из многих компонентов, включая координацию, объем памяти, поиск, рассуждение, оценка, анализ. Система только с одной из этих способностей не квалифицируется как зрение. Эти компоненты включены в алгоритмы компьютерного зрения и применяются в системах распознавания лиц [1].

Система распознавания лиц более безопасна, так как не требует никаких ключей и карт, которые могут потеряться, необходимо только изображение лица.

Библиотека OpenCV является распространенным инструментом для обнаружения лиц. Сначала из изображения извлекаются признаки в большой набор образцов, а в качестве идентификации лиц использует алгоритм AdaBoost [3].

Ниже будет представлен прототип системы распознавания лиц на языке Python с использованием библиотеки OpenCV и каскадного классификатора Хаара.

На этапе проектирования были выделены следующие шаги:

- Сбор данных для выборки;
- Обнаружение лица;
- Обучение на выборке;
- Распознавание лица.

Шаг первый – сбор данных для выборки, путем фотографирования лица определенного человека. Скрипт для составления выборки изображен на рисунке 1.

```

import cv2

cap = cv2.VideoCapture(0)

for i in range(30):
    cap.read()

ret, frame = cap.read()
cv2.imwrite('name{}.png', frame)
cap.release()

```

Рис. 1 – Скрипт для составления выборки

Шаг второй – обнаружение лица. Был воспроизведен наиболее распространенным и эффективным способом обнаружения лица — использование каскадного классификатора Хаара. Функция непрерывно перемещается от верхнего левого угла изображения к нижнему правому, чтобы найти определенную особенность.

Чтобы рассчитать производительность классификатора, нужно оценить его на всех подобластях всех изображений, используемых для обучения. Некоторые подобласти дадут сильный отклик в классификаторе и будут классифицированы как положительные, то есть классификатор определит, что содержится человеческое лицо. Подобласти, не дающие сильного отклика, по мнению классификатора, не будут содержать человеческого лица, они будут классифицированы как отрицательные [2]. На рисунке 2 представлен скрипт для обнаружения лица в режиме реального времени.

```

import cv2

face_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
cap = cv2.VideoCapture(0)

while True:
    _,img = cap.read()
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, 1.1, 6)
    for(x, y, w, h) in faces:
        cv2.rectangle(img, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 255), 2)
        cv2.imshow('Лицо обнаружено', img)
        k = cv2.waitKey(30) & 0xff
        if k == 27:
            break

cap.release()

```

Рис. 2 – Скрипт для обнаружения лица с камеры

```

import cv2
import numpy as np

face_xml = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
eye_xml = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_eye.xml')

img = cv2.imread('face.jpg')

gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
faces = face_xml.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
print("faces=", len(faces))

for (x, y, w, h) in faces:
    cv2.rectangle(img, (x, y), (x+w, y+h), (255, 0, 0), 2)
    roi_face = gray[y:y+h, x:x+w]
    roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
    eyes = eye_xml.detectMultiScale(roi_face)
    print('eye=', len(eyes))

for (e_x, e_y, e_w, e_h) in eyes:
    cv2.rectangle(roi_color, (e_x, e_y), (e_x+e_w, e_y+e_h), (0, 255, 0), 2)
    cv2.imshow("img", img)

cv2.waitKey(0)

```

Рис. 3 – Алгоритм Adaboost с функцией Хаара

Шаг третий – обучение на выборке:

- инициализация распределения весов данных — назначение равных весов всем данным;
- пороговое значение p , чтобы найти минимальное пороговое значение;
- обновление распределения весов.

Алгоритм AdaBoost устанавливает “вес объекта”, получающую взвешенную ошибку каждого классификатора на выборке, чтобы заставить классификаторы сосредоточиться на наблюдениях, которые трудно правильно классифицировать. Этот процесс выполняется последовательно, поскольку два веса корректируются на каждом шаге по мере выполнения алгоритма [4].

Каждая выборка распределяется с обучающим классом, и новая выборка получается путем изменения вероятности распределения в соответствии с классификацией обучающей выборки. Чем выше показатель точности классификации, тем ниже вероятность распределения.

Новая обучающая выборка обучается получению классификатора, повторяется, и получается несколько классификаторов, так что вес каждого классификатора увеличивается на точность классификации.

Алгоритм будет отклонять изображения не содержащие лица и определять область где они есть. Также необходимо свести к минимуму процент ошибок, т.е. когда на изображении есть лицо, но оно не было идентифицировано как таковое. На рисунке 3 представлен алгоритм Adaboost с функцией Хаара.

К каждому образцу применяется ряд классификаторов. Эти классификаторы представляют собой простые деревья решений [5]:

- если первый классификатор положительный, переходим ко второму;
- если второй классификатор положительный, переходим к третьему и т.д.

В данном исследовании был разработан прототип распознавания лица на языке Python, для обнаружения использовался каскадный метод Хаара, а для обучения алгоритм Adaboost. Результат распознавания представлен на рисунке 4.

Распознавание лица осуществляется благодаря библиотеке OpenCV и заранее обученной модели. Если лицо было в выборке, человек будет распознан и выше будет имя этого человека. В противном случае, над обнаруженным лицом будет надпись «Unknown» [6].

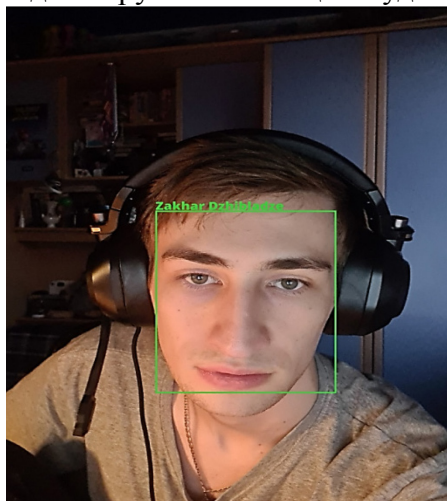


Рис. 4 – Результат распознавания лица

В зависимости от потребностей, прототип может быть обучен определенному лицу. При успешном результате над лицом появится имя человека или появится надпись, что лицо не распознано, если совпадений нет.

Данный проект может использоваться в проектах с Raspberry Pi и интернет вещей, с условием, что камера подключена и настроена, разработка может быть использована в целях безопасности, это может помочь определить кто стоит за дверью или проник на защищаемую территорию.

Список литературы

1. Зуев В.Н. Модифицированный алгоритм обучения нейронных сетей / В. Н. Зуев, В. К. Кемайкин // Программные продукты и системы. – 2019.
2. Клетте Р. Компьютерное зрение: Теория и алгоритмы / Клетте Р. // М.: ДМК Пресс. – 2019.
3. Лакшманан В. Машинное обучение. Паттерны проектирования / В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. — СПб.: БХВ-Петербург. – 2022.
4. Машинное обучение (5): AdaBoost // Русские Блоги [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://russianblogs.com/article/7378185587/>
5. Хабрхабр Машинное обучение: ансамбль смешивания на Python – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/skillfactory/blog/531416/>
6. Kreiman G. Biological and Computer Vision. Cambridge: Cambridge University Press, February 2021

2.3.1.

Д.С. Горбатенко

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

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ
ПРИ ПРОЕЗДЕ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ**

В статье рассматривается проблематика дорожно-транспортной аварийности при проезде пешеходных переходов и проблематика аварийности при подъезде к пешеходным переходам. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, как на пешеходных переходах, так и вблизи пешеходных переходов. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике безопасности дорожного движения в зонах пешеходных переходов.

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, улично-дорожная сеть, пешеходный переход, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.*

Безопасность дорожного движения (БДД) является одной из важных социально-экономических задач России. Важным разделом обеспечения БДД является безопасность движения при проезде пешеходных переходов, а также при подъезде к ним.

Рассмотрим структуру дорожно-транспортной аварийности на пешеходных переходах, а также вблизи пешеходных переходов, произошедшей на территории Московской области в 2017-21 гг. [1].

Аварийность на пешеходных переходах стабильно составляет в среднем 15 % от общего количества ДТП с пострадавшими, а аварийность вблизи пешеходных переходов составляет в среднем 13 % от общего количества ДТП с пострадавшими. Самыми распространенными видами ДТП на пешеходных переходах являлись наезд на пешехода (в среднем 75 % от общего количества ДТП на пешеходных переходах), столкновения (в среднем 15 %), и наезды на велосипедистов (в среднем 5 %). А вот вблизи пешеходных переходов самыми распространенными видами ДТП являлись столкновения и наезды на пешеходов (в среднем 60 % и 30 % от общего количества ДТП вблизи пешеходных переходов соответственно). Среди ДТП, произошедших на пешеходных переходах, в среднем 85 % ДТП происходило в населенных пунктах, а среди ДТП вблизи пешеходных переходов в населенных пунктах происходило в среднем 65 % ДТП.

В среднем 78 % ДТП на пешеходных переходах происходило на нерегулируемых пешеходных переходах. В среднем в половине ДТП фиксировались недостатки транспортно-эксплуатационного состояния дороги, из них в среднем в 42 % ДТП фиксировалось отсутствие, плохая различимость дорожной разметки, в среднем в 33 % ДТП – отсутствие, неправильное применение или плохая видимость дорожных знаков, в среднем в 9 % ДТП фиксировалось отсутствие пешеходных ограждений, в среднем в 7 % ДТП фиксировалось отсутствие, неисправность или недостаточность освещения, в среднем в 5 % ДТП – сужение проезжей части, наличие препятствий на проезжей части. Среди ДТП на пешеходных переходах в среднем 37 % происходило вблизи остановок общественного транспорта, в среднем 15 % ДТП происходило вблизи объектов торговли, в среднем 12 % ДТП происходили вблизи перекрестков. В среднем в 85 % ДТП отсутствовали какие-либо факторы, влияющие на режим движения. В среднем половина ДТП происходило при сухом состоянии проезжей части, в среднем 30 % ДТП – при мокром, в среднем 12 % ДТП проезжая часть была обработана противогололедными материалами. При ясной и пасмурной

происходило одинаковое количество ДТП (в среднем по 45 %). В среднем 55 % ДТП происходили в светлое время суток, в среднем 40 % ДТП происходили в темное время суток при включенном освещении. Среди наездов на велосипедистов в среднем в 75 % ДТП велосипедисты нарушали требования правил дорожного движения (ПДД), самыми распространенным нарушением являлось пересечение велосипедистом проезжей части на велосипеде (в среднем в 60 %). Среди наездов на пешеходов на пешеходных переходах в среднем в 80 % ДТП водители нарушали ПДД, самым распространенным видом нарушений являлось нарушение правил проезда пешеходных переходов (в среднем в 80 % ДТП по вине водителей). Самым распространенным нарушением ПДД пешеходами являлось неподчинение сигналам регулирования (в среднем в 95 % ДТП по вине пешеходов).

Среди ДТП, произошедших вблизи пешеходных переходов, в среднем в 50 % случаев фиксировались недостатки транспортно-эксплуатационного состояния дорог, в них самыми распространенными являлись отсутствие дорожной разметки (в среднем 45 %), отсутствие, неправильное применение, плохая видимость дорожных знаков (в среднем 35 %), отсутствие пешеходных ограждений (в среднем 20 %), отсутствие, недостаточность освещения (в среднем 10 %), и недостатки зимнего содержания, дефекты покрытия (в среднем 8 %). В среднем 65 % ДТП происходили в светлое время суток.

Среди велосипедистов, участвовавших в ДТП вблизи пешеходных переходов, и нарушивших ПДД, самым распространенным нарушением являлось нарушение правил расположения ТС на проезжей части (в среднем в 95 % ДТП). Среди водителей самыми распространенными нарушениями ПДД являлись неправильный выбор дистанции (в среднем 40 % ДТП), несоответствие скорости конкретным дорожным условиям (в среднем 18 %), несоблюдение очередности проезда (в среднем 17 %), выезд на полосу встречного движения (в среднем 8 %), и нарушения требований сигналов светофора (в среднем 7 %). Среди пешеходов самым распространенным нарушением ПДД являлся переход через проезжую часть вне пешеходного перехода в зоне его видимости (в среднем 90 %).

Анализ структуры аварийности на территории Московской области за последние 5 лет [1] позволил сделать вывод о том, что основными причинами возникновения ДТП на пешеходных переходах и вблизи них являлось следующее:

- пренебрежение соблюдением требований ПДД участниками дорожного движения, как водителями транспортных средств (ТС), так и пешеходами;
- недостатки обустройства пешеходных переходов и подъездов к ним.

Причем «вклад» этих причин в способствование возникновению ДТП примерно одинаков.

Поэтому, основной целью профилактики дорожно-транспортной аварийности, в зонах пешеходных переходов в частности, является создание условий, обеспечивающих соблюдение требований ПДД участниками дорожного движения.

Обеспечение соблюдения участниками движения требований ПДД осуществляется средствами надзора и контроля за движением. Инструментами (средствами) надзора и контроля за движением являются наличие экипажей дорожно-патрульной службы (ДПС), наличие средств автоматической фиксации нарушений ПДД, и виды, и размер (в рублях) административной ответственности за нарушение ПДД. Функции надзора и контроля за движением, естественно, не могут эффективно осуществляться без соответствующего уровня ответственности за нарушение ПДД, который должен состоять не только из высоких денежных сумм, но и обеспечиваться надежной системой неотвратимости наказания (например, задержание водительского удостоверения до исполнения, ограничение или запрет выполнения каких-либо действий до исполнения, ограничение пользования имуществом до исполнения и т.п.).

Организация движения должна быть направлена на то, чтобы максимально разделять транспортные и пешеходные потоки в пространстве и во времени. Пешеходы не должны пересекать многополосные дороги по нерегулируемым пешеходным переходам [2].

Обустройство пешеходных переходов и организация движения при подъезде к ним включает в себя следующие инженерные решения:

- создание, и поддержание в удовлетворительном состоянии, тротуаров (пешеходных дорожек) и обочин в зонах пешеходных переходов;
- создание, и поддержание в удовлетворительном состоянии, пешеходных ограждений проезжей части в зонах пешеходных переходов;
- наличие, и поддержание в удовлетворительном состоянии, в зонах пешеходных переходов соответствующих дорожных знаков и разметки;
- обеспечение видимости пешеходного перехода, выражаемое в виде создания искусственного освещения проезжей части, дополнительной подсветки разметки, установки дополнительных знаков с подсветкой на верхней консоли над переходом, специальной подсветки под ногами на тротуаре, создание островков безопасности, и отсутствия объектов, затрудняющих обзор (сооружения, деревья, кустарники, припаркованный транспорт и т.п.) в зонах переходов;
- обеспечение принудительного снижения скорости ТС при подъезде к пешеходному переходу (нанесение шумовой ребристой разметки, создание искусственных неровностей и т.п.);
- регулирование движения по пешеходным переходам.

Также очень важным направлением профилактики наездов на пешеходов является т.н. индивидуальная профилактика безопасного поведения самими пешеходами. Это главным образом следующие обязанности пешеходов:

- начинать переход проезжей части по нерегулируемому пешеходному переходу только оценив расстояние до приближающихся ТС, убедившись в собственной видимости для водителей ТС, и, соответственно, безопасности дальнейшего перехода;
- использовать световозвращающие предметы при ходьбе по проезжей части в темное время суток и в условиях плохой погоды.

Данное направление может быть реализовано в виде различных пропагандистских акций, рекламы, тематических бесед, лекций, проводимых у пешеходных переходов, на остановках общественного транспорта, в средствах массовой информации, в учебных заведениях, и т.п.

Предложенные решения действительно способны обеспечить безопасность движения [3], и, как следствие, предотвратить возникновение ДТП, ранение и гибель в них людей.

Список литературы

1. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области за 2017-21 г. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2017-21;
2. *Клинковитейн Г.И., Афанасьев М.Б.* Организация дорожного движения. М. Транспорт, 2001, -248 с.;
3. *Кузнецов В.В., Горбатенко Д.С., Порташников О.М.* Адекватность применения методики математического моделирования в целях разработки программ, направленных на повышение уровня безопасности движения на региональных автодорогах на территории Московской области. Воронеж, журнал «Вестник Воронежского института МВД России», с. 64-70. Выпуск № 4, 2018 г.

2.3.1.

Ю.В. Кочержинская, К.В. Кузнецов

Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова,
институт энергетики и автоматизированных систем,
кафедра вычислительной техники и программирования,
Магнитогорск, y.kocherzhinskaya@mail.ru

**РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ ПОМОЩИ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ КЛИЕНТОМ БАНКА
В ФОРМАТЕ ЧАТ-БОТА**

В работе представлены результаты разработки программной системы, оказывающей помощь клиенту банка в принятии решений. Система разрабатывается в формате чат-бота для одного из наиболее популярных мессенджеров – Telegram и предполагает нотификацию и помощь в проведении банковских операций на основе актуальной информации.

Ключевые слова: *чат-бот, нотификация, банковские операции, каналы коммуникации с клиентом.*

Введение

В современном мире оперативность предоставления услуг, к которой мы привыкли, очень высока. Задержка с ответом на вопрос или промедление с реализацией законного требования в большинстве случаев означает, как минимум, ухудшение имиджа компании, а в отдельных случаях может привести к немедленной потере клиента, который будет искать удовлетворяющие его скорость и качество услуги у конкурента. Одним из стремительно набирающих популярность действенных способов коммуникации клиента и бизнеса сегодня являются чат-боты, работающие в среде мессенджеров.

Нужно отметить, что, несмотря на то, что первые электронные помощники появились более полувека назад [1-2], устойчивая мировая ниша в среде полезных бизнес-приложений у них образовалась сравнительно недавно [3-4], а активное изучение возможностей использования чат-ботов в отечественных разработках, как часть информационных систем, насчитывает чуть более пяти лет [1, 5-7].

Классификация чат-ботов

Несмотря на краткость истории, уже можно исследовать существующие виды чат-ботов и составить их краткую классификацию, что окажет существенную помощь в дальнейшем изучении феномена этих программных продуктов. Чат-боты бывают двух основных видов:

– декларативные чат-боты. Это программы требующие, строго структурированного по определенным правилам, входного сообщения и предназначенные для выполнения достаточно узкого списка команд. То есть, для корректной работы они требуют от пользователя входной команды в определенном формате, а на выходе выполняют функцию в заранее известном виде. Такие боты в наименьшей степени используют технологии понимания человеческого языка и нацелены удовлетворение конкретной области потребностей пользователя. Например, они служат для автоматизации различных процессов, которые могут быть разбиты на небольшой список определенных команд, или для информирования пользователей в автоматическом режиме.

– предиктивные чат-боты. Часто называются виртуальными или цифровыми помощниками. Такие боты тесно связаны с технологиями NLP – Natural Language Processing и NLU – Natural Language Understanding. Данные технологии позволяют взаимодействовать с чат-ботом в более свободном формате и снижают требования к формату входных данных. Они учитывают контекст и используют технологии Machine Learning. Применяют

предсказательные и аналитические способности для персонализации на основе профилей пользователей и их поведения в прошлом. Цифровые помощники могут изучать предпочтения пользователя в течение времени, предоставлять рекомендации и даже предугадывать потребности. Чаще всего такие боты не способны на выполнение сложных и специализированных операций, но могут облегчить доступ пользователя к другим инструментам для производства таких операций.

Более подробная классификация была разработана на основе теоретико-информационного анализа различных источников [1,4,6], что позволило выделить основные подвиды чат-ботов и их главные отличительные признаки (рисунок).

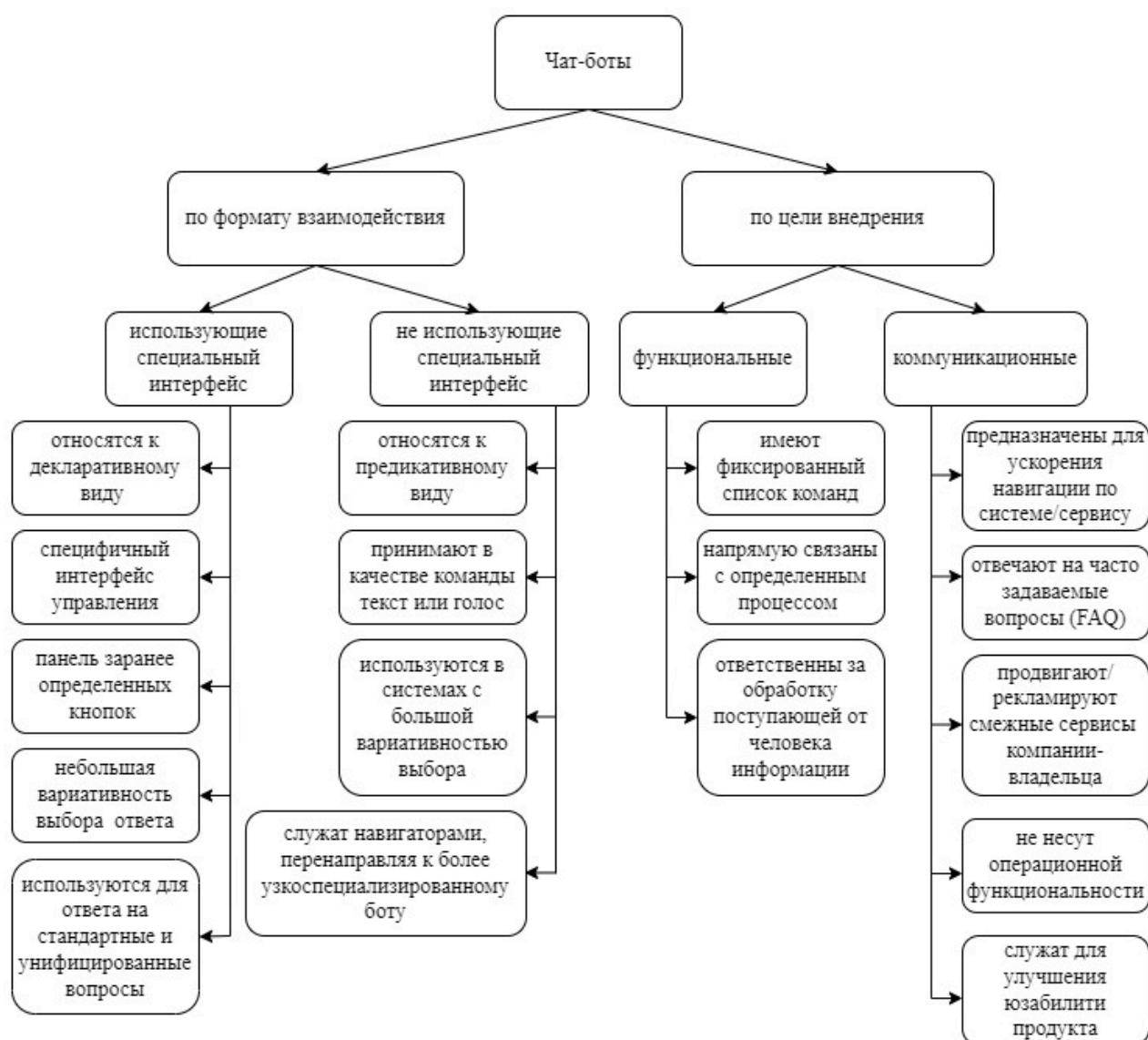


Рис. – Классификация чат-ботов

Чат-бот – это информационная система или часть такой системы, предназначенная для автоматизации процесса общения с клиентом и выполнения определенных функций без участия сотрудника.

Использование чат-ботов определенно несет ряд преимуществ для бизнеса, в частности:

- круглосуточная работа чат-бота позволяет сделать сервис доступным в любое время без увеличения штата и затрат на оплату дополнительных часов сотрудникам;
- оптимизация человеческих ресурсов – один чат-бот, работающий на нужды компании, способен одновременно общаться с сотнями клиентов;

- снижение рисков – чат-бот не имеет заинтересованности в личных данных клиентов, поэтому снижается вероятность их утечки;
- получение обратной связи от клиентов происходит гораздо честнее, когда человек оставляет отзыв неодушевленной программе.

Помимо этого, внедрение чат-бота в аналитические решения обеспечивает ряд возможностей, которые объединяют аналитику с дополнительным каналом коммуникации.

Данные возможности улучшают взаимодействие с пользователем, сокращая при этом затраты на человеческие ресурсы, но имеется и ряд недостатков, а именно:

- существенные затраты на разработку и внедрение;
- высокие требования к логике работы;
- отсутствие статусности.

Проектирование и реализация программной системы

Проработка всего объема информации позволила поставить задачу: создать проблемно-ориентированную систему управления для помощи в принятии решений клиентом банка в формате чат-бота. Основным стейкхолдером является одна из ведущих отечественных компаний-разработчиков IT-решений для банковской сферы. Определены характеристики чат-бота: декларативный, функциональный, имеющий возможность использования как текстового, так и специального интерфейсов ввода команд.

По заданным параметрам была разработана структура программного решения: для уже существующего программного продукта [8] разработан модуль, который позволяет работать с ним в 2-х режимах:

I режим – модуль подключается напрямую к API мессенджера (из списка поддерживаемых) и реализует базовый функционал чат-бота;

II режим – модуль предоставляет собственное API, реализующее функционал чат-бота, но между API модуля и API мессенджера может быть встроен другой модуль, который служит для расширения функционала бота и его кастомизации.

Существующий базовый программный продукт [8] служит в роли исполнителя процессов, а также источника данных для формирования интеллектуального ответа чат-бота. В качестве основного инструмента разработки был выбран язык программирования Java, т.к. он наилучшим образом подходит для интеграции в уже имеющуюся систему, а в качестве поддерживаемых мессенджеров – Telegram как наиболее популярный среди потенциальных пользователей. Реализация предусматривает возможность поддерживать другие мессенджеры. Продукт полностью готов к использованию и проходит стадию опытной эксплуатации.

Список литературы

1. Тен А.Е., Кузьмин А.Ю., Розалиев В.Л., Орлова Ю.А. Применение чат-ботов для решения разноплановых задач // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам Четвертой всерос. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 21–23 мая 2019 г.) Ч. II. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. С. 102-107.
2. Кочержинская Ю.В., Левандовский И.В., Дятловский В.А. Проявление системного подхода в сфере исторического развития средств разработки и проектирования приложений // Ab ovo ... (С самого начала...): Сборник научных трудов. Магнитогорск. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2019. С. 27-31.
3. Bezverhny E., Dadteev K., Barykin L., Nemshaev S., Klimov V. Use of chat bots in Learning Management Systems // Procedia Computer Science. Volume 169. 2020. 652-655.
4. Penkov St., Taneva A. Chat Programs in the Frame of Control System // IFAC-PapersOnLine. Volume 54. Issue 13. 2021. 52-56
5. Вайгандт А.Н. Создание чат бота по теме финансовой грамотности // Международный студенческий научный вестник. 2022. № 1. С. 102.
6. Максимчук Е.В., Михайлова Ю.В. Чат-боты и голосовые помощники в банковской сфере // Новые траектории взаимодействий банковского и реального секторов экономики и их влияние на развитие региона. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. С. 51-57.
7. Еремеева, Е.А. Рынок чат-ботов и их преимущества для бизнеса // Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия: Сборник статей XXI Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2022. С. 66-69.
8. Черномырдин А.В. "RadixWare. Платформа для корпоративных информационных систем." 2022. ООО Буква. Екатеринбург. 319 стр.

2.3.1.

В.С. Крылов

ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
факультет экономики,
менеджмента и информационных технологий,
кафедра прикладной информатики,
Симферополь, vskrylov@gmail.com

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕКСТОВ
НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ И ИХ ПЕРЕВОДОВ
НА РУССКИЙ**

В работе представлены результаты сравнительного анализа латентных тем текстов научной монографии на английском языке и её перевода на русский язык. Монография использована как модель коллекции документов для отработки технологии сравнительного анализа текстов научных публикаций на разных языках. Визуализация связей между различными разделами монографии, представленных в латентных темах, позволяет сопоставить структуры неявного знания источника и его перевода.

Ключевые слова: *тематическое моделирование, латентные темы, латентное размещение Дирихле.*

Во всех видах деятельности, в том числе и науке, важную роль играет неявное знание, которое особым образом проявляется в практической деятельности и передается как практическое знание, существующее в виде навыков и умений [1, 2]. Таким образом, важное значение играет понимание неявного знания, как взаимосвязи рационального и интуитивного знания, представленного в текстах, в том числе, научных публикаций.

Тематическое моделирование достаточно хорошо разработанная технология и широко применяется исследователями для решения задач машинного обучения, анализа текстов широкого круга публикаций в области смыслового анализа текстов, связанных с решением научных, управленческих, организационных и исследовательских задач [6,7]. Тематические модели представляют собой тип статистической модели, которая используется для обнаружения более или менее абстрактных тем в некотором наборе или коллекции документов. Тематические модели особенно полезны для выявления скрытых семантических структур в текстовых документах. Темы можно рассматривать как сети словосочетаний, которые из-за совместного появления в документах могут относиться к одной и той же семантической области (или теме). Полагают, если документ посвящен определенной теме, то можно ожидать, что слова, относящиеся к этой теме, будут появляться в этом документе чаще, чем в документах, посвященных другим темам. Темы, выделенные методами тематического моделирования, представляют собой кластеры соответствующих содержанию слов.

Книгу, например, научную монографию можно представить, как коллекцию документов, где каждый раздел, параграф или глава, выделенные автором, соответствует отдельному документу. Тематическое моделирование позволяет выявить множество латентных или скрытых тем, которые образуют скрытые связи между разделами книги.

Задача тематического моделирования состоит в извлечении тем из разделов-документов. Каждый из них представляется мешком слов, то есть множеством случайной независимой выборкой слов, порожденной некоторым количеством латентных тем. Решение задачи тематического моделирования заключается в восстановлении вероятностных распределений всех тем и определении их доли в документе [6, 7].

Язык R позволяет в короткий срок собирать из пакетов программ алгоритмы анализа текстов не только профессиональными программистами, но и исследователями аналитиками. Использование функций из пакетов программ предоставляет возможность собирать алгоритм для решения конкретной исследовательской задачи [5].

Программы языка R хорошо масштабируются. Не возникает проблем с анализом при увеличении количества документов изучаемой коллекции научных публикаций [5]. В отработанном алгоритме анализа в программе нет необходимости принципиально менять ее код, не тратить время на настройки для исследования тематического исследования текстов из различных областей деятельности. Кроме того, один и тоже код может использоваться для анализа текстов на разных языках.

Для расчета тематических моделей используется это математический метод скрытое распределение Дирихле (LDA). Он одновременно оценивает слова из мешка слов, связанных с каждой темой, а также оценивает множества тем, представленных в каждом документе [6,7].

Задание границы частоты отбора терминов, изменение значений параметров в расчете LDA объекта можно экспериментально подобрать значения параметров для эффективного анализа результатов моделирования научного издания.

Для очень коротких текстов (например, постов в Твиттере) или очень длинных текстов (например, больших книг) имеет смысл объединить/разделить отдельные документы так, чтобы получить более длинные/более короткие текстовые единицы для моделирования.

Для параметризованных моделей, таких как скрытое распределение Дирихле (LDA), количество тем K является наиболее важным параметром, который необходимо определить заранее. Выбор оптимального K зависит от различных факторов. Если K слишком мало, то в коллекция выделяется несколько очень общих семантических контекстов тем. Если K слишком велико, то в коллекции выделяется слишком много тем, некоторые из которых могут пересекаться, а другие сложно интерпретировать [7].

В приведенном примере в соответствии с предложенными метриками было определено два значения оптимального количества тем $K=5$ и $K=10$.

На Рис. 1 представлены столбчатые диаграммы визуализируют тематического моделирования английского текста и его перевода на русский книги К. Шваба «Четвертая промышленная революция» [4, 8]. На диаграмме представлены распределение долей, скрытых тем как между главами, так и внутри глав каждого издания.

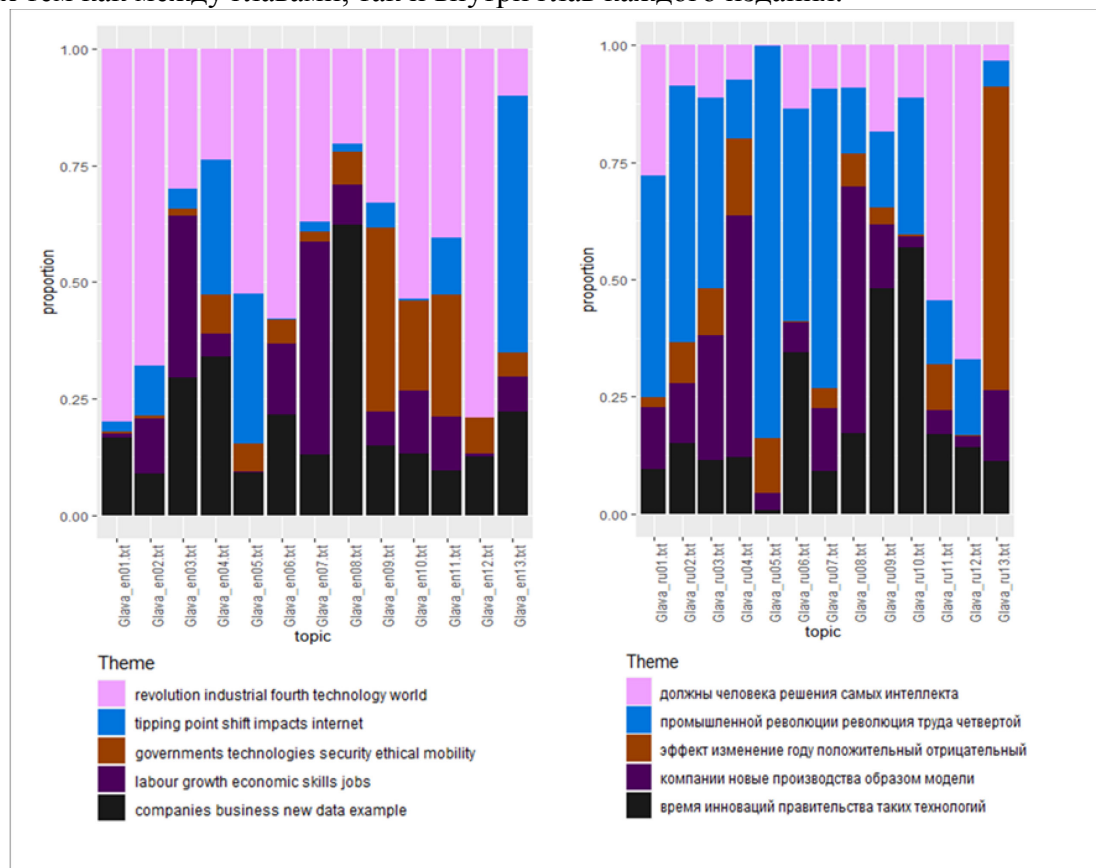


Рис. 1 – Распределение скрытых тем по главам и внутри глав книги К. Шваба «Четвертая промышленная революция» на английском и русском языках

Диаграмма на Рисунке 1 визуализирует отношение семантических структур латентных тем на английском и русском языках. Например, такие темы как:

companies business new data example

компании новые производства образом модели

практически в одинаковых долях представлены в каждом из текстов, но отличаются в распределении долей по главам. Последующий детальный сравнительный анализ отношения анализ латентных тем в текстах требует учета многозначности слов в каждом из словарей.

Список литературы

1. *Боргест Н.М.* Формирование и развитие научной дисциплины «онтология проектирования»: краткая история личностного опыта / Н.М. Боргест // *Онтология проектирования*. – 2020. – Т.10, №4(38). – С.415-448. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-415-448.
2. *Крылов В.С.* Компьютерный анализ эмоциональной компоненты научных публикаций на примерах в физике и экономике / В.С. Крылов, А.А. Кудрявцев, Л.Н. Абдурайимов // *Онтология проектирования*. – 2020. – Т.10, №4(38). – С.449-462. – DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-4-449-462.
3. *Крылов В.С.* Сборка алгоритма анализа латентных тем научных изданий // В.С. Крылов - *Научно-технический вестник Поволжья*, 2021, №8, с.19-21
4. *Шваб К.* Четвертая промышленная революция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bit.ly/3ePCDqb>
5. *Baruffa O.* Big Book of R [Электронный ресурс] / О. Baruffa - Режим доступа: <https://www.bigbookofr.com/index.html>
6. *Grün B., Hornik K.* Topicmodels: An R Package for Fitting Topic Models [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bit.ly/3BBCBvK>
7. *Feinerer I.* Introduction to the tm Package. Text Mining in R [Электронный ресурс] / *Feinerer I* – Режим доступа: <https://cran.r-project.org/web/packages/tm/vignettes/tm.pdf>
8. *Silge J.* Text Mining with R: A Tidy Approach [Электронный ресурс] / *J. Silge, D. Robinson* - Режим доступа: <https://www.tidytextmining.com/index.html>
9. *Schwab K.* The Fourth Industrial Revolution [Электронный ресурс] / *K. Schwab* – Режим доступа: [https://wikispooks.com/w/images/d/d0/The_Fourth_Industrial_Revolution_by_Klaus_Schwab_\(z-lib.org\).pdf](https://wikispooks.com/w/images/d/d0/The_Fourth_Industrial_Revolution_by_Klaus_Schwab_(z-lib.org).pdf)

2.3.1.

О.В. Никишина

Государственное автономное образовательное учреждение «Лицей Иннополис»,
Иннополис, kazpa@mail.ru

**ИЗУЧЕНИЕ АЗОТОФИКСИРУЮЩЕЙ МИКРОБИОТЫ
НА ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

В статье изложены результаты исследования почвы города Иннополис. Определен ее механический и химический состав. Описан процесс выращивания азотфиксирующих бактерий, и их исследования.

Ключевые слова: азотобактер, микробиота, механический и химический состав почвы, микроскопическое исследование образцов.

Введение

В условиях антропогенного изменения окружающей среды совершенствование методов биотестирования состояния почвы остается актуальной проблемой экологии. Известной тест-культурой для этих целей являются бактерии р. *Azotobacter* [1]. Исходным положением в интерпретации результатов биотеста было утверждение, что чем выше заселенность почвы азотобактером, тем плодороднее почва [2], то есть обилие этих бактерий оценивалось как положительное агрономическое свойство почвы [3].

Цель исследования – изучить: неоднородность почвы, механический и химический составы, накопление в ней *Azotobacter* в зависимости от состава почвы и воздействия антропогенной нагрузки.

Задачи исследования:

- изучить механический состав почвы и наличия карбонатов,
- определить рН почвенной вытяжки, определить содержание нитратов в почве, изучить распространение колоний бактерий *Azotobacter*, микроскопическое исследование образцов, изучить способности бактерий к накоплению полимерных соединений.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования являлась почва города Иннополис, расположенная в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан. Образцы пахотного слоя отбирались методом конверта, предусматривающим отбор 10 смешанных образцов (по диагонали поля через заданные отрезки) [4]. В лесополосе отбор почвенных образцов проводился через 200м. Отобранные пробы хранили в охлажденном состоянии (от 0 до -3°C). Отбор почвенных образцов производился из слоя агросерой лесной среднесуглинистой почвы (глубина 18-30 см).

Первым этапом данной работы стало определение механического состава образцов почвы и наличие в ней карбонатов. Исследования проводились “методом скатывания” по Н.А. Качинскому. [5]. Принимая во внимание, что в зависимости от типа почвы, при скатывании образцы имеют разные свойства: - выяснили, что в большинстве образцов преобладает легкий суглинок и супесь.

Далее мы определяли наличие карбонатов в почве [6]. На основании этого были сделаны следующие выводы о примерном содержании карбонатов в образцах. В 8-ми из 10-ти исследуемых образцах было обнаружено присутствие карбонатов.

Следующим этапом исследования было определение кислотности почвы и содержание нитратов в ней. Необходимость определения данного параметра обусловлена тем, что реакция почвенной среды влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур, являясь важным условием почвенного плодородия. Данные представлены в таблице 1. С помощью индикаторных полосок Биосенсор-Аква- нитрат- NO было проведено исследование нитратов в почве. Данные показали содержание нитратов в пределах нормы [7].

Таблица 1 – Определение кислотности среды (pH) и содержание в ней нитратов.

№	pH	Тип почвы	Показатель нитратов Мг/мл	Показатель загрязнения
1	6	Близкая к нейтральной	25	норма
2	5,5	Слабокислая	25	норма
3	5	Среднекислая	25	норма
4	6	Близкая к нейтральной	25	норма
5	5	Среднекислая	25	норма
6	6	Близкая к нейтральной	10	норма
7	6	Близкая к нейтральной	10	норма
8	6	Близкая к нейтральной	10	норма
9	5	Среднекислая	10	норма
10	5	Среднекислая	25	норма
Ср. значение	5.55	Слабокислая	19	норма

Дальнейшим этапом наших исследований стало выявление азотфиксирующих бактерий в почве и определения их относительного содержания. *Azotobacter* учитывали стандартным методом комочков на среде Эшби. Наблюдение за ростом колоний проходило ежедневно, а сбор статистической информации проводили на 4, 8 и 12 день. В ходе работы было выявлено, что азотобактерии присутствуют во всех анализируемых образцах почвы. Установлено, что их содержание значительно меньше на среднесуглинистых почвах в среднекислой среде, по сравнению с легким суглинком и нейтральной средой. В образце №10 наблюдается максимальное количество обрастаний. Он был отобран из места скопления перегноя и компоста, где соответственно происходит активное накопление азота, что способствует обогащению почвы азотфиксирующими бактериями.

Таблица 2 – Посев и наблюдение за ростом колоний бактерий *Azotobacter*.

№ образца	<i>Azotobacter</i> , % обрастания, 4 день	<i>Azotobacter</i> , % обрастания, 8 день	<i>Azotobacter</i> , % обрастания, 12 день
1	21	33	57
2	12	18	65
3	24	36	56
4	25	31	66
5	10	15	57
6	8	12	48
7	23	34	51
8	22	35	48
9	12	23	56
10	26	43	70
Контрольный образец	0	0	0
Среднее значение	18,3	28	57,4

Микроскопическое исследование образцов производили по методу Циллю — Нильсена. Микроскопия показала, что азотобактерии присутствуют во всех анализируемых образцах почвы. Клетки бактерий рода *Azotobacter* имеют овальную форму (окрашены в розовый цвет), располагаются одиночно, парами и неправильными скоплениями. Розовый цвет свидетельствует о том, что полученные бактерии – грамотрицательные [8]. Изучена способность штамма *Azotobacter* накапливать полимеры. Исследования проводились с помощью красителя Судана черного, все бактерии в образцах окрасились в голубой цвет, что свидетельствует о способностях бактерий к накоплению полимерных соединений [9].

Выводы

В результате работы были отобраны 10 образцов почв, из которых были выделены азотфиксирующие бактерии, оказавшиеся *Azotobacter*. Изучен механический состав почвы, выявлено небольшое наличие карбонат-ионов. Определена кислотность среды (рН) почвенной. Определено содержание нитратов. Было выявлено, присутствие азотобактерий в образцах почвы. Установлено, что их содержание значительно меньше на среднесуглинистых почвах в среднекислой среде, по сравнению с легким суглинком и нейтральной средой. При микроскопическом исследовании образцов видно, что *Azotobacter* имеют овальный и сферический вид. Все исследуемые образцы бактерий показали способность к накоплению полимерных соединений.

К сожалению, способность азотобактера активно размножаться в почве и проявлять свои многогранные качества весьма ограничена из-за дефицита легкодоступных органических веществ в почве и высокой требовательности микроорганизма к окружающим условиям. Поэтому стимулирующий эффект азотобактера проявляется лишь на плодородных почвах. Соответственно необходимо проанализировать и оценить возможность применения современных комбинированных технологий воздействия слабых электромагнитных полей для дальнейшего развития и пробуждения бактерий рода *Azotobacter* и методы для их исследований [10].

Список литературы

1. *Viscardi S.* Assessment of plant growth promoting activities and abiotic stress tolerance of *Azotobacter chroococcum* strains for a potential use in sustainable agriculture // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2016. V. 16 (3). p. 848–863. DOI:10.4067/S0718-95162016005000060
2. *Данилова А.А.* Дыхательный отклик живой фазы на стресс как критерий оценки состояния почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020. Т. 50. No 5. С. 87–93. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-5-10
3. *Свистова И.Д., Истомина Е.И.* Азотфиксирующая активность урбопочв на примере различных категорий урбаноземов г. Воронежа // *Биогеохимия - научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека: труды XI Междунар. биогеохимической школы* (Тула, 13-15 июня 2019 г.). Тула: Изд-во ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2019. с. 183
4. *Сафонов А.Ф.* Системы земледелия. М.: Изд-во «Колос», 2016. 447 с.
5. *Н.А. Качинский* Физика почв. М.: Высшая школа, 2013. - 324 с
6. *Алексян, В.А.* Содержание карбонатов, состав и соотношение обменных оснований пахотных земель / В.А. Алексян // *Почвоведение и агрохимия*. - 2013. - №3. - С. 28-32.
7. Инструкция по применению тест-полосок индикаторных для одновременного определения нитратов, н http://bioakva.ru/Papki/instr_6.htm. Дата обращения 26.06.2022.
8. *Hajnal-Jafari T.* The use of *Azotobacter* in organic maize production // *Research Journal of Agricultural Science*. 2012. 44 (2). P. 28–32.
9. *Артамонова В.С., и др.* Микробные комплексы почв урбанизированных территорий // *Сибирский экологический журнал* 20017 т.14. №5. С 797-808
10. *Никишина О.В.* Комбинированные методы обработки почв // журнал *Электроника фотоника и киберфизические системы* 2022 т.2. №2. С 51-55

2.3.1.

А.Ю. Унгер

МИРЭА – Российский технологический университет,
институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,
Москва, unger@mirea.ru

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ФОРМАЛЬНЫХ ГРАММАТИК

В работе предлагается новый подход к проектированию распределенных информационных систем в облачном кластере. За основу взята традиционная архитектура клиент-сервер. Предложена стратегия разделения полномочий между клиентом и сервером, при котором логика работы системы реализуется на стороне клиента, а сторона сервера обеспечивает целостность хранения данных и контролируемый доступ к ним. Предложены два подхода к обеспечению защиты данных: на уровне отдельных сущностей и на уровне транзакций. Показано, как реализовать программный интерфейс доступа к данным на уровне транзакций.

Ключевые слова: *формальная грамматика, реляционная база данных, дескриптор транзакции.*

Введение. Архитектура клиент-сервер продолжает играть ведущую роль в построении масштабируемых информационных систем. Серверная часть приложения располагается на некоторой виртуальной или физической машине. Совокупность таких машин объединяется в информационных кластер, который является ядром всей системы. Ключевые характеристики кластера, такие как масштабируемость и отказоустойчивость, позволяют обсуживать непрерывный поток клиентских запросов.

Тенденцией последних лет является миграция информационных систем в облако целиком или частично [1]. Таким образом, практически все задачи системы решаются на стороне сервера. Проектирование системы подобным образом позволяет добиться целостности и надежности хранения данных, устойчивости к программным и аппаратным сбоям оборудования и равномерности распределения нагрузки. От клиента требуется лишь отправить запрос на сервер и отобразить результат выполнения данного запроса.

В настоящей статье предлагается новый подход к проектированию информационных систем, который унифицирует некоторые аспекты архитектуры клиент-сервер.

Основная концепция. Современные возможности аппаратной и программной виртуализации позволяет рассматривать облако, как вычислительную среду с некоторым количеством процессорных ядер, некоторым объемом оперативной памяти и некоторой емкостью для постоянного хранения данных. Одной из задач программной инженерии в аспекте проектирования информационной системы в облаке является минимизация вычислительных ресурсов для обслуживания заданного количество клиентов.

Рассмотрим основные задачи, возникающие в практически любой информационной системе. Три основные компонента, составляющие ядро информационной системы, включают: 1) хранилище данных; 2) контроль доступа к данным; 3) кэширование данных.

Хранилище данных может быть реализовано, как реляционная или нереляционная база данных. Реляционные базы данных обеспечивают большие возможности манипулирования данными и в целом показывают лучшие характеристики по производительности по сравнению с нереляционными [2].

Введем в рассмотрение единицу хранения данных. Самый популярный объектно-ориентированный подход [3] к разработке приложений, предполагает модель информационной системы в виде совокупности объектов, которые связаны между собой некоторыми отношениями. В мире реляционных баз данных естественным аналогом класса является таблица, строки которой представляют собой отдельные экземпляры данного класса.

Для того чтобы связать два введенных нами понятия – таблица и класс – введем в качестве единицы хранения данных *сущность*. Это понятие встречается практически во всех ORM – объектно-реляционных преобразователях [4]. В терминах ORM сущность описывается некоторым классом, а экземпляр данной сущности сохраняется и извлекается из реляционной базы данных посредством некоторого адаптера (mapper).

Наша задача – минимизировать ресурсы системы, затрачиваемые на обслуживание одного запроса. Для этого откажемся от сложных (JOIN) запросов. Очевидно, в этом случае увеличится общее количество запросов к СУБД. Например, вместо запроса вида

```
SELECT a.*, b.* FROM <parent_table> AS a LEFT JOIN <child_table> AS b ON b.parent_id = a.id WHERE <some_condition> ORDER BY a.id;
```

придется использовать два последовательных запроса вида

```
1) SELECT * FROM <parent_table> WHERE <some_condition>;
```

```
2) SELECT * FROM <child_table> WHERE parent_id IN (<parent_id_set>) [WHERE <some_condition>];
```

Можно видеть, что оба варианта выбирают родительскую сущность совместно с массивом дочерних сущностей. Однако первый вариант предполагает, что сервер базы данных явно знает о взаимосвязи сущностей. Эта взаимосвязь важна при описании схемы базы данных, но не при работе с ней. Итак, следующий шаг в оптимизации работы серверной части информационной системы заключается в том, что логику работы с сущностями мы перекладываем на сторону клиента. Сервер баз данных используется, как хранилище сущностей.

Сказанное позволяет нам сформулировать следующее положение относительно выборки объектов из реляционной базы данных: один запрос может вернуть или единичную сущность, или массив сущностей, выбранных по определенному критерию [5]. Необходимо отметить, что здесь мы говорим не о разгрузке системы в целом, а о перераспределении полномочий. Отслеживание сущностей и связей между ними не является задачей сервера баз данных. Эта задача становится задачей клиентской части информационной системы.

Вопросы безопасности. Перекладывание логики работы с объектами информационной системы выдвигает на передний план вопрос безопасного и разграниченного доступа к данным. В настоящей работе предлагается два подхода к решению данного вопроса.

1) Ограничение доступа на уровне сущности. В этом случае доступ к объектам осуществляется по трехуровневой хеш-таблице (ACL), в которой каждая сущность отображается следующим образом:

$$ACL[EntityName][EntityAction][EntityFingerprint] = GroupList$$

Здесь *EntityName* – имя сущности, *EntityAction* – производимое действие, *EntityFingerprint* – опознавательный признак сущности (уникальная строка, однозначно идентифицирующая принадлежность объекта к заданному подмножеству сущностей), *GroupList* – список групп пользователей, которым разрешен доступ.

EntityAction ограничивается множеством операторов языка манипулирования данными. К базовым операторам относятся: *создать*, *получить*, *обновить*, *удалить*. Этими действиями описывается полный жизненный цикл существования сущности в базе данных.

2) Доступ на уровне транзакции. Если единицей хранения данных является сущность, то единицей обмена информацией между клиентом и сервером естественной выбрать *транзакцию*. Транзакция представляет собой последовательность обращений к базе данных, гарантирующих целостность и непротиворечивость данных. В таком определении, транзакция практически полностью проецируется на стандартное определение транзакции в

терминах СУБД. Поэтому естественно взять за основу нашей транзакции транзакцию на уровне базы данных.

Ограничение доступа на уровне транзакции предполагает, что по отношению к клиенту, система определяет некоторый программный интерфейс (API). Если описать последовательность обращений, составляющих тело транзакции, и присвоить этому описанию уникальный идентификатор, то можно в запросе к серверу ссылаться на данный идентификатор и передавать необходимые для выполнения запроса данные (контекст). Совокупность этих идентифицированных описаний (дескрипторов) и составляют программный интерфейс доступа к информационной системе. Дескриптор может быть описан на любом языке программирования, поддерживающим базовые инструкции контроля управления (условия, циклы и т.д.). Таким образом, дескриптор можно описать с помощью контекстно-свободной формальной грамматики [6].

Концептуально два предложенных подхода различаются тем, что в первом случае мы передаем на сервер всю схему транзакции, т.е. данные и действия над ними, а во втором случае – только сами данные. Схема транзакции хранится на стороне сервера.

Заключение. Предложенный в статье подход к проектированию информационной системы, состоящий в разделении полномочий между клиентом и сервером, был реализован в облачном кластере, состоящем из четырех принципиальных узлов: узла балансировки нагрузки, узла хранения данных, сервера приложений и сервера кеширования [7]. В качестве сервера кеширования выбрана резидентная система управления базами данных *Redis*. В качестве балансировщика использовался веб-сервер *Nginx*. В качестве основного хранилища данных выбрана СУБД *PostgreSQL*.

Список литературы

1. *Hatton L.* Empirical test observations in client-server systems // *Computer*. 2007. V. 40, no 5. pp. 24-29.
2. *Lenhardt J., Chen K., Schiffmann W.* Energy-efficient web server load balancing // *IEEE Systems Journal*. 2015. V. 11, no 2. pp. 878-888.
3. *Linthicum D.S.* A guide to cloud-enabling your software // *IEEE Cloud Computing*. 2016. V. 3, no 2. pp 20-23.
4. *Bolognesi T.* Toward constraint-object-oriented development // *IEEE Transactions on Software Engineering*. 2000. V. 26, no 7. pp. 594-616.
5. *Ermakov N.V., Molodyakov S.A.* A caching model for a quick file access system // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. V. 1864. 012095.
6. *Лесько С.А.* Модели и сценарии реализации угроз для интернет-ресурсов // *Russian Technological Journal*. 2020. Т. 8, № 6. с. 9-33.
7. *Unger A.Y.* A formal pattern of information system design // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. V. 2094. 032045.

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

2.3.3.

¹Т.И. Афанасьева, ²Г.Е. Кокиева

¹Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, tanafan@mail.ru,

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия,
Инженерный факультет,
Улан-Удэ, Kokievagalia@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДЛЯ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Доильные установки снабжены регулятором, обеспечивающим только верхний предел вакуума, то при перегрузке вакуумной сети происходит изменение всех параметров: процесса доения, а иногда и самовыключение аппаратов. На практике такая перегрузка обычно появляется в результате неправильного выбора источника вакуума по производительности. В статье исследована работа вакуумного насоса для доильной установки.

Ключевые слова: вакуумный насос, доильная установка, доильный агрегат.

Современную молочную ферму невозможно представить без машинного доения. Эффективность доения во многом зависит от обслуживающего персонала, который должен знать не только основы физиологии, образования молока и молокоотдачи, но и принцип работы машин и оборудования для доения коров. В настоящее время для доения коров применяют самые различные доильные установки. Выбор типа доильной установки зависит от размера фермы, продуктивности животных, способа их содержания и климатических условий. Во время работы доильного аппарата в камерах пульсатора, коллектора и стакана создаются поочередно вакуум или атмосферное давление (камеры соединяются то с вакуум-проводом, то с атмосферой). На рис.1 представлена принципиальная схема ротационного вакуумного насоса

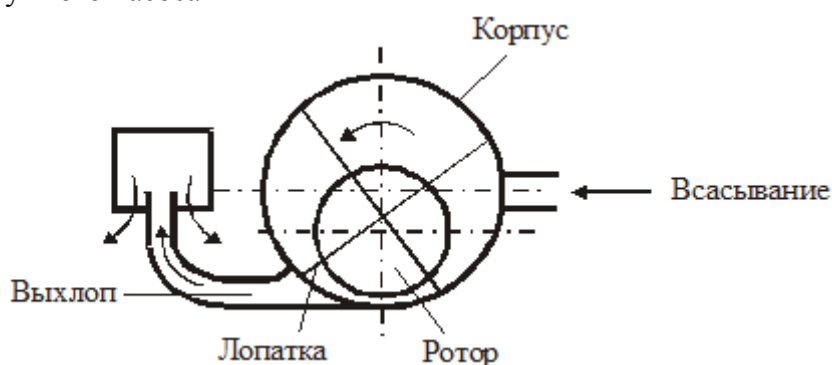


Рис. 1 — Принципиальная схема ротационного вакуумного насоса

При соединении камер с вакуум-проводом воздух из них отсасывается вакуумным насосом и выбрасывается в атмосферу. В случае несоответствия секундных весовых количеств воздуха, поступающего в систему G_c и откачиваемого насосом G_n за бесконечно малый промежуток времени dt , количество воздуха в объеме доильного агрегата изменится на величину:

$$dq = G_n dt - G_c dt \quad (1)$$

Выражая dq через давление dp (при постоянной температуре) и выполнив некоторые преобразования, получим следующее выражение:

$$dt = \frac{V}{S_H p_H - S_C p}, \quad (2)$$

где V —рабочий объем доильного агрегата; S_H —производительность вакуумного насоса при давлении p_H ; S_C —расход воздуха через доильный аппарат, т. е. количество воздуха, поступающего в систему за единицу времени при давлении p .

После интегрирования и дальнейших преобразований будем иметь:

$$t = \frac{V}{S_C} \ln \frac{S_H p_H - S_C p_C}{S_H p_H - S_C p}, \quad (3)$$

$$p_C = p_H \left[\frac{S_H}{S_C} + e^{t \frac{S_C}{V}} \left(1 - \frac{S_H}{S_C} \right) \right], \quad (4)$$

где p_C —давление в вакуумной системе.

Анализ этой формулы показывает. Что p_C всегда будет равно p_H при $S_H = S_C$, т.е., когда устанавливается равновесие производительности насоса и расхода воздуха в вакуумной системе. Разницу между максимальным и номинальным расходами воздуха, характеризующую запас производительности насоса, мы называем воздушным резервом, который по существу и обеспечивает надежную работу доильных аппаратов:

$$\Delta S = S_{max} - S_C. \quad (5)$$

Тогда для доильной установки необходимо иметь вакуумный насос с производительностью:

$$S_H = S_C + \Delta S_C. \quad (6)$$

Общий расход воздуха доильным аппаратом с учетом количества его S_K , проникающего в вакуумную систему в момент переключения клапанов пульсатора и коллектора, может быть найден по выражению:

$$S_{an} = S_p + S_K. \quad (7)$$

Для определения величины воздушного резерва необходимо учитывать и источники поступления воздуха в систему, помимо доильных аппаратов: подсос воздуха в момент надевания доильных аппаратов и увеличенный расход воздуха при включении доильных аппаратов в работу. Поступление воздуха в систему вследствие неплотностей в соединениях и других неисправностей, которые можно устранить, в расчетах не учитывается.

Дополнительное поступление воздуха в систему происходит не постоянно, а периодически (т.е. за время t_K расход воздуха в системе увеличится на величину ΔS_C). Увеличение расхода воздуха вызывает понижение вакуума. Если изменение величины вакуума не превышает допустимых значений (10—15 мм рт. ст.), то она может быть восстановлена до нормального уровня за некоторый промежуток времени t_B .

Во время установки доильных стаканов через подсосовые камеры каждого из них в систему поступает определенное количество воздуха S_{CT} , а общий расход определится числом открытых стаканов x в каждом аппарате и числом устанавливаемых доильных аппаратов m_1 . В то же время возможен расход воздуха в момент дополнительного включения в сеть какого-то числа аппаратов m_1 из-за возникновения вакуума p_B , в рабочем объеме V_a каждого аппарата. С учетом высказанных соображений уравнения баланса расхода воздуха в системе можно представить в следующем виде:

$$S_H(t_K + t_B) = S_{an} z t_B + S_{an}(z - m_1 - m_2)t_K + S_{CT} x m_1 t_K + V_a \frac{p_B}{p_6} m_2. \quad (8)$$

Очевидно, для обеспечения нормальной работы насос должен иметь производительность:

$$S_H = S_{an} z + \frac{t_K}{t_K + t_B} (S_{CT} x - S_{an}) m_1 + \frac{1}{t_K + t_B} \left(V_a \frac{p_B}{p_6} - S_{an} t_K \right) m_2. \quad (9)$$

Из этого выражения можно определить воздушный резерв:

$$\Delta S_C = \frac{t_K}{t_K + t_B} (S_{CT} x - S_{an}) m_1 + \frac{1}{t_K + t_B} \left(V_a \frac{p_B}{p_6} - S_{an} t_K \right) m_2. \quad (10)$$

Вторым слагаемым правой части последнего уравнения можно пренебречь, так как время установки доильных стаканов (25—30 сек) обычно равно времени поступления в систему воздуха через стаканы $\left(V_a \frac{p_B}{p_6} - S_{an} t_K \approx 0 \right)$.

Тогда воздушный резерв вакуумной системы может быть найден по следующей формуле:

$$\Delta S_c = \frac{t_k}{t_k + t_b} (S_{ст}x - S_{ан})m_1. \quad (11)$$

Время t_k известно из хронометражных данных и может быть принято равным 15-30 сек., время восстановления вакуума t_b зависимости от способа доения изменяется в очень широких пределах (10-120 сек). Число одновременно включаемых стаканов легко определить исходя из принятого способа организации работ. Обычно из четырех стаканов открытыми остаются только два, т.е. $x=2$. Величина m_1 , определяется по числу работающих на одной вакуумной системе доярок. Расход воздуха через один открытый доильный стакан, по данным опыта, при $p_b=380$ мм рт. ст. и числе пульсаций $n=60$ в мин. равен $S = 2,5 \div 2,7$ м³/час. Зная величину воздушного резерва вакуумной системы и расход воздуха доильными аппаратами, можно подобрать требуемый источник вакуума и определить параметры оптимального режима работы. Эта задача решается сопоставлением рабочих характеристик вакуумного насоса и вакуумной сети. Первая из них определяет зависимость производительности насоса S_n от величины создаваемого вакуума p_b и может быть найдена в справочной литературе или путем непосредственного замера производительности насоса при различных величинах вакуума. Характеристика сети, представляющая собой зависимость вакуума p_b от расхода воздуха S_c для одного доильного аппарата, показана на рис. 3. Для z аппаратов, очевидно, расход увеличится в z раз.

Методом наложения характеристик насоса и вакуумной сети может быть определена рабочая точка, соответствующая оптимальному режиму вакуумной системы (рис. 4). Рабочие точки A_1 , A_p , A_2 лежат в местах пересечения характеристик насоса $S_n = f(p_b)$ вакуумной сети $S_c = f(p_b)$ том случае, если рабочая точка лежит выше зоны нормального вакуума ($S_n \gg S_c$), для поддержания требуемой величины вакуума необходим дополнительный расход воздуха, под действием которого рабочая точка насоса сместится из положения A_1 в положение A_p . Этот дополнительный расход воздуха, являющийся воздушным резервом насоса, может быть обеспечен с помощью вакуум-регулятора [1-5]. При положении рабочей точки A_2 ниже линии нормального вакуума необходимо или уменьшить поступление воздуха (например, отключить часть доильных аппаратов) или насоса. При определении воздушного резерва системы время установки доильных стаканов принималось равным 20 сек., а время выравнивания вакуума 30 сек. Нормальная работа вакуумной системы возможна, когда воздушный резерв насоса ΔS_n больше или равен воздушному резерву вакуумной системы:

$$\Delta S_n \geq \Delta S_c.$$

Изложенная методика подбора вакуумного насоса может быть применена для доильных агрегатов любого типа. Неправильная работа доильного аппарата может вызвать нарушение физиологических процессов в организме коровы. Во избежание этого во время доения необходимо поддерживать определенный режим работы доильной установки. Если продолжительность тактов и число пульсаций задаются самой конструкцией аппаратов, то величина вакуума в процессе доения может значительно колебаться.

Список литературы

1. *Сергеев И.* "Экономика региональных молочных стад" Ж. "Животноводство в России" №4 2004.
2. *Ткаченко Е.И.* Технология молочного скотоводства на промышленной основе. - Москва: Россельхозиздат. - 1998.
3. *Трофимов А.Ф* Интенсивная технология производства молока. Минск-1991.
4. *Фисинин В.И.* Технологические основы производства и переработки продукции животноводства. - Москва: МГТУ им. Н.Э.Баумана. - 2003.
5. *Шакиров Ф.К.* Организация сельскохозяйственного производства. - Москва: Колос. - 2002.

2.3.3.

¹Л.Д. Ибрагимов, ²И.И. Нуреев,
^{2,3}Рин.Ш. Мисбахов, ²О.Г. Морозов, ²Л.М. Сарварова

¹ООО «НПК «Сенсорика», Сколково,
²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, OGMorozov@kai.ru,
³Университет Иннополис,
Иннополис

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Выходной сигнал волоконно-оптических датчиков напряжения (ВОДН), работающих на эффектах Фарадея и Погкельса и используемых на цифровых подстанциях распределительных энергетических систем, подвержен влиянию внешних факторов – температура, вибрация, давление, что отрицательно сказывается на погрешности измерений. Кроме того, погрешность может быть значительно увеличена за счет влияния электромагнитных полей, формируемых токоведущими элементами соседних фаз и другого оборудования. Для поиска путей решения указанных проблем проведен сравнительный анализ рынка применения ВОДН и оценены перспективы внедрения новых решений.

Ключевые слова: измерительный трансформатор напряжения; цифровой интерфейс; влияние внешних факторов; патентный поиск; оптический эффект электрострикции; применение.

Введение. В [1] предложена концепция Smart Grid Plus, заключающаяся в построении параллельно телекоммуникационной волоконно-оптической сети диагностического мониторинга для распределительных энергетических сетей и поставлена задача развития различного типа датчиков, охватывающих всю сеть, по принципу «от входа до выхода» [2-3]. При этом основным чувствительным их элементов является адресная волоконная брэгговская структура (АВБС) [4,5], отличающаяся возможностью многопараметрического сбора информации о внешних параметрах среды с дальнейшей их компенсацией и отсутствием отклика на внешние электрические и магнитные поля. Одной из не охваченных в [1-3] задач, является задача построения ВОДН.

Анализ рынка. В результате проведенного патентно-информационного поиска и маркетинговых исследований определено, что в стороне основного направления исследований, проводимых в направлении построения ВОДН, остались датчики на основе эффектов электрострикции, Керра и Ампера [1]. При этом основным конструктивным принципом построения ВОДН является применение цельноволокнистых измерительных схем. Такие ВОДН имеют множество технологических и технических преимуществ, перед использованием объемных и интегральных чувствительных элементов: пропадает необходимость в юстировке и склейке транспортного волокна с чувствительным элементом, повышается вибростойкость, появляется возможность комплексирования измеряемых физических параметров [1]. В данной статье будет рассмотрено одно из перспективных направлений – ВОДН на основе АВБС и эффекта электрострикции.

Датчики напряжения на основе волоконной брэгговской решетки (ВБР). Приведем краткий обзор ВОДН на ВБР, основанный на материалах [1].

Пьезокристаллы применяются во многих схемах измерения напряжения, например, они могут использоваться совместно с интерферометрической схемой Саньяка. Эффект Саньяка проявляется в так называемом кольцевом интерферометре, когда луч света делится на два разветвителем и каждый из них распространяется в противоположных направлениях.

Участок волоконной петли интерферометра может быть намотан на цилиндрический пьезоэлемент, находящийся в переменном электрическом поле, что приводит к периодическому изменению длины оптического пути либо деформации ВБР.

С учетом этой идеи разработана измерительная схема [6], в которой оптическое волокно с ВБР FBG1 (рис. 1) приклеено к пьезоэлементу, что позволяет измерять величину деформации при приложении электрического поля. Так как ВБР чувствительна не только к механическим воздействиям, но и к температурным, необходимо скомпенсировать температурный дрейф центральной длины волны ВБР.

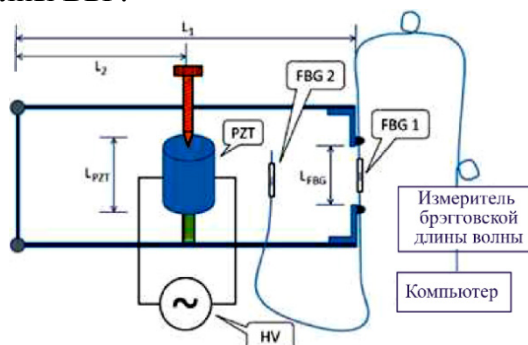


Рис. 1 – Структурная схема измерительной системы [6]

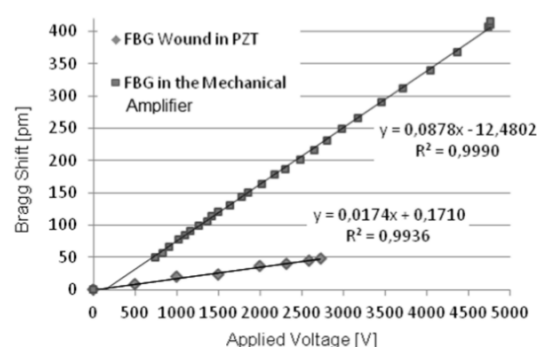


Рис. 2 – Измерительная характеристика ОИТН на основе разных аппликаторов ВБР [6]

Чтобы компенсировать это смещение, можно использовать дополнительный датчик температуры. Однако в нашем случае невозможно использовать обычный температурный датчик, поскольку пьезоэлемент находится под высоким напряжением. Альтернативой является использование другой ВБР FBG2, зафиксированной на пьезоэлементе, для измерения температуры, но таким образом, чтобы она не подвергалась деформации (рис. 1). Две ВБР будут находиться в одной и той же точке и обеспечат два разных брэгговских спектра отражения: один зависящий от деформации и температуры, а другой только от температуры.

Так как коэффициенты расширения цилиндрического пьезоэлемента не столь высоки, предложено измерять механические напряжения не самого кристалла, а подвижной рамки, где кристалл под приложенным электрическим полем с помощью рычага раздвигал рамку с расположенной на ней ВБР.

На рис. 2 видно, что размещение ВБР на пьезоэлементе не дает необходимой чувствительности, в то время как решение с рамкой полностью оправдало себя. Данный метод построения датчиков напряжения позволяет обеспечить простоту конструкции чувствительного элемента и способа опроса устройства, среднюю точность 0,1 % от полной шкалы, дешевизну.

Перспективы применения ВОДН на основе АВБС. Датчики напряжения на основе ВБР могут непосредственно использоваться как чувствительный элемент без использования кристаллов. В [7] показана реализация такого датчика и описан принцип его работы. Однако его недостатком является малая чувствительность, связанная с малой длиной ВБР, необходимость применения дорогого интеррогатора и отсутствие адресности измерений.

Как перспектива развития данного направления исследований предложено использовать вместо ВБР новый перспективный датчик на основе АВБС [3-4, 8]. Данный датчик – двухкомпонентный [3] или трехкомпонентный [4] – соответственно в два или три раза длиннее ВБР, использует радиофотонный опрос на основе наклонного фильтра и фотоприемника, а также обеспечивает полную адресность измерений. Трехкомпонентный датчик может обеспечить многоадресной кодирование, поскольку значение адреса соответствует разному по частоте его оптических компонент.

На рис. 3 представлен макет ВОДН на АВБС, подготовленный нами к проведению сравнительных испытаний.

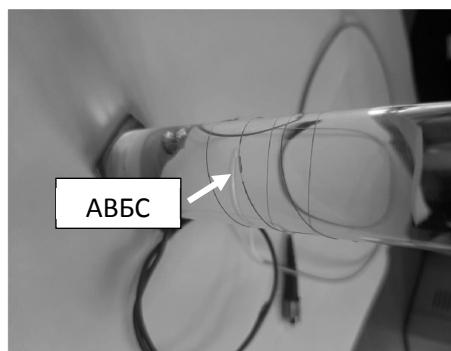


Рис.3 – Макет ВОДН на АВБС

ВОДН на базе АВБР регистрировал напряжения при калиброванных его значениях, подаваемых на не очищенный кристалл кварца с уровнями напряжения до 30 кВ. Было определено, что диапазон стабильной работы достигал 10 кВ, после чего начиналась генерация частичных разрядов.

Заключение. По результатам патентного поиска и сравнительного анализа было показано, что характеристиками, наиболее близкими к требуемым, обладают ВОДН, построенные на основе ВБР. В числе их преимуществ: непериодический характер выходной характеристики; широкий динамический диапазон измерений, возможность комплексирования отклика. Недостаток – сложная система опроса, отсутствие адресности измерений и малая длина зоны взаимодействия с электрическим полем.

Для будущих применений рекомендовано использование адресных волоконных брэгговских структур, использование которых приводит к резкому снижению стоимости системы, возможности учета температурных уходов и достижению полной адресности сети при ее радиофотонном опросе. При этом длина АВБС в зависимости от типа в 2-3 раза больше ВБР, что приводит к повышению чувствительности измерений. Приведены результаты первых испытаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках исполнения обязательств по Соглашению №075-03-2020-051 (fzsu-2020-0020).

Список литературы

1. Мисбахов Рин.Ш. Радиофотонные адресные сенсорные системы на трехкомпонентных волоконных брэгговских структурах и их применение для решения задач интеллектуальной энергетики: диссертация ... доктора технических наук. – Казань, 2020. – 601 с.
2. Маскевич К.В. и др. Волоконно-оптическая парадигма диагностического мониторинга цифровой энергетики. Основа концепции «Smart Grids Plus» // Фотон-экспресс. 2018. № 4. С. 18-25.
3. Maskevich K.V. et al. Fiber optic technologies for diagnostic monitoring of digital energy grids based on 'Smart Grids Plus' concept // Proc. of International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018. 2018. P. 8501617.
4. Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж. Адресные волоконные брэгговские структуры в квазираспределенных радиофотонных сенсорных системах // Компьютерная оптика. 2019. № 4. С. 535-543.
5. Аглиуллин Т.А. и др. Многоадресные волоконные брэгговские структуры в радиофотонных сенсорных системах // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 1. С. 6-13.
6. Kaufhold M. et al. Electrical stress and failure mechanism of the winding insulation in PWM-inverter-fed low-voltage induction motors // IEEE Trans. Ind. Electron. 2000. Vol. 47. No. 2. pp. 396-402.
7. Marignetti F. et al. Fiber Bragg grating sensor for electric field measurement in the end windings of high-voltage electric machines // IEEE Trans. Ind. Electron. 2016. Vol. 63. No. 5. pp. 2796-2802.
8. Мисбахов Рус.Ш. и др. Волоконные брэгговские решетки с двумя фазовыми сдвигами как чувствительный элемент и инструмент мультиплексирования сенсорных сетей // Инженерный вестник Дона. 2017. Т. 46. № 3 (46). С. 24.

2.3.3.

¹Л.Д. Ибрагимов, ²И.И. Нуреев,
^{2,3}Рин.Ш. Мисбахов, ²О.Г. Морозов, ²Л.М. Сарварова

¹ООО «НПК «Сенсорика»,
Сколково,

²Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
кафедра радиوفотоники и микроволновых технологий,
Казань, OGMorozov@kai.ru

³Университет Иннополис,
Иннополис

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ БРЭГГОВСКОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Актуальность и практическая значимость решения проблемы повышения эффективности распределительных сетей может быть основана на использовании системного подхода и парадигмы единства диагностического мониторинга, определения ресурса эксплуатации по состоянию, диагностики раннего предупреждения на основе применения концепции Smart Grid Plus (SGP) и радиофотонных датчиков на основе трехкомпонентных адресных волоконных брэгговских структур (ТАВБС). В данной работе представлена математическая модель работы брэгговского оптического измерительного трансформатора напряжения на основе указанного вида структур.

Ключевые слова: измерительный трансформатор напряжения; электрострикция в оптических волокнах; трехкомпонентная адресная волоконная брэгговская структура; математическая модель; блок-схема.

Введение. Концепция Smart Grid Plus [1-3], заключающаяся в построении параллельно телекоммуникационной волоконно-оптической сети диагностического мониторинга для распределительных энергетических сетей опирается на применение в системе чувствительных элементов нового типа – адресных волоконных брэгговских структур (АВБС) [4-6], отличающаяся возможностью многопараметрического сбора информации о внешних параметрах среды с дальнейшей их компенсацией и отсутствием отклика на внешние электрические и магнитные поля.

При приложении переменного или постоянного электрического поля к участку волокна, в котором записана ТАВБС, происходит изменение величины показателя преломления в связи с явлением электрострикции [7], присущей всем диэлектрикам, которым свойственна случайная ориентация электрических доменов вне зависимости от типа симметрии кристалла [1].

Математическая модель. В первом приближении величина изменения показателя преломления (ПП) оптического волокна вследствие приложенной вдоль него силы F (электрическое поле) связана с изменением плотности ρ от плотности $\Delta\rho$:

$$\Delta\rho = \frac{1}{2} C \gamma_e \varepsilon_0 |E|^2, \quad (1)$$

где E – величина приложенного электрического поля; C – изотермическая сжимаемость материала; ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума; γ_e – коэффициент электрострикции.

Изменение ПП вызовет изменение брэгговской длины волны ТАВБС для всех трех адресных компонент:

$$\lambda_{Br} = 2n_{eff}\Lambda, \quad (2)$$

где Λ – период компоненты; n_{eff} – эффективный показатель преломления, в виде:

$$\frac{\Delta\lambda_{Br}}{\lambda_{Br}} = p_e \varepsilon + \left[p_e (\alpha_m - \alpha_f) + \xi \right] \Delta T, \quad (3)$$

где p_e – эластооптический коэффициент кварца; α_m , α_f – термические коэффициенты линейного расширения материала волокна и оболочки; ξ – термооптический коэффициент.

Коэффициент P_e в общем случае учитывает все причины изменения показателя преломления, включая и связанные с изменением плотности $\Delta\rho$ под действием приложенного электрического поля. Таким образом, под действием внешнего электрического поля должно произойти изменение резонансной длины волны, вызванное изменением показателя преломления за счет приложения электрического поля. Сдвиг длины, вызванный переменным полем, происходит с той же частотой, что и у поля, и может быть определен непосредственно по результатам Фурье-анализа спектра отражения ТАВБС.

Учитывая адресность ТАВБС измерительная система может содержать несколько таких точечных датчиков, что позволит контролировать распределение электрического поля в нескольких трансформаторах и вдоль линии [1]. Величина напряжения V_{AB} , приложенного между двумя точками (датчиками) A и B , соответствует значению определенного интеграла от скалярного произведения двух векторов: электрического поля E и единичного вектора u тангенциальной оси оптического волокна:

$$V_{AB} = \int_A^B E u dl, \quad (4)$$

где dl – длина элементарного участка оптического волокна.

Если величина электрического поля $E u$ известна как набор некоторых дискретных точек, то значение интеграла может быть вычислено численными методами [1].

Блок-схема прототипа и его испытания. Разработанный прототип был испытан в лабораторных условиях. Блок-схема измерительной системы и ее внешний вид представлены на рис. 1.

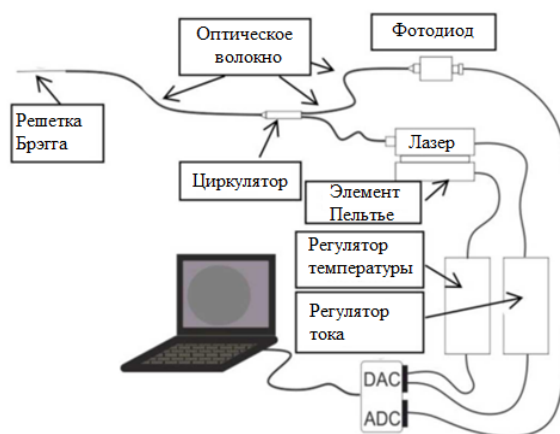


Рис. 1 – Структурная схема измерительной системы

Широкополосный лазерный диод генерирует излучение, падающее на отражающие компоненты ТАВБС датчика. Для стабилизации температуры лазера используется ПИД-регулятор с элементом Пельтье, завязанный на регулятор напряжения и тока лазера. Отраженное от ТАВБС излучение через циркулятор поступает на фотодиод, далее на АЦП и ПК для обработки.

Электрическое поле формировалось с помощью регулируемого автотрансформатора (рис. 2) на кварцевом кристалле (подавалось однофазное напряжение промышленной частоты в диапазоне 0 ... 20 кВ) [1]. Сигнал от ТАВБС датчика отображался на осциллографе в реальном времени и записывался в ПК для математической обработки.

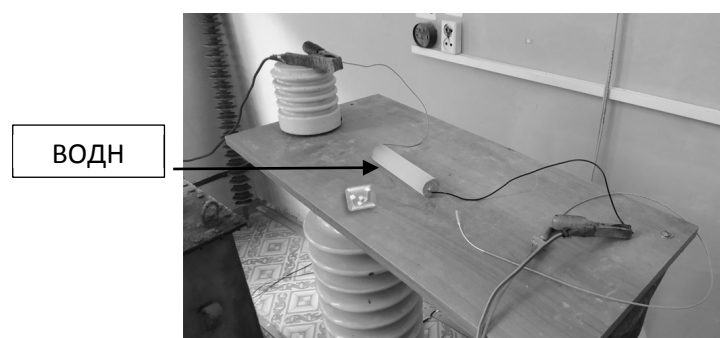


Рис. 2 – Экспериментальный стенд

На рис. 3 представлен сигнал на выходе фотоприемника для случая напряженности поля на уровне $1,8 \cdot 10^6$ В/м (прикладываемое напряжение 16 кВ) (рис. 2, а) и $5,6 \cdot 10^5$ В/м (прикладываемое напряжение 5 кВ) (рис. 2, б). Стоит отметить, что сигнал имеет частоту вдвое большую (100 Гц), что связано с природой электрострикционного эффекта [1].

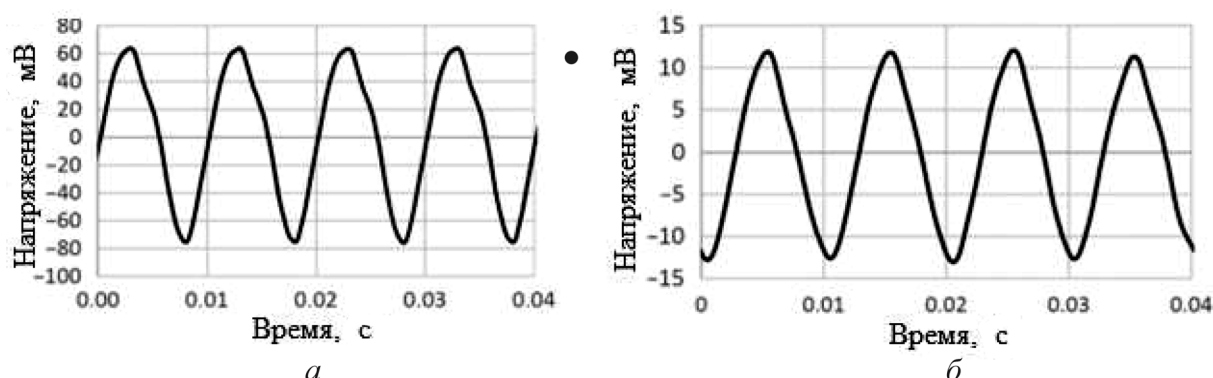


Рис. 3 – Осциллограммы сигнала на выходе фотоприемника

Использование радиотонных методов обработки позволяет создать комплект трансформатора напряжения на три фазы, который будет содержать три ТАВБС с разными адресами, широкополосный лазер и фотодиод. Для разделения ТАВБС по адресам необходимо применить наклонный фильтр, установленный перед фотодиодом и соответствующее ПО для ПК [3], разработанное в КНИТУ-КАИ. При этом стоимость такого комплекта на порядок меньше, чем стоимость интеррогатора для опроса четырех ВБР при стандартном анализе, аналогичном [7].

Заключение. В результате проведенных исследований была разработана математическая модель измерения напряжения на основе эффекта электрострикций в ТАВБС, расположенной на кварцевом кристалле, и регистрации сдвига ее центральной частоты. При напряжении в 30 кВ сдвиг частоты достигал 300 пм. Использование радиотонных методов обработки и адресность ТАВБС позволяет создать комплект трансформатора напряжения на три фазы, который будет содержать три ТАВБС с разными адресами, широкополосный лазер, оптический фильтр с наклонной АЧХ на диапазон измерений $\pm 1,5$ нм, обусловленный изменением температуры, и фотодиод. Внешние факторы, которые могут вызвать сдвиг центральной длины волны ТАВБС, не имеют характерного изменения напряжения (синусоида с частотой 100 Гц), что позволяет просто фильтровать их влияние.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках исполнения обязательств по Соглашению №075-03-2020-051 (fzsu-2020-0020).

Список литературы

1. Мисбахов Рин.Ш. Радиофотонные адресные сенсорные системы на трехкомпонентных волоконных брэгговских структурах и их применение для решения задач интеллектуальной энергетики: диссертация ... доктора технических наук. – Казань, 2020. – 601 с.
2. Маскевич К.В. и др. Волоконно-оптическая парадигма диагностического мониторинга цифровой энергетики. Основа концепции «Smart Grids Plus» // Фотон-экспресс. 2018. № 4. С. 18-25.
3. Maskevich K.V. et al. Fiber optic technologies for diagnostic monitoring of digital energy grids based on 'Smart Grids Plus' concept // Proc. of International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018. 2018. P. 8501617.
4. Мисбахов Рин.Ш. и др. Волоконные брэгговские решетки с двумя фазовыми сдвигами как чувствительный элемент и инструмент мультиплексирования сенсорных сетей // Инженерный вестник Дона. 2017. Т. 46. № 3 (46). С. 24.
5. Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж. Адресные волоконные брэгговские структуры в квазираспределенных радиофотонных сенсорных системах // Компьютерная оптика. 2019. № 4. С. 535-543.
6. Аглиуллин Т.А. и др. Многоадресные волоконные брэгговские структуры в радиофотонных сенсорных системах // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 1. С. 6-13.
7. Marignetti F. et al. Fiber Bragg Grating Sensor for Electric Field Measurement in the End Windings of High-Voltage Electric Machines. 2016. IEEE Transactions on Industrial Electronics. Vol. 63. P. 1-1.

2.3.3.

¹Г.Е. Кокиева, ²И.Ф. Борисова¹Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, Kokievagalia@mail.ru,Бурятская государственная сельскохозяйственная академия,
Инженерный факультет,
Улан-Удэ, Kokievagalia@mail.ru,²Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
irina_karina@mail.ru**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ
БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**

Большой запас энергии, заключенный в биомассе, которой располагает сельское хозяйство, способствует постоянному поиску и разработке перспективных технологий ее извлечения. К числу таких технологий относится анаэробная метангенерация. В статье описано исследование работы показателей работы биоэнергетической установки.

Ключевые слова: биоэнергетическая установка, метаногенерация, технология, биомасса.

Фермерские и личные подсобные хозяйства, опирающиеся в большинстве своем на примитивные технологии и ручной труд, во многом исчерпали ресурсы своего роста, что ускорило технологическую деградацию, снизило производственный потенциал и экономическую эффективность отрасли.

Таблица 1 – Виды животноводческих предприятий Якутии

	Показатели	Ед. изм.	2011 год	2012 год	2013 год
1	Сельхозпредприятия МСХ	ед.	294	324	376
2	Подсобные хозяйства	ед.	160	161	159
3	КФХ	ед.	4 322	4 468	4 347
4	ЛПХ	ед.	80 800	77 326	75 697
Всего		ед.	85 576	82279	80579

Как видно из данных таблицы 1, по форме собственности преобладают частные и составляют 99,3% от общего количества животноводческих хозяйств. На рис.1 приведена классификация способов переработки жидкого навоза (по разработкам В.В.Калюги). Рисунок 2. Базовая схема биогазовых установок: 1 – гомогенизатор навоза; 2 – насос; 3 – метантенк; 4 – газгольдер; 5 – нагреватель; 6 – мешалка



Рис.1 – Классификация способов переработки жидкого навоза (по разработкам В.В.Калюги)

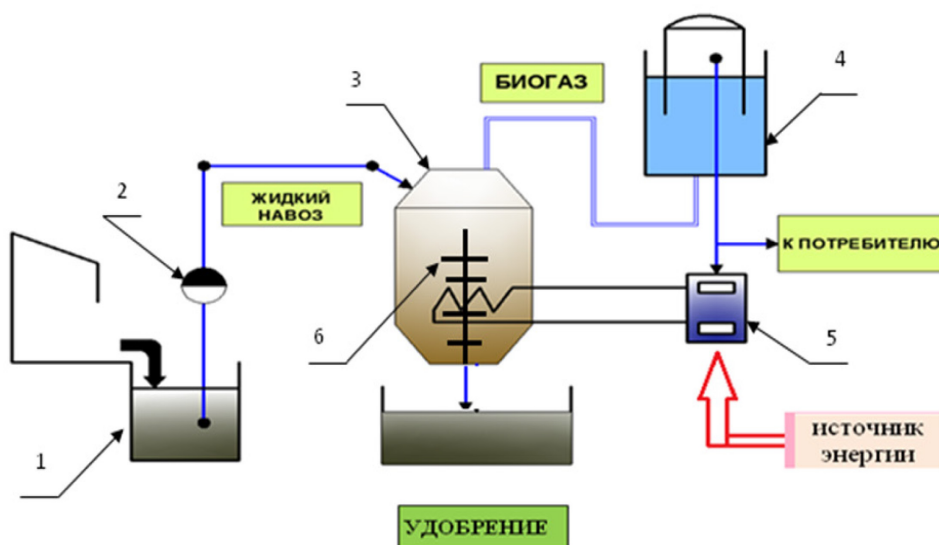


Рис. 2 – Базовая схема биогазовых установок: 1 – гомогенизатор навоза; 2 – насос; 3 – метантенк; 4 – газгольдер; 5 – нагреватель; 6 – мешалка

Интенсивность спонтанного перемешивания, величина которого будет зависеть:

- от количества образующихся пузырьков, количества осаждающихся (всплывающих) твердых частиц субстрата и однородности температуры сбраживания;
- чем меньше будет объем метантенка, тем выше вероятность использования максимальной величины скорости всплытия пузырьков, а значит, высота слоя сбраживаемого субстрата в метантенке должна быть как можно тоньше.

В итоге, приходим к следующему уравнению, описывающему процесс интенсивности (скорости) спонтанного перемешивания:

$$v_{\text{СП}} = v_{\text{П}} + v_{\text{ОС}} \quad (1)$$

$$v_{\text{СП}} = v_{\text{П}} + \sqrt{\frac{4gd(\rho_{\text{T}} - \rho_{\text{Ж}})}{\xi \rho_{\text{Ж}}}} \quad (2)$$

$$m_{\text{суб}} \cdot g \cdot v_{\text{СП}} = N_{\text{СП}} \quad (3)$$

Определив мощность спонтанного перемешивания, можно найти величину выполняемой работы и спрогнозировать объем ожидаемого метана в биогазе K_{CH_4} ; содержание балласта K_6 ; можно выйти на необходимый размер метантенка, оптимально работающего на спонтанном перемешивании:

$$A = f(K_{\text{CH}_4}; K_6; V_{\text{М}}) \quad (4)$$

Мощность спонтанного перемешивания можно определить со следующего уравнения:

$$N_{\text{СП}} = m_{\text{суб}} \cdot g \cdot \left(v_{\text{П}} + \sqrt{\frac{4gd(\rho_{\text{T}} - \rho_{\text{Ж}})}{\xi \rho_{\text{Ж}}}} \right) \quad (5)$$

Значения скоростей биогазовых пузырей $v_{\text{П}}$ и их диаметров d имеют малые величины. Следовательно, мощности от их движения недостаточно для обеспечения оптимального перемешивания сбраживаемого субстрата – обязательно следует предусматривать перемешивающее устройство в метантенке БЭУ. В период пуска установки суточные дозы загрузки реактора составили 6...8 м³ (4,8...6,4%). Затем после замены полного объема реактора доза суточной загрузки была увеличена до 10% объема с автоматической подачей дробных порций 24 раза в сутки. В целом процесс анаэробной переработки навоза, контролируемый по температуре, выходу биогаза, содержанию сухого и органического вещества в загружаемой и сброженной биомассе, pH, летучим жирным кислотам и другим техническим показателям, шел удовлетворительно. Однако продуктивность биореактора по генерации газа резко колебалась. Основная причина этого – нестабильность поступления навоза, что связано с нарушениями его удаления с фермы. Падение выхода биогаза связано с поломкой механизмов транспортировки навоза из помещений фермы, подачей массы повышенной влажности. При возобновлении нормальной подачи навоза выход биогаза быстро восстанавливался. Периодический контроль технологических, биохимических и агрохимических показателей навоза выполняли на основных этапах переработки: при подаче с фермы, предварительной подготовке в подогревателе-выдерживателе, на выходе из реактора. Пробы отбирали со сдвигом во времени в соответствии с периодами его прохождения по технологической цепочке. Уменьшается активная реакция среды (pH снижается с 7,46 до 7,26) в выдерживателе и увеличивается концентрация предшественников метана – летучих жирных кислот – 45%, что говорит об активном протекании гидролиза и кислотообразования. Следует особо отметить, что высокая концентрация ЛЖК в исходной массе не приводила, по нашим наблюдениям, ни к резкому снижению кислотности среды, ни к угнетению анаэробного процесса. В то же время некоторые специалисты считают, что оптимум ЛЖК для анаэробного процесса должен находиться в пределах 600...1500 мг/л [1]. Значительные колебания влажности загружаемой в реактор массы, т.е. неравномерное содержание сухого и органического вещества, естественно, приводили к нестабильности процесса как по интенсивности газогенерации, так и по глубине разложения органических веществ. Это сказывалось и на качестве сброженной биомассы – одного из конечных продуктов переработки. В установке сбраживание происходило в термотолерантном режиме (40 °C), что отвечает оптимуму развития группы микроорганизмов, занимающих естественную экологическую нишу между термофильной и мезофильной группами. Бактериологические посевы на общее микробное обсеменение и коли-титр свидетельствуют о том, что при температуре +40 °C, 10-суточном цикле сбраживания и высокой дробности подачи перерабатываемого навоза не обеспечивается существенное снижение санитарных показателей. Общее микробное обсеменение сброженной массы – $1,43 \cdot 10^6$, исходного навоза – $8,5 \cdot 10^6$.

Список литературы

1. Технология двухступенчатой переработки отходов животноводства и пищевой промышленности в биогаз. Проспекты фирмы «Швартинг». Материалы выставки «Промышленность и техника Баден-Вюртемберга, земли ФРГ». Москва, 20-27 марта 1985 г.
2. Сорокин А.И., Павличенко В.Н., Форматюк П.Н., Пуц Л.Н. Технология термотолерантного метанового сбраживания навоза. – Запорожье: МТБ ЦНИПТИМЭЖ, 1984, вып. 22.
3. Друзьянова В.П. Перспективы использования биогазовой техноло-гии по переработке помета в ОАО «Якутская птицефабрика» [Текст] / В. П. Дру-зьянова, А. К. Аммосова // Научное обеспечение реализации национального проекта в сельском хозяйстве : материалы науч.-практ. конф. преподават., со-трудников и аспирантов. – Улан-Удэ, 2010. – С. 23-27.
4. Друзьянова В.П. Перспективы получения и применения биотопли-ва для ДВС в Якутии [Текст] / В. П. Друзьянова, Н. В. Петров // Интеллектуаль-ный потенциал XXI века: ступени познания : сб. материалов IX Молодеж. меж-дунар. науч.-практ. конф. : в 2-х ч. - Новосибирск, 2012. – Ч. 2. - С. 45-52.
5. Друзьянова В.П. Применение эффлюента крупного рогатого скота в рационах кур-несушек в условиях Якутии [Текст] / В. П. Друзьянова, С. А. Петрова // Вестник Восточно-Сибирского государственного технологического университета. – 2010. - № 4. - С. 105-108.

2.3.3.

¹Г.Е. Кокиева, ²Н.А. Лукина¹Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, Kokievagalia@mail.ru,Бурятская государственная сельскохозяйственная академия,
Инженерный факультет,
Улан-Удэ, Kokievagalia@mail.ru,²Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
Lukina-7171@mail.ru**ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ**

Эксплуатационные характеристики машин содержат значения показателей, полученных при испытании машин в конкретных производственных условиях. В качестве эксплуатационных рассматривают те характеристики конкретной машины, которые оказывают наибольшее влияние на ее производительность, затраты труда и средств с учетом качества работы и воздействия на окружающую среду. В статье предложена методика математического описания распределения нагрузки машины по контактной поверхности колесного движителя с деформируемым грунтом.

Ключевые слова: игольчатый диск, пропашные культуры, технологический процесс.

Важную роль в увеличении пропашных культур играют сокращение сроков проведения междурядных обработок, повышения качества их выполнения [1-5]. Для глубокой плоскорезной обработки почвы в этом случае целесообразны активные игольчатые диски, приводимые от ВОМ трактора. На рис.1 приведена абсолютного движения конца иглы активного игольчатого диска.

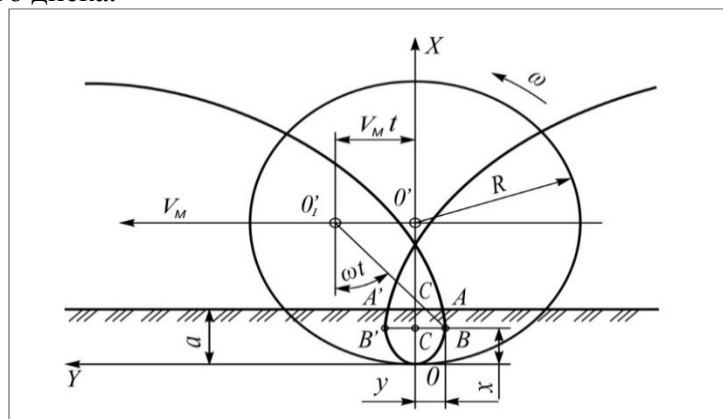


Рис. 1 – Траектория абсолютного движения конца иглы активного игольчатого диска

Рассмотрим траекторию (рис. 1) абсолютного движения конца иглы (точка В) активного игольчатого диска. Эта точка, двигаясь прямолинейно и равномерно вместе с машиной со скоростью V_M и равномерно вращаясь с угловой скоростью ω относительно оси O' , описывает траекторию в виде удлиненной циклоиды. Выберем систему координатных осей с началом в точке O , когда конец иглы расположен на одной вертикали с осью его вращения. При этом ось OX направим вертикально вверх, ось OY – горизонтально на глубину a обработки почвы игольчатым диском по направлению движения машины [2,5]. Выберем систему координатных осей с началом в точке O , когда конец иглы расположен на одной вертикали с осью его вращения. При этом ось OX направим вертикально вверх, ось OY – горизонтально на глубину a обработки почвы игольчатым диском по направлению движения машины.

Уравнение движения конца иглы:

$$y = \frac{v_m}{\omega} \arccos \frac{D-2x}{D} - \sqrt{Dx - x^2}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость диска; $D = 2R$ – диаметр диска; R – радиус диска по концам иглы. Движущая сила, возникающая при работе активного игольчатого диска, будет пропорциональна площади S_a , фигуры $A'O A$, которую обегает в почве конец иглы.

Площадь

$$S_a = -2S_0, \quad (2)$$

где S_0 – площадь фигуры OCA .

Поскольку площадь фигуры OCA в выбранных осях координат отрицательна, то, чтобы получить положительное значение ее, в формулу (2) введен знак минус.

Учитывая выражение (1), площадь S_x , фигуры $OB' B$

$$S_x = 2 \int_0^x \sqrt{Dx - x^2} dx - 2 \frac{v_m}{\omega} \int_0^x \arccos \frac{D-2x}{D} dx. \quad (3)$$

После интегрирования выражения (3) и подстановки пределов получим

$$S_x \frac{\pi D^2}{8} + \frac{v_m}{\omega} (D - 2x) \arccos \frac{D - 2x}{D} - \left(\frac{2v_m}{\omega} + \frac{D - 2x}{D} \right) \sqrt{Dx - x^2} - \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{D - 2x}{D}. \quad (4)$$

Подставив в зависимость (4) кинематический показатель $\lambda = \omega R / v_m$, характеризующий режим работы игольчатого диска, получим

$$S_a = \frac{\pi D^2}{8} + \frac{D}{2\lambda} (D - 2a) \arccos \frac{D - 2a}{D} - \left(\frac{D}{\lambda} + \frac{D - 2a}{D} \right) \sqrt{Da - a^2} - \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{D - 2a}{D}. \quad (5)$$

Для почвообрабатывающих орудий показатель λ может принимать значения 2...6 при обработке старопашотных почв и 4...16 при обработке вязных задернелых [3,10]. Он определяется равномерностью обработки почвы по глубине (высотой h гребней) и степенью ее рыхления (толщиной δ стружки). Режим работы рассматриваемого диска может быть выбран из условия, чтобы разрушение почвы на уровне поверхности поля было не больше, чем для пассивного (несвободного) диска с кинематическим показателем режима работы $\lambda^* = 1$.

Аналитически это условие запишется так:

$$\frac{D}{2\lambda} \arccos \frac{D-2a}{D} - 2 \sqrt{Da - a^2} + \frac{D}{2} \arccos \frac{D-2a}{D} = 0, \quad (6)$$

Откуда

$$\lambda = \arccos \frac{D-2a}{D} / \left(\frac{4}{D} \sqrt{Da - a^2} - \arccos \frac{D-2a}{D} \right). \quad (7)$$

Рассчитав по формулам (5) и (7) значения $S_a = f(a)$ и $\lambda = f(a)$, где a выбрано в долях диаметра D активного игольчатого диска, построим соответствующие графические зависимости (рис. 2).

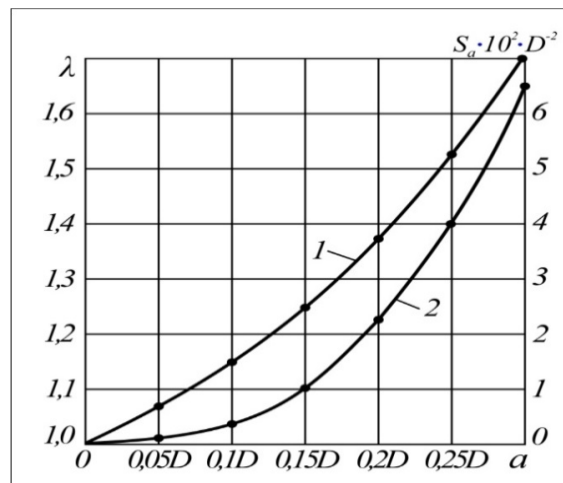


Рис. 2 – Зависимость показателя λ активного игольчатого диска (кривая 1) и площади S_a (кривая 2), обегаемой концом иглы в почве, от глубины обработки a .

Таблица 1 – Зависимость $\lambda = f(a)$ и $S_a = f(a)$

a	0,05 D	0,10 D	0,15 D	0,20 D	0,25 D	0,30 D
λ	1,07	1,15	1,25	1,38	1,53	1,72
$S_a \cdot 10^3$	1,4 D ²	3,2 D ²	10,7 D ²	23,2 D ²	41,3 D ²	66,2 D ²

График $\lambda = f(a)$ (кривая 1) позволяет обоснованно выбирать показатель режима работы активного игольчатого диска в зависимости от глубины обработки почвы. Учитывая, что значения a могут изменяться, эта зависимость даёт возможность установить разумные пределы величины λ . По величине S_a (кривая 2), полученной при соответствующей глубине не обработки. Движущее усилие (среднее) активного игольчатого диска можно ориентировочно определить так:

$$F_1 = KbS_a/l, \quad (8)$$

где K – удельное сопротивление почвы; b – ширина иглы диска; $l = \pi D/(\lambda z)$ – путь, проходимый осью игольчатого диска за время его поворота на угол между соседними иглами (подача на иглу диска); z – число игл на диске или

$$F_1 = Kzb\lambda S_a/(\pi D). \quad (9)$$

Подставив в формулу (9) значения S_a и λ из выражений (6) и (8), получим среднее движущее усилие активного игольчатого диска.

Анализ зависимости (8) показывает, что для сохранения стерни на поверхности поля при изменении глубины хода активного игольчатого диска необходимо изменять и показатель λ :

$$\lambda = \omega R/v_m = f(a). \quad (10)$$

С изменением глубины a при постоянных значениях R и v_m должна изменяться и угловая скорость ω диска. То есть в комбинированном агрегате для безотвальной обработки почвы должно быть устройство, позволяющее регулировать частоту вращения диска в зависимости от глубины его хода. Такое устройство предложено для комбинированного орудия [4], которое имеет (рис. 3) раму 6, широкозахватные плоскорежущие лапы 7, оборудованные стабилизаторами-рыхлителями 8, и установленные впереди игольчатые диски 5, приводимые во вращение ВОМ трактора через редуктор 2 и механическую передачу 4. Орудие снабжено устройством 8 для изменения частоты вращения игольчатых дисков в зависимости от их хода. Итак, приведенные зависимости дают возможность подбирать режим работы активного игольчатого диска и обоснованно выбирать основные его параметры.

Список литературы

1. Кочергин В.И. К вопросу технической эксплуатации удаленных парков машин // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: сб. науч. тр. Одесса: SWorld, 2013. Вып. 2. Т. 2. С. 7-10
2. Манаков А.Л., Кирпичников А.Ю. Производственный аутсорсинг и подготовка кадров в технической эксплуатации машинных парков // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. 2012. № 5. С. 109-113
3. Синицкий С.А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2005. С.19
4. Модели и методы расчёта надёжности технических систем / В.С. Викторова, А.С. Степанянц. – М: ИЛ, 2014. – 256 с.
5. Хевиленд Р. Инженерная надёжность и расчет на долговечность / Р. Хевиленд. – Москва: Высшая школа, 2017. 232

2.3.3.

¹Г.Е. Кокиева, ²Л.В. Сидорова

¹Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, Kokievagalia@mail.ru,

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия,
Инженерный факультет,
Улан-Удэ, Kokievagalia@mail.ru,

²Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
lv.sidorova@s-vfu.ru

СОЗДАНИЕ «УМНОЙ» ТЕПЛИЦЫ

Характер изменения температурного поля ее зависит от уровня солнечной радиации, температуры наружного воздуха, скорости ветра, относительной влажности воздуха и температуры поверхности почвы в ней, расхода теплоносителя в регистрах обогрева воздуха, конструктивных особенностей системы отопления и факторов. Для решения таких уравнений целесообразнее всего использовать электронные цифровые и аналоговые вычислительные машины. Достоинства данного метода заключаются в том, что с помощью одной установки можно решать ряд задач, легко и быстро переходить от одной задачи к другой, от исследования линейных динамических систем к существенно нелинейным.

Ключевые слова: ГИС-технологии, геоинформационные системы, землепользование.

Искусственная среда для выращивания растений способствует круглогодичному снятию урожая. При создании микроклимата частным образом используются готовые проекты умной теплицы и самоделки. Среди систем автоматизации тепличных комплексов лидирует аппаратно-программное обеспечение Arduino, которое позволяет роботизировать домашнее хозяйство. В обогреваемых теплицах чаще всего стремятся повысить их энергетическую экономичность как средствами автоматизации, так и изменением конструкции. При этом теплицу рассматривают как объект с сосредоточенными параметрами теплового состояния, средними по объему и площади ограждения. Умная теплица на Ардуино предоставляет возможность дистанционного контроля оборудования и обмена данными посредством пульта, мобильных гаджетов и персональных компьютеров. В качестве интерфейса может использоваться USB, Bluetooth, Wi-Fi, GSM и интернет. Посредниками в данном процессе служат соответствующие модули и приложения (таблица 1)

Таблица 1 – Модули и приложения

№п/п	Модули и приложения
1	• RemoteXY;
2	• Blynk;
3	• Virtuino;
4	• Bluino Loader;
5	• Arduino Bluetooth Control и пр.

Датчики влажности почвы и датчик температуры и влажности воздуха каждую секунду отслеживают показания. Данные показания обрабатываются в плате Arduino Uno и выдаются команды согласно загруженной в неё программе. Чтобы текущая температура воздуха не превышала допускаемую агротехническими требованиями, зимние блочные теплицы оснащают системами автоматического регулирования параметров микроклимата.

На рис.1,2,3 представлено расположение теплицы.

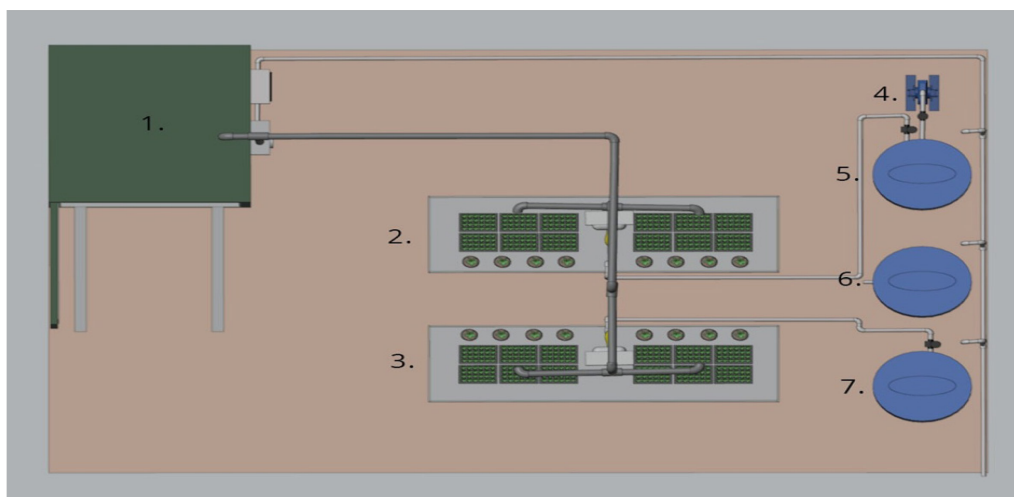


Рис. 1 – Камера проращивания

2,3-Лотки с пророщенными в камере роста семенами впоследствии выкладываются на специально изготовленные столы, габаритные размеры которых 3 x 1,5 x 0,6 м
 4- Индуктивно-кондуктивный нагреватель, 5- Емкость для «омагниченной» воды,
 6- Емкость для приготовления для приготовления питательных растворов (удобрения, подкормка и т.п.), 7-Емкость для «простой» воды



Рис. 2 – Расположение теплицы

В таблице 2 приведена техническая характеристика контролируемых параметров микроклимата теплицы.

Таблица 2 – Техническая характеристика контролируемых параметров микроклимата теплицы

№п/п	Контролируемые параметры (температура воздуха)	Значения
1	Относительная влажность воздуха	От 30 до 98%
2	Влажность почвы	От 40 до 95 НВ
3	Освещенность	От 0 до 100клк

Максимальное отклонение температуры воздуха в теплице в процессе эксперимента $\pm 0,7$ °С. В таблице приведены сравнительные показатели качества формирования температуры воздуха в земной блочной теплице с устройством комбинированного регулирования и системой автоматики. Устройство комбинированного регулирования температуры воздуха в зимней блочной теплице с водяным отоплением по качественным показателям работы существенно отличается от САУ, работающих по принципу компенсации отклонений.

В таблице 3 параметры точности поддержания параметров

Таблица 3 – Точность поддержания параметров

№п/п	Контролируемые параметры (температура воздуха)	Значения
1	Влажность почвы	$\pm 10\%$ НВ;
2	Освещенность	± 100 лк;
3	Насос -подача на высоту	42 м;
	-расход	25 л/с;
4	Электродвигатель -мощность -частота вращения	18,5 кВт; 3000от/мин ⁻¹

В таблице 4 приведено качество процесса формирования температуры воздуха в теплице с водяным отоплением при использовании автоматической системы и устройства комбинированного регулирования

Таблица 4 – Качество процесса формирования температуры воздуха в теплице с водяным отоплением при использовании автоматической системы и устройства комбинированного регулирования

Показатель	Режим	
	переходный	установившийся
Средний уровень выхода температуры T_v за пределы допуска $\pm 1,0$ °С	0,64/0,92	0,80/0,90
Среднее квадратическое отклонение температуры T_v от среднего значения, °С	1,80/0,44	0,88/0,56
Вероятность сохранения допуска $\pm 1,00$ °С	0,42/0,96	0,59/0,93
Степень затухания	0,00/1,00	0,60/1,00
Перерегулирование, %	27,00/6,00	8,40/7,50
Статическая ошибка	Автоколебания /0,00	0,70/0,50

Дальнейшее совершенствование устройства формирования температуры воздуха в зимних блочных теплицах с водяным отоплением связано с расширением его функциональных возможностей.

Список литературы

1. Болотских Н.Н. Зарубежные технологии инфракрасного обогрева теплиц //Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць, вип. 1(79). Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – С. 150-158
2. Соколов Н.С. Технологии пятого поколения. – Теплицы России. – 2015, №1. – с.22-24
3. Шишкин П.В., Олейников В.О. Полностью закрытая теплица с технологией поддержания параметров микроклимата на основе управления разделенными воздушными потоками (технология CODA- ControlOfDevidedAirflows). – Теплицы России. – 2016, №2. – с.15-20
4. Владыкин И.Р. Особенности построения взаимосвязанного управления параметрами микроклимата в теплицах. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. № 3. С. 13-15
5. Рыков А.Н. Энергосберегающие системы управления микроклиматом теплиц. Автоматизация в промышленности. 2006. № 10. С. 47-49

2.3.3.

¹Г.Е. Кокиева, ²К.Н. Тимофеева¹Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, Kokievagalia@mail.ru,Бурятская государственная сельскохозяйственная академия,
Инженерный факультет,
Улан-Удэ, Kokievagalia@mail.ru,²Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
kbosikova@mail.ru**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ
СОБСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МИКРООРГАНИЗМОВ**

В современных условиях развития сельского хозяйства перед каждым владельцем, зоотехником и врачом ставится вопрос повышения эффективности поголовья. В статье приведена взаимосвязь сельского хозяйства и системы диагностики животных на основе собственного электромагнитного поля микроорганизмов.

Ключевые слова: электромагнитное поле, система диагностики, микроорганизмы.

Накопленные в биологической науке данные убедительно свидетельствуют в пользу применения постоянного, а по мнению некоторых авторов и переменного магнитного поля, контролирующего биологические процессы. Магнетизм является универсальным явлением окружающего нас мира, определяющим как жизненные условия, так и саму жизнь на планете Земля. Весьма актуальной является постановка вопроса, описание математической модели электромагнитного поля микроорганизмов для дальнейшего детектирования. Рассмотрим биологический объект с точки зрения био-машины. Известно, если электрические заряды начинают двигаться, к кулоновским силам добавляются магнитные силы. Возникает магнитное поле. Из классической задачи сопоставления сил, возникающих в электрическом и магнитном полях [3-4] можно сделать следующий вывод. Чтобы получить равные перемещения аналогичных движущихся частей в электрической био-машины, основанной на принципе взаимодействия через магнитное поле, и био-машины, построенной на принципе электрического взаимодействия, необходимо соблюдать равенство:

$$\frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = c = 3 * 10^2 \quad (1)$$

где E – напряженность электрического поля;

B – индукция в магнитном зазоре био-машины;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная;

$\epsilon_0 = 107/4\pi \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная;

c – скорость света в вакууме;

Следовательно, в био-машине, построенной на принципе электрического воздействия, необходимо достичь значений напряженности электрического поля равных $E = c \cdot B$, что для значения индукции в воздушном зазоре равного 1 Вб/м² дает 3·10⁸ В/м. Ни у кого не вызывает сомнения, что заряженные частицы в живом организме находятся в движении и, следовательно, создают магнитные поля. Таким образом, пренебрежение магнитными взаимодействиями в биологических объектах недопустимо [5].

Мы знаем, что электрический заряд содержится в атомах, атом состоит из атомного ядра и электронной оболочки. Ядро атома состоит из протонов (p^+) и нейтронов (n^0). У большинства атомов водорода ядро состоит из одного протона. Число протонов $N(p^+)$ равно заряду ядра (Z) и порядковому номеру элемента в естественном ряду элементов (в периодической системе элементов). $N(p^+) = Z$ Сумма числа нейтронов $N(n^0)$, обозначаемого

просто буквой N , и числа протонов Z называется массовым числом и обозначается буквой A . $A = Z + N$. Электронная оболочка атома состоит из движущихся вокруг ядра электронов (e^-). Число электронов $N(e^-)$ в электронной оболочке нейтрального атома равно числу протонов Z в его ядре. В атомах где ядро (Z) заряжено положительно, отрицательный заряд электрона (e^-) находясь на орбите ядра (Z) в электромагнитном поле, начинается электромагнитное взаимодействие, тем самым заставляя двигаться заряд (e^-) быстрее в зависимости от потенциала заряда $N(e^-)$. Отсюда следует что воздействие на заряд электромагнитным полем будет разное от плотности зарядов $N(e^-)$, то есть электромагнитное поле будет иметь разные параметры, зависящие от числа электронов $N(e^-)$, нейтронов $N(n^0)$, протонов $N(p^+)$. Благодаря этим переменным появляется очень широкий электромагнитный диапазон. Как составные электромагнитного поля взаимодействуют. Взаимосвязь электрического и магнитного поля можно найти с помощью уравнений Максвелла.

$$\begin{cases} \operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon \varepsilon_0} p \\ \operatorname{div} \vec{B} = 0 \\ \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{dB}{dt} \\ \frac{1}{\mu \mu_0} \operatorname{rot} \vec{B} = \vec{j} + \varepsilon \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} \end{cases} \quad (2)$$

Дивергенция является математическим оператором, дает нам понять, что составляющие электрического поля $\operatorname{div} \vec{E}$ то есть линии где-то должны начинаться и соответственно заканчиваться, составляющие электрического поля пропорциональна плотности заряда p .

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon \varepsilon_0} p \quad (3)$$

Второе уравнение заряд электрона создает электрическое поле $\vec{E}$, магнитного заряда не существует поэтому составляющая магнитного поля равна нулю.

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad (4)$$

Математический оператор $\operatorname{rot} E$ указывает что электромагнитного поле вихревое и

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{dB}{dt} \quad (5)$$

создается изменяющимся во времени магнитным полем. Этот эффект называется электромагнитной индукции он был открыт Фарадеем.

Четвертое уравнение имеет коэффициенты пропорциональности $\mu \mu_0$, $\varepsilon \varepsilon_0$, вихревые магнитные поля $\operatorname{rot} \vec{B}$ порождаются переменным во времени электрическим полем $\frac{d\vec{E}}{dt}$ и током $\vec{j}$.

$$\frac{1}{\mu \mu_0} \operatorname{rot} \vec{B} = \vec{j} + \varepsilon \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt} \quad (6)$$

Магнитное поле образуется движущимся электрическим зарядом $N(e^-)$ во круг ядра (Z), переменное магнитное поле порождает переменное электрическое в результате чего следует что каждый атом имеет свой уникальный ЭМП. Исходя из особенности генерации электромагнитного излучения, приходим к выводу что для каждой комбинации атомов будет свой ансамбль частот. Теоретически делая экстраполяцию, получаем уникальный спектр частот для каждого вида микроорганизма. Эксперимент проводился с двумя культурами кишечная палочка и стафилококк. Чтобы определить частоты на которых бактерии способны генерировать радиоизлучение снимались резонансные спектры кашечной палочки и стафилококка при сканировании по частоте стимулирующего КВЧ излучения. На рис.1 приведены полученные спектры, где за 100% принят максимум сигнала от стафилококков.



Рис. 1 – Резонансные спектры колоний микроорганизмов:

1 -кишечной палочки, 2 – стафилококка

Спектры показывают, что частоты собственных молекулярных колебаний биосреды микроорганизмов лежат в КВЧ диапазоне. Плотность падающей мощности стимулирующего КВЧ излучения была не более 0,1 мВт/см², а его частота изменялась в пределах от 49-53 ГГц. Этот диапазон соответствует полосе резонансных частот молекулярных колебаний биосред.

Подводя итог исследований, можно констатировать что каждый атом имеет свою уникальную ЭМП, каждый вид микроорганизма имеет свой уникальный радиоэлектронный след, теоретически есть возможность реализовать прибор для безинвазивной диагностики патогенных микроорганизмов у животных. Данное направление имеет перспективную значимость для фермерских хозяйств, ввиду того что можно повысить точность результатов, оперативность, повысить цикличность проверки животных за счет автоматизации процесса, минимизировать человеческий фактор, а следовательно, повысить КПД фермерских предприятий.

Список литературы

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. - М.: Радио и связь. 1991.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов / Л.А. Бессонов – М.: Высш. шк., 1984. – 559 с. 6. Бессонов Л.А.
3. Готовский Ю.В., Каторгин В.С. и др. Предварительные данные о воздействии резонансных частот электромагнитного поля на бактериальные клетки // В сб.: Тезисы и доклады VI Международной конференции «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии». Часть I - М.: ИМЕДИС, 2000. - С. 21-23.
4. Каторгин В.С., Готовский Ю.В., Царева Н.П., Мулюкин А.Л. Воздействие сверхслабого электромагнитного поля на жизнеспособность микроорганизмов // В сб.: Тезисы и доклады VIII Международной конференции «Теоретические и клинические аспекты применения биорезонансной и мультирезонансной терапии». Часть II. - М.: ИМЕДИС, 2002. - С. 42-48.
5. Резонансно-частотная диагностика и терапия грибов, вирусов, бактерий, простейших и гельминтов. Методические рекомендации / Готовский Ю.В., Косарева Л.Б., Фролова Л.А. 3-е изд. - М.: ИМЕДИС, 2000. - 70 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTSИ.Н. Бояршинова, С.А. Бочкарев
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСТРАНЕНИЯ ТРЕЩИНЫ
С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

Ключевые слова: лазерная наплавка, ремонт трещин, моделирование в ANSYS Workbench.

В статье описывается моделирование процесса заливания трещины с помощью лазерной наплавки. Процесс моделировался в пакете ANSYS Workbench. Решены задача нестационарной теплопроводности и задача определения напряженно-деформированного состояния детали при устранении трещины посредством лазерной порошковой наплавки.

М.С. Виноградов, Г.С. Мачинский
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ОПТИЧЕСКИ
НЕПРОЗРАЧНОГО ПРЕПЯТСТВИЯ
НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭМ ВОЛНЫ

Ключевые слова: Электромагнитная волна (ЭМ волна), коэффициент ослабления, BPSK сигналы, за стенное зондирование.

В данной работе исследовано влияние оптически непрозрачных препятствий на распространение ЭМ волны, на основании математического описания поведения радиоволн в различных диэлектрических средах построена модель работы РЛС за стенные зондирования с BPSK сигналом. Данная работа направлена на построение оптимальной математической модели влияния оптически непрозрачных препятствий на процесс распространения радиоволн, для дальнейшего внедрения в процесс разработки РЛС.

А.Ф. Галимьянов, Алхузани Моханнад, Ф.А. Галимьянов
ОПТИМИЗАЦИЯ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ
ДЛЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ
С ПОДВИЖНОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ

Ключевые слова: Квадратурная формула, сингулярный интеграл, погрешность формулы.

Данная работа посвящена приближенному вычислению дробных интегралов Вейля. Для их приближенного вычисления построены квадратурные формулы, принцип построения которых изложен в книге Габдулхаева Б.Г. и Шарипова Р.Н. Получена эффективная оценка погрешности квадратурной формулы для сингулярных интегралов в случае подвижной особенностей.

И.Я. Дятлов, Н.М. Труфанова
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СТЕПЕНЬ
ЗАВЕРШЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ

Ключевые слова: кабельное изделие, резиновая изоляция, степень вулканизации, математическое моделирование.

В работе проведено численное исследование процессов теплопереноса и образования поперечных межмолекулярных связей в резиновой изоляции кабельного изделия при прохождении через вулканизационную камеру линии непрерывной вулканизации. Получены зависимости степени завершенности процесса вулканизации изоляции кабеля от различных параметров: толщины изоляции, площади поперечного сечения токопроводящей жилы (ТПЖ), давления вулканизационной среды, скорости изолирования.

М.А. Круглов, Н.В. Андреянов, Д.Н. Сафина
РАСПОЗНАНИЕ ОБРАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
КОНТУРОВ ОБЪЕКТОВ

Ключевые слова: компьютерное зрение, распознавание образов, распознавание объектов.

В работе представлен разработанный метод распознавания образов объектов на изображении с использованием контуров самих объектов. Представлена работа программного обеспечения для работы с данным методом. Проведено тестирование точности его работы. Описаны выводы.

I.N. Boyarshinova, S.A. Bochkarev
SIMULATION OF THE CRACK REMOVAL
USING LASER WELDING

Keywords: laser welding, crack repair, ANSYS Workbench simulation.

The article describes the modeling of the process of crack repair using laser welding. The process was modeled in ANSYS Workbench package. The problem of non-stationary heat conduction and the problem of determining the stress-strain state of a piece during crack repair by laser powder surfacing are solved.

M.S. Vinogradov, G.S. Machinskiy
INFLUENCE OF THE STRUCTURE OF AN OPTICALLY
OPANY OBSTACLES ON EM WAVE PROPAGATION

Keywords: Electromagnetic wave (EM wave), attenuation coefficient, BPSK signals, wall-mounted sensing. In this paper, the influence of optically opaque obstacles on the propagation of an EM wave is investigated, and a model of the operation of a radar for wall sounding with a BPSK signal is constructed on the basis of a mathematical description of the behavior of radio waves in various dielectric media. This work is aimed at constructing an optimal mathematical model of the influence of optically opaque obstacles on the propagation of radio waves, for further implementation in the radar development process.

A.F. Galimyanov, Alhuzani Mohannad, F.A. Galimyanov
OPTIMIZATION OF QUADRATURE FORMULAS FOR
SINGULAR INTEGRALS WITH A MOVING
SINGULARITY

Keywords: Quadrature formula, singular integral, formula error.

This paper is devoted to the approximate calculation of Weyl fractional integrals. For their approximate calculation, quadrature formulas are constructed, the principle of construction of which is described in the book by Gabdul Khaev B.G. and Sharipova R.N. An effective error estimate for the quadrature formula for singular integrals in the case of moving singularities is obtained.

I.Y. Diatlov, N.M. Trufanova
NUMERICAL STUDY OF THE TECHNOLOGICAL
PARAMETERS INFLUENCE ON THE CABLE
INSULATION VULCANIZATION DEGREE.

Keywords: cable product, rubber insulation, vulcanization degree, mathematical modeling.

In this work, numerical simulation of curing and heat transfer processes on the continuous vulcanization line of rubber cable insulation was carried out. The dependence of the vulcanization degree on various parameters: insulation thickness, conductive core cross-section, vapor pressure, insulation rate was studied. Graphical dependences of the vulcanization degree on the considered parameters are given

M.A. Kruglov, N.V. Andreyanov, D.N. Safina
PATTERN RECOGNITION USING OBJECT OUTLINES

Keywords: computer vision, pattern recognition, object recognition.

The paper presents the developed method for recognizing images of objects in an image using the contours of the objects themselves. The work of software for working with this method is presented. The accuracy of its work has been tested. The conclusions are described.

К.С. Кучев, И.Н. Бояршинова
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛИ
ПРИ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКЕ

Ключевые слова: упругопластический удар, поверхностное пластическое деформирование, дробеструйная обработка, контактная задача, остаточные напряжения.

В статье рассматривается циклический удар дроби в одну точку упругопластической пластины с целью исследования распределения остаточных напряжений в поверхностном слое детали. Результаты исследования получены с использованием программного пакета MAPDL. Найдено распределение остаточных напряжений в зависимости от скорости дроби и количества ударов.

С.А. Серебрянский, Хуан Чжэн,
Ю.Н. Тихтей, В.В. Кременчуцкий
ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НАДЁЖНОСТИ САМОЛЁТНЫХ
СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА
ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Ключевые слова: надёжность, система, элемент системы, параллельное соединение, последовательное соединение, показатели безопасности.

Уровень надёжности изделий авиационной техники определяется техническими требованиями, соответствие которым обеспечивается выполнением ряда проектных и конструктивно-производственных решений. Соответствие изделия заданным требованиям подтверждается результатами испытаний и периодическими проверками на этапе эксплуатации.

Хуан Чжэн, М.В. Шкурин
ПОДХОД К СОЗДАНИЮ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ
ОБЛИКА ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ
НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЁТА

Ключевые слова: топливная система, топливные емкости самолета, компоновка топливных емкостей.

Масса топлива на самолетах различных классов варьируется в диапазоне 10-60% взлетной массы, поэтому размещение топлива на его борту является актуальной конструктивной и компоновочной задачей.

Выбранное при компоновке самолета расположение, конфигурация и объемы топливных баков определяют порядок расходования топлива в полете и построение схемы топливной системы самолета.

В данной статье описывается подход к формированию облика топливной системы неманевренного самолета, приводится алгоритм формирования облика такой системы, а также алгоритм определения требуемого количества топлива и определения требуемого объема и количества топливных емкостей.

Е.Г. Царькова
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ
НАДЕЖНОСТЬЮ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ
ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ

Ключевые слова: видеоконференцсвязь, надежность, система массового обслуживания, математическое моделирование, оптимальное управление, нелинейное программирование, уголовно-исполнительная система.

В работе рассматривается динамическая модель управления надежностью ведомственной системы видеоконференцсвязи. С применением теории массового обслуживания приведена постановка задачи повышения эффективности работы системы в виде задачи оптимального управления с фазовыми ограничениями, для решения которой доступен широкий спектр численных методов оптимизации.

K.S. Kuchev, I.N. Boyarshinova
INVESTIGATION OF RESIDUAL STRESSES IN THE
SURFACE LAYER OF A PART DURING SHOT PEENING
Keywords: elastoplastic impact, surface plastic deformation, shot peening, contact problem, residual stresses.

The article considers a cyclic impact of a shot at one point of an elastic-plastic plate in order to study the distribution of residual stresses in the surface layer of the part. The results of the study were obtained using the MAPDL software package. The distribution of residual stresses is found depending on the speed of the shot and the number of impacts.

S.A. Serebryansky, Huang Zheng,
Yu.N. Tikhтей, V.V. Kremenchuksky
AN APPROACH TO ASSESSING THE RELIABILITY
OF AIRCRAFT SYSTEMS USING
THE LOGIC ANALYSIS METHOD

Keywords: Reliability, system, system element, parallel connection, serial connection, safety indicators.

The level of reliability of aviation equipment products is determined by technical requirements, compliance with which is ensured by the implementation of a number of design and production solutions. Compliance of the product with the specified requirements is confirmed by the results of tests and periodic checks during the operation phase.

Huang Zheng, M.V. Shkurin
AN APPROACH TO CONCEPTUAL DESIGN
OF THE FUEL SYSTEM OF A NON-MANEUVRABLE
AIRCRAFT

Keywords: fuel system, aircraft fuel tanks, fuel tank layout. The mass of fuel on aircraft of various classes varies in the range of 10-60% of the take-off mass, so placing fuel on board is an urgent design and layout task.

The location, configuration and volumes of the fuel tanks chosen during the layout of the aircraft determine the order of fuel consumption in flight and the construction of the fuel system of the aircraft.

This article describes an approach to conceptual design of the fuel system of a non-maneuverable aircraft, provides an algorithm for shaping the appearance of such a system, as well as an algorithm for determining the required amount of fuel and determining the required volume and number of fuel tanks.

E.G. Tsarkova
MATHEMATICAL MODEL OF RELIABILITY
MANAGEMENT OF DEPARTMENTAL
VIDEOCONFERENCING SYSTEM

Keywords: videoconferencing, reliability, queuing system, mathematical modeling, optimal control, nonlinear programming, Penal System.

The paper considers a dynamic model for managing the reliability of a departmental videoconferencing system. Using the queuing theory, the problem of increasing the efficiency of the system is formulated in the form of an optimal control problem with phase constraints, for which a wide range of numerical optimization methods is available.

Д.А. Андриков

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ
ПРОДУКЦИОННО-ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ
УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Ключевые слова: автомобиль,
устойчивость, графо-производственный подход.

Работа характеризуется набором асинхронно изменяющихся параметров движения, состояния внешней среды, самого оператора (десятки-сотни параметров). Стандартные алгоритмические конструкции лишены важнейшего свойства параллельных вычислений – естественная поддержка конструктивных процессов, которые необходимы для обработки массивов асинхронно возникающих данных, дополненных координатно-привязанной информацией.

Н.А. Белобородова

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КАДРОВОМ
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВЕ

Ключевые слова: нечеткая логика,
управление кадрами, кадровое делопроизводство.

В работе приведены результаты исследования по проблеме разработки информационной технологии с элементами искусственного интеллекта в кадровом делопроизводстве, в системе управления кадрами

Г.А. Гареева, М.Р. Хамидуллин,
З.Г. Джигладзе, Л.М. АхметовРАЗВЕРТЫВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЦ

Ключевые слова: Python, искусственный интеллект,
распознавание лиц, нейронные сети.

В данной статье рассмотрены этапы развертывания искусственного интеллекта по распознаванию лиц. Проект реализован на языке Python. Технология распознавания предлагает множество решений в различных областях, таких как наблюдение, идентификация личности и безопасность. Для эффективного распознавания лиц существует ряд алгоритмов обнаружения лиц, применяемых на практике, и для которых требуется распознавание на основе нейронных сетей.

Д.С. Горбатенко

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ
ПРИ ПРОЕЗДЕ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Ключевые слова: безопасность дорожного движения,
дорожно-транспортное происшествие, улично-дорожная сеть,
пешеходный переход, нарушения правил дорожного движения,
профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика дорожно-транспортной аварийности при проезде пешеходных переходов и проблематика аварийности при подъезде к пешеходным переходам. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, как на пешеходных переходах, так и вблизи пешеходных переходов. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике безопасности дорожного движения в зонах пешеходных переходов.

Ю.В. Кочержинская, К.В. Кузнецов

РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОМОЩИ В ПРИНЯТИИ
РЕШЕНИЙ КЛИЕНТОМ БАНКА В ФОРМАТЕ ЧАТ-БОТА

Ключевые слова: чат-бот, нотификация,
банковские операции, каналы коммуникации с клиентом.

В работе представлены результаты разработки программной системы, оказывающей помощь клиенту банка в принятии решений. Система разрабатывается в формате чат-бота для одного из наиболее популярных мессенджеров – Telegram и предполагает нотификацию и помощь в проведении банковских операций на основе актуальной информации.

D.A. Andrikov

A METHOD OF USING A PRODUCTION-GRAPH MODEL
IN MANAGEMENT TO DEVELOP VEHICLE
MANAGEMENT

Keywords: car, stability, graph-production approach.

The work is characterized by a set of asynchronously changing motion parameters, the state of the external environment, and the operator himself (tens to hundreds of parameters). Standard algorithmic constructions lack the most important property of parallel computing – the natural support of constructive processes that are necessary for processing arrays of asynchronously occurring data supplemented with coordinate-linked information.

N.A. Beloborodova

INFORMATION TECHNOLOGY WITH ELEMENTS
OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE
IN HR RECORDS MANAGEMENT

Keywords: fuzzy logic, personnel management,
personnel records management.

The paper presents the results of a study on the problem of developing information technology with elements of artificial intelligence in personnel records management, in the personnel management system.

G.A. Gareeva, M.R. Khamidullin,
Z.G. Dzhibladze, L.M. AkhmetovDEPLOYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR FACE RECOGNITION

Keywords: Python, artificial intelligence,
face recognition, neural networks.

This article discusses the stages of deployment of artificial intelligence for face recognition. The project is implemented in Python. Recognition technology offers many solutions in various areas such as surveillance, personal identification, and security. For effective face recognition, there are a few face detection algorithms that are used in practice and require recognition based on neural networks.

D.S. Gorbatenko

ENSURING TRAFFIC SAFETY WHEN PASSING
PEDESTRIAN CROSSINGS

Keywords: traffic safety, traffic accident, road network,
pedestrian crossing, traffic violations, accident prevention.
The article deals with the problems of road traffic accidents when passing pedestrian crossings and the problems of accidents at the entrance to pedestrian crossings. The analysis of the main causes of traffic accidents, both at pedestrian crossings and near pedestrian crossings, was carried out. Proposed and theoretically substantiated measures for the prevention of road safety in the areas of pedestrian crossings.

Yu.V. Kocherzhinskaya, K.V. Kuznetsov

DEVELOPMENT OF A PROBLEM-ORIENTED
MANAGEMENT SYSTEM TO ASSIST BANK CUSTOMER
DECISION-MAKING IN THE FORMAT OF A CHAT-BOT

Keywords: chat-bot, notification,
banking operations, channels of communication with the client.
This paper presents the results of the development of a software system that assists a bank client in making decisions. The system was developed in the form of a chat-bot for one of the most popular instant messengers, – Telegram, and involves notification and assistance in conducting banking operations based on up-to-date information.

В.С. Крылов

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕКСТОВ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ
НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ И ИХ ПЕРЕВОДОВ НА РУССКИЙ***Ключевые слова: тематическое моделирование,
латентные темы, латентное размещение Дирихле.*

В работе представлены результаты сравнительного анализа латентных тем текстов научной монографии на английском языке и её перевода на русский язык. Монография используется как модель коллекции документов для отработки технологии сравнительного анализа текстов научных публикаций на разных языках. Визуализация связей между различными разделами монографии, представленных в латентных темах, позволяет сопоставить структуры неявного знания источника и его перевода.

О.В. Никишина

**ИЗУЧЕНИЕ АЗОТОФИКСИРУЮЩЕЙ МИКРОБИОТЫ
НА ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ***Ключевые слова: азотобактер, микробиота,
механический и химический состав почвы,
микроскопическое исследование образцов.*

В статье изложены результаты исследования почвы города Иннополис. Определен ее механический и химический состав. Описан процесс выращивания азотфиксирующих бактерий, и их исследования.

А.Ю. Унгер

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
НА БАЗЕ ФОРМАЛЬНЫХ ГРАММАТИК***Ключевые слова: формальная грамматика,
реляционная база данных, дескриптор транзакции.*

В работе предлагается новый подход к проектированию распределенных информационных систем в облачном кластере. За основу взята традиционная архитектура клиент-сервер. Предложена стратегия разделения полномочий между клиентом и сервером, при котором логика работы системы реализуется на стороне клиента, а сторона сервера обеспечивает целостность хранения данных и контролируемый доступ к ним. Предложены два подхода к обеспечению защиты данных: на уровне отдельных сущностей и на уровне транзакций. Показано, как реализовать программный интерфейс доступа к данным на уровне транзакций.

**Т.И. Афанасьева, Г.Е. Кокиева
ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОГО НАСОСА
ДЛЯ ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ***Ключевые слова: вакуумный насос,
доильная установка, доильный агрегат.*

Доильные установки снабжены регулятором, обеспечивающим только верхний предел вакуума, то при перегрузке вакуумной сети происходит изменение всех параметров: процесса доения, а иногда и самовыключение аппаратов. На практике такая перегрузка обычно появляется в результате неправильного выбора источника вакуума по производительности. В статье исследована работа вакуумного насоса для доильной установки.

Л.Д. Ибрагимов, И.И. Нуреев,

**Рин.Ш. Мисбахов, О.Г. Морозов, Л.М. Сарварова
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ***Ключевые слова: измерительный трансформатор напряжения;
цифровой интерфейс; влияние внешних факторов; патентный
поиск; оптический эффект электрострикции; применение.*

Выходной сигнал волоконно-оптических датчиков напряжения (ВОДН), работающих на эффектах Фарадея и Погкельса и используемых на цифровых подстанциях распределительных энергетических систем, подвержен влиянию внешних факторов – температура, вибрация, давление, что отрицательно сказывается на погрешности измерений. Кроме того, погрешность может быть значительно увеличена за счет

V.S. Krylov

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THEMATIC MODELING
OF TEXTS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS IN ENGLISH
AND THEIR TRANSLATIONS INTO RUSSIAN***Keywords: thematic modeling,
latent topics, latent Dirichlet placement.*

The paper presents the results of a comparative analysis of the latent topics of the texts of a scientific monograph in English and its translation into Russian. The monograph is used as a model of a collection of documents for testing the technology of comparative analysis of texts of scientific publications. Visualization of the connections between the various sections of the monograph presented in latent topics allows us to compare the structures of implicit knowledge of the source and its translation.

O.V. Nikishina

**STUDY OF NITROGEN-FIXING MICROBIOTA
IN SOILS OF URBANIZED TERRITORIES***Keywords: azotobacter, microbiota,
mechanical and chemical composition of soil, microscopic
examination of samples*

The article presents the results of a study of the soil of the city of Innopolis. Its mechanical and chemical composition has been determined. The process of growing nitrogen-fixing bacteria and their research is described.

A.Y. Unger

**INFORMATION SYSTEM DESIGN BASED ON FORMAL
GRAMMAR***Keywords: formal grammar,
relational database, transaction descriptor.*

A new design pattern intended for distributed cloud-based information systems is proposed. Pattern is based on the traditional client-server architecture. A strategy of separation of competencies between the client and the server is proposed. The strategy assumes that the client side is responsible for application logic and the server side is responsible for data storage consistency and data access control. Data protection is ensured by means of two particular approaches: at the entity level and at the transaction level. The application programming interface to access data is presented at the level of identified transaction descriptors.

**T.I. Afanasyeva, G.E. Kokieva
INVESTIGATION OF A VACUUM PUMP
FOR A MILKING MACHINE**

Keywords: vacuum pump, milking machine, milking unit.
Milking machines are equipped with a regulator that provides only the upper limit of vacuum, then when the vacuum network is overloaded, all parameters change: the milking process, and sometimes the devices turn off themselves. In practice, such an overload usually appears as a result of an incorrect choice of the vacuum source in terms of performance. The article examines the operation of a vacuum pump for a milking machine.

L.D. Ibragimov, I.I. Nureev,

**Rin.Sh. Misbakhov, O.G. Morozov, L.M. Sarvarova
ANALYSIS OF THE OPTICAL FIBER MEASURING
TRANSFORMERS APPLICATION***Keywords: voltage measuring transformer;
digital interface; influence of external factors; patent search;
optical effect of electrostriction; application.*

The output signal of fiber-optic voltage sensors (FOVS), operating on the Faraday and Pockels effects and used in digital substations of distribution power systems, is subject to the influence of external factors - temperature, vibration, pressure, which adversely affects the measurement errors. In addition, the error can be significantly increased due to the influence of electromagnetic fields generated by current-

влияния электромагнитных полей, формируемых токоведущими элементами соседних фаз и другого оборудования. Для поиска путей решения указанных проблем проведен сравнительный анализ рынка применения ВОДН и оценены перспективы внедрения новых решений.

Л.Д. Ибрагимов, И.И. Нуреев,
Рин.Ш. Мисбахов, О.Г. Морозов, Л.М. Сарварова
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ
БРЭГГОВСКОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО
ТРАНСФОРМАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Ключевые слова: измерительный трансформатор напряжения; электрострикция в оптических волокнах; трехкомпонентная адресная волоконная брэгговская структура; математическая модель; блок-схема.

Актуальность и практическая значимость решения проблемы повышения эффективности распределительных сетей может быть основана на использовании системного подхода и парадигмы единства диагностического мониторинга, определения ресурса эксплуатации по состоянию, диагностики раннего предупреждения на основе применения концепции Smart Grid Plus (SGP) и радиофотонных датчиков на основе трехкомпонентных адресных волоконных брэгговских структур (ТАВБС). В данной работе представлена математическая модель работы брэгговского оптического измерительного трансформатора напряжения на основе указанного вида структур.

Г.Е. Кокиева, И.Ф. Борисова
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ
БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: биоэнергетическая установка, метаногенерация, технология, биомасса.

Большой запас энергии, заключенный в биомассе, которой располагает сельское хозяйство, способствует постоянному поиску и разработке перспективных технологий ее извлечения. К числу таких технологий относится анаэробная метаногенерация. В статье описано исследование работы показателей работы биоэнергетической установки.

Г.Е. Кокиева, Н.А. Лукина
ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Ключевые слова: игольчатый диск, пропашные культуры, технологический процесс.

Эксплуатационные характеристики машин содержат значения показателей, полученных при испытании машин в конкретных производственных условиях. В качестве эксплуатационных рассматривают те характеристики конкретной машины, которые оказывают наибольшее влияние на ее производительность, затраты труда и средств с учетом качества работы и воздействия на окружающую среду. В статье предложена методика математического описания распределения нагрузки машины по контактной поверхности колесного движителя с деформируемым грунтом.

Г.Е. Кокиева, Л.В. Сидорова
СОЗДАНИЕ «УМНОЙ» ТЕПЛИЦЫ

Ключевые слова: ГИС-технологии, геоинформационные системы, землепользование.

Характер изменения температурного поля ее зависит от уровня солнечной радиации, температуры наружного воздуха, скорости ветра, относительной влажности воздуха и температуры поверхности почвы в ней, расхода теплоносителя в регистрах обогрева воздуха, конструктивных особенностей системы отопления и факторов. Для решения таких уравнений целесообразнее всего использовать электронные цифровые и аналоговые вычислительные машины. Достоинства данного метода заключаются в том, что с помощью одной установки можно решать ряд задач, легко и быстро переходить от одной задачи к другой, от исследования линейных динамических систем к существенно нелинейным.

carrying elements of neighboring phases and other equipment. To find ways to solve these problems, a comparative analysis of the market for the use of FOVS was carried out and the prospects for introducing new solutions were assessed.

L.D. Ibragimov, I.I. Nureev,
Rin.Sh. Misbakhov, O.G. Morozov, L.M. Sarvarova
MATHEMATICAL MODEL AND STRUCTURE
ANALYSIS OF BRAGG OPTICAL VOLTAGE
MEASURING TRANSFORMER

Keywords: measuring voltage transformer; electrostriction in optical fibers; three-component addressable fiber Bragg structure; mathematical model; block diagram. The relevance and practical significance of solving the problem of increasing the efficiency of distribution networks can be based on the use of a systematic approach and the paradigm of the unity of diagnostic monitoring, determining the service life by condition, early warning diagnostics based on the application of the Smart Grid Plus (SGP) concept and radio photonic sensors based on three-component addressable fiber Bragg structures. This paper presents a mathematical model for the operation of a Bragg optical measuring voltage transformer based on the indicated type of structures.

G.E. Kokieva, I.F. Borisova
WORK STUDY PERFORMANCE INDICATORS
OF A BIOENERGY INSTALLATION

Keywords: bioenergy plant, methanogenesis, technology, biomass.

The large amount of energy contained in the biomass available to agriculture contributes to the constant search and development of promising technologies for its extraction. Such technologies include anaerobic metanogenesis. The article describes a study of the performance indicators of a bioenergy installation.

G.E. Kokieva, N.A. Lukina
INDICATORS OF AGRICULTURAL AGGREGATES

Keywords: needle disk, row crops, technological process.

The performance characteristics of the machines contain the values of the indicators obtained when testing the machines in specific production conditions. Those characteristics of a particular machine that have the greatest impact on its productivity, labor and money costs, taking into account the quality of work and environmental impact, are considered as operational. The article proposes a method of mathematical description of the load distribution of the machine on the contact surface of the wheel mover with deformable soil.

G.E. Kokieva, L.V. Sidorova
CREATING A "SMART" GREENHOUSE

Keywords: GIS technologies, geoinformation systems, land use. The nature of the change in its temperature field depends on the level of solar radiation, outdoor air temperature, wind speed, relative humidity and soil surface temperature in it, coolant flow in the air heating registers, design features of the heating system and factors. To solve such equations, it is most expedient to use electronic digital and analog computers. The advantages of this method are that with the help of one installation it is possible to solve a number of problems, easily and quickly move from one task to another, from the study of linear dynamical systems to essentially nonlinear ones.

Г.Е. Кокиева, К.Н. Тимофеева
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЖИВОТНЫХ
НА ОСНОВЕ СОБСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ПОЛЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Ключевые слова: электромагнитное поле,
система диагностики, микроорганизмы.

В современных условиях развития сельского хозяйства перед каждым владельцем, зоотехником и врачом ставится вопрос повышения эффективности поголовья. В статье приведена взаимосвязь сельского хозяйства и системы диагностики животных на основе собственного электромагнитного поля микроорганизмов.

G.E. Kokieva, K.N. Timofeeva
INVESTIGATION OF THE ANIMAL DIAGNOSTIC
SYSTEM BASED ON THE MICROORGANISMS' OWN
ELECTROMAGNETIC FIELD

Keywords: electromagnetic field,
diagnostic system, microorganisms.

In modern conditions of agricultural development, each owner, zootechnician and doctor is faced with the question of improving the efficiency of livestock. The article shows the relationship between agriculture and the animal diagnostic system based on the microorganisms' own electromagnetic field.

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**

№8 2022

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 30.08.2022 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 30.08.2022
7,2 усл.печ.л. 8,3 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 4270.

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»