

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№11 2021

Направления:

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

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

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

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

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

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

**Казань
2021**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №11 2021г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. – 114 с.

ISSN 2079-5920

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

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvprt.ru, 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, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

<i>М.В. Александрова, А.В. Чуваков, Н.Г. Губанов, А.В. Иващенко</i> СОБЫТИЙНЫЙ МОНИТОРИНГ В УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ	7
<i>А.В. Вагнер, Д.В. Горбачев, А.Л. Коннов, О.В. Худорожков</i> МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ	10
<i>Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Р.Ф. Илдарханов, И.И. Салахов, Ф.Л. Назаров</i> АНАЛИЗ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЕ	16
<i>И.Б. Гинзбург, А.А. Ермаков, С.Н. Падалко</i> ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ	19
<i>В.П. Калинина, В.И. Полуничев</i> ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ	22
<i>А.А. Кораблева, А.С. Полякова, Л.В. Липинский</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В КОЭВОЛЮЦИОННОМ АЛГОРИТМЕ	27
<i>С.А. Королева, А.С. Полякова, Л.В. Липинский</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ	32
<i>Г.В. Меркишин, Б.М. Породин</i> РАЗЛОЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРЯМОЙ НА МАТРИЦЕ КВАДРАТНЫХ ОКОН	38
<i>Н.А. Неустроев, И.М. Кузьмина, М.А. Иванова</i> ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦЕЛИ АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕНОГРАФИРОВАНИЯ	42

05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

<i>А.В. Базан, Т.Г. Дмитриева, М.К. Охлопкова</i> АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	46
<i>А.В. Готовцев, А.В. Базан</i> ГИС В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА	49
<i>О.А. Иващук, И.С. Константинов, В.И. Федоров, Н.В. Щербинина, Ю.Н. Маслаков</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АПК	52
<i>Н.И. Кондакова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОГО БЕЛКА	56
<i>А.К. Корякин</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТЕПЛИЦЕ	58
<i>Ч.Г. Машиев</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ КОНТАКТА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ	61
<i>А.С. Филатов, Г.А. Герасимова, С.В. Хамарова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ВИНТОВЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ-ЗЕРНОПОГРУЗЧИКОВ	64
<i>А.Р. Хабиров, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев, А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков, К.Г. Кашапов, С.В. Феофилактов</i> КОМБИНИРОВАННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ И ДИСКРЕТНЫЕ МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ ВНУТРИСКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ	67
<i>А.Р. Хабиров, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев, А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков, К.Г. Кашапов, С.В. Феофилактов</i> КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВНУТРИСКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАБОЙНЫХ ЗОН	71

<i>В.Д. Яковлева</i> РЕШЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	75
05.13.11 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ	
<i>А.В. Емельянов, С.С. Емельянова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ	78
05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ	
<i>А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Э.М. Мухаметдинов, В.М. Нигметзянова, Д.И. Нуретдинов</i> К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ПРИВОДЕ КОЛЁС ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ	82
<i>О.Ю. Долматов, М.М. Балачков, М.Д. Юрченко, М.С. Кузнецов, А.А. Пермикин, В.И. Бойко</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ БОРИДА ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧАЕМОГО МЕТОДОМ СВ-СИНТЕЗА	85
<i>А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин, В.К. Ильин, А.А. Синявин, Д.С. Бальзамов</i> ВЫБОР МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКАХ ТРУБ	91
<i>А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, М.Ю. Филимонова, Э.А. Маликов</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА ПО СПЕКТРАМ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СВЕТОДИОДОВ	95
05.13.19 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>С.Ю. Борзенкова, М.А. Сафронова, А.А. Сычугов</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	99
<i>Е.В. Бурькова, А.А. Рычкова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ	103
АННОТАЦИИ	107

THE RELEASE MAINTENANCE

05.13.01 — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>M.V. Aleksandrova, A.V. Chuvakov, N.G. Gubanov, A.V. Ivaschenko</i> EVENT-BASED MONITORING IN INNOVATION MANEGEMENT	7
<i>A.V. Vagner, D.V. Gobachev, A.L. Konnov, O.V. Hudorojkov</i> MODELS AND ALGORITHMS OF AUTOMATED DOCUMENT RECOGNITION SYSTEM	10
<i>R.M. Galiev, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov, R.F. Ildarkhanov, I.I. Salakhov, F.L. Nazarov</i> ANALYSIS AND METHOD OF DETERMINING THE RESIDUAL LIFE AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE BY CYLINDER-PISTON GROUP	16
<i>I.B. Ginzburg, A.A. Ermakov, S.N. Padalko</i> DISTANCE LEARNING OVER THE INTERNET USING SPECIALIZED WEB APPLICATIONS	19
<i>V.P. Kalinina, V.I. Polunichev</i> OPERATING EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL MODULAR REACTOR	22
<i>A.A. Korableva, A.S. Polyakova, L.V. Lipinskiy</i> RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE STRATEGY OF RESOURCE REALIGNMENT IN THE COEVOLUTIONARY ALGORITHM	27
<i>S.A. Koroleva, A.S. Polyakova, L.V. Lipinskiy</i> RESEARCHING THE EFFECTIVENESS OF COLLECTIVE DECISION-MAKING METHODS IN TEXTUAL DATA PROCESSING	32
<i>G.V. Merkishin, B.M. Porodin</i> DECOMPOSITION OF THE IMAGE DIRECT ON THE MATRIX OF SQUARE WINDOWS	38
<i>N.A. Neustroev, I.M. Kuzmina, M.A. Ivanova</i> APPLICATION OF RECURRENT NEURAL NETWORKS FOR THE PURPOSE OF AUTOMATION OF STENOGRAPHY	42

05.13.06 — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>A.V. Bazan, T.G. Dmitrieva, M.K. Okhlopkova</i> ANALYSIS OF TRANSPORT LOGISTICS SYSTEMS	46
<i>A.V. Gotovtsev, A.V. Bazan</i> GIS IN THE FIELD OF TRANSPORT	49
<i>O.A. Ivaschuk, I.S. Konstantinov, V.I. Fedorov, N.V. Shcherbinina, Y.N. Maslakov</i> MODELING A CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR INTELLIGENT MONITORING AND ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX	52
<i>N.I. Kondakova</i> RESEARCH OF NEW TECHNOLOGIES FOR OBTAINING FEED PROTEIN	56
<i>A.K. Koryakin</i> RESEARCH AUTOMATION OF THE CONTROL OF AIR TEMPERATURE IN A GREENHOUSE	58
<i>Ch.G. Mashiev</i> AUTOMATION OF THE SOIL COMPACTION PROCESS IN THE CONTACT ZONE WITH THE WHEEL DRIVE	61
<i>A.S. Filatov, G.A. Gerasimova, S.V. Khamarova</i> RESEARCH OF SMALL-SIZED SCREW GRAIN CONVEYORS	64
<i>A.R. Khabirov, A.Zh. Sakhabutdinov, I.I. Nureev, A.N. Pikulev, V.V. Sadchikov, K.G. Kashapov, S.V. Feofilaktov</i> COMBINED DISTRIBUTED AND DISCRETE METHODS FOR DEVELOPMENT OF DOWNHOLE TELEMETRY	67
<i>A.R. Khabirov, A. Zh. Sakhabutdinov, I.I. Nureev, A.N. Pikulev, V.V. Sadchikov, K.G. Kashapov, S.V. Feofilaktov</i> COMBINED DOWNHOLE TELEMETRY SYSTEM FOR MONITORING OF BOTTOM ZONES	71

<i>V.D. Yakovleva</i> SOLUTION OF COMPLEX MECHANIZATION OF MINERAL FERTILIZERS APPLICATION	75
05.13.11 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS	
<i>A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova</i> STUDY OF CLUSTERING SOLUTIONS IN SYSTEM 1C:ERP	78
05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES	
<i>A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, E.M. Mukhametdinov, V.M. Nigmatzyanova, D.I. Nuretdinov</i> TO THE ISSUE OF MODELING OPERATIONAL LOADS IN THE DRIVE OF THE TRUCK WHEELS	82
<i>O.Y. Dolmatov, M.M. Balachkov, M.D. Yurchenko, M.S. Kuznetsov, A.A. Permikin, V.I. Boyko</i> MODELING OF THE PROTECTIVE PROPERTIES OF TUNGSTEN BORIDE OBTAINED BY THE METHOD OF SELFPROPAGATING HIGH TEMPERATURE SYNTHESIS	85
<i>A.I. Khaibullina, A.R. Khairullin, V.K. Ilyin, A.A. Sinyavin, D.S. Balzamor</i> SELECTION OF A TURBULENCE MODEL FOR MODELING HEAT TRANSFER IN TUBE BUNDLE	91
<i>A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, M.Y. Filimonova, E.A. Malikov</i> DETERMINATION OF THE PLANCK CONSTANT FROM THE ELECTROLUMINESCENCE SPECTRA OF LEDS	95
05.13.19 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY	
<i>S.Y. Borzenkova, M.A. Safronova, A.A. Sychugov</i> DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL APPARATUS FOR PREDICTING REAL-TIME DEVELOPMENT OF EMERGENCY SITUATION	99
<i>E.V. Burkova, A.A. Rychkova</i> MODELING OF INFORMATION SECURITY THREATS IN ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM	103
ABSTRACTS	107

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (05.13.01)**

05.13.01

М.В. Александрова, А.В. Чуваков, Н.Г. Губанов, А.В. ИващенкоСамарский государственный технический университет,
Самара, anton.ivashenko@gmail.com**СОБЫТИЙНЫЙ МОНИТОРИНГ
В УПРАВЛЕНИИ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ**

В статье представлен оригинальный подход к анализу инновационных проектов, основанный на мониторинге событий, которые сопровождают и характеризуют типичные проблемы исполнения. На основе предложенной модели разработана система поддержки принятия решений по мониторингу и управлению студенческими инновационными проектами, адекватная по объему, сложности, неопределенности и месту в портфолио. Решение иллюстрируется на примере типичного кейса, взятого из 30 реальных проектов, реализованных в период с 2019 по 2020 годы. Полученные результаты позволили улучшить проектную деятельность с учетом влияния неопределенности и человеческого фактора путем применения индивидуальной мотивации.

Ключевые слова: *анализ данных, управление инновационными проектами, мониторинг, поддержка принятия решений.*

Реализация современных инновационных проектов, в отличие от классического менеджмента [1, 2], сопряжена с рядом трудностей, вызванных высокой неопределенностью и влиянием человеческого фактора. Для решения этой проблемы обычно применяют гибкие (Agile) технологии управления [3, 4]. Однако организация группы или серии инновационных проектов требует специального подхода и инструментария для планирования и контроля, учитывающего эту неопределенность.

Наибольшая сложность управления инновационным проектом связана с высокими рисками не достижения поставленных целей в связи с нежизнеспособностью инновационной идеи, несовершенством выбранных технологий, низким рыночным спросом, отсутствием необходимых компетенций у персонала, недостаточной мотивацией и т.п. Поскольку такие инструменты как строгое планирование и контроль не позволяют решить эти проблемы, прибегают к реализации нескольких инновационных проектов разными командами на конкурсной основе с использованием разнообразных инструментов стимулирования. Такой подход поддерживает самоорганизацию и развитие творческого потенциала персонала проекта.

При этом каждый инновационный проект приобретает уникальные особенности, связанные с выбранным планом и графиком работы, составом команды, перечнем технологий, потребностью в ресурсах и материальном обеспечении и т.п., что затрудняет применение универсальных мотивационных инструментов. Для некоторых команд лучше подходит материальное стимулирование, другие нуждаются в дополнительных семинарах и тренингах, отдельные группы будут эффективно работать самостоятельно с минимальным вмешательством со стороны.

Таким образом, в управлении инновационными проектами необходимо реализовать классификацию активных проектов и предложить для каждого из них наиболее эффективный механизм и график стимулирования с учетом индивидуальных особенностей. Следует отметить, что выявить тип проекта и его особенности часто удается лишь в ходе его реализации, на основании данных мониторинга.

Для решения этой задачи был предложен оригинальный подход к анализу инновационных проектов, основанный на фиксации и обработке потоков событий, которые сопровождают и характеризуют типичные проблемы слабой мотивации. С учетом имеющегося опыта управления инновационными проектами, был разработан ряд маркеров и поведенческих шаблонов, которые можно использовать для классификации активных проектов и выработки рекомендаций по улучшению ситуации. Для описания и последующей идентификации проектных шаблонов был предложен метод событийного мониторинга, основанный на реализации анализа временных рядов с неравномерной дискретизацией [5 – 7].

Здесь также может быть полезен формальный аппарат представления разноразмерной информации мониторинга путем синтеза продукционных методов представления знаний и категорий обобщенных вычислительных моделей на параметрическом, структурном и семантическом уровнях.

Рассмотрим проект $p_{i,j}$, $j = 1..N_p$, выполняемый командой w_i , $i = 1..N_w$. Жизненный цикл этого проекта можно описать с помощью последовательности событий:

$$e_{i,j,k} = e_{i,j,k}(w_i, p_{i,j}, t_{i,j,k}, g_{i,j,k}) = \{0,1\}, \quad (1)$$

где $g_{i,j,k}$ - тип события, $t_{i,j,k}$ - время события.

В мониторинге инновационного проекта данные цепочки событий характеризуют изменения организационной структуры, достижения или проблемы и определяются, таким образом, действиями руководства:

$$q_{i,j,m} = q_{i,j,m}(w_i, p_{i,j}, t'_{i,j,m}, d_{i,j,m}) = \{0,1\}, \quad (2)$$

где $d_{i,j,m}$ - тип воздействия, $t'_{i,j,m}$ - время воздействия.

Для эффективного управления целесообразно гарантировать ожидаемую обратную связь проекта с рядом управленческих действий в течение фиксированного периода, который описывается как функциональная зависимость:

$$F_{i,j}(\{q_{i,j,m}\}) = \{e_{i,j,k}\} \quad (3)$$

В управлении проектом каждое действие требует обратной связи:

$$d_{i,j,m} : q_{i,j,m} \rightarrow e_{i,j,k} \mid g_{i,j,k} = d_{i,j,m} \quad (4)$$

С учетом разнообразия и специфики инновационных проектов управленческие действия должны применяться индивидуально. В дополнение к этому, мотивация должна учитывать предысторию развития событий. Для решения задачи организации событийного мониторинга был предложен показатель эффективности управленческих действий:

$$I(p_{i,j}) = \sum_m q_{i,j,m} \cdot \delta\left(\sum_k e_{i,j,k} \cdot \delta(g_{i,j,k} = d_{i,j,m}) \cdot \delta(t_{i,j,k} \in (t'_{i,j,m}, t'_{i,j,m} + \Delta t)) = 0\right), \quad (5)$$

где Δt интервал ожидания

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & x = true, \\ 0, & x = false. \end{cases}$$

Этот индикатор можно использовать как маркер проблемной ситуации, когда определенные управленческие воздействия не вызывают соответствующей ожидаемой реакции.

На основе предложенной модели была разработана система поддержки принятия решений по мониторингу и управлению инновационными проектами.

В ходе исследования было проанализировано 30 реальных проектов, выполненных студентами в период с 2019 по 2020 годы. Пример результатов анализа одного из проектов приведен на Рис. 1. Здесь выявленным маркером проблемной ситуации является недостаточная мотивация руководителя проекта и его сторонняя занятость. Событийный мониторинг показал отсутствие систематической работы в Trello и участия в обучающих

семинарах и конкурсах. В результате данного анализа были правильно подобраны мотивирующие воздействия, а именно участие во внешних мероприятиях и ведение в команду дополнительного координатора в помощь руководителю проекта.

Полученные результаты позволили повысить эффективность проектной деятельности с учетом влияния неопределенности и человеческого фактора за счет применения индивидуальной мотивации и адаптивных управленческих воздействий.



Рис. 1 – Пример положительной и отрицательной эффективности стимулирующих мероприятий для реального студенческого проекта

Применение метода событийного мониторинга позволило разработать для проектных команд набор эталонных шаблонов для подбора индивидуальных мотивирующих воздействий. Представленный подход обеспечил поддержку принятия решений в процессе управления инновационными проектами.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (грант 19-08-01008\21).

Список литературы

1. *Deak C.* Managing innovation projects versus ordinary project management // 2nd ISPIM Innovation Symposium: Stimulating Recovery - The Role of Innovation Management, 2009. - pp. 1 – 6
2. *Kerzner H.* From traditional to innovation project management thinking // Innovation Project Management, 2019. - pp. 159 - 218
3. *Milutinovic R., Stosic B.* Key elements of innovation project management in services // Management - Journal for theory and practice of management, 18. – 2013. - pp. 65 – 74
4. *Yordanova Z.* Innovation project tool for outlining innovation projects // International Journal of Business Innovation and Research, 16, No. 1. – 2018. - pp. 63 – 78
5. *Прохоров С.А.* Прикладной анализ случайных процессов. Самарский научный центр РАН, 2007. - 582 с.
6. *Ivaschenko A., Lednev A., Diyazitdinova A., Sitnikov P.* Agent-based outsourcing solution for agency service management // Lecture Notes in Networks and Systems, vol 16. Springer, Cham. – pp 204 – 215
7. *Ivaschenko A.V., Simonova M.V., Sitnikov P.V., Shornikova O.V* Big Data analysis for HR management at production enterprises // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS, Vol. 57, 2019. – pp. 463 – 471

05.13.01

А.В. Вагнер, Д.В. Горбачев, А.Л. Коннов, О.В. Худорожков

Оренбургский государственный университет,
кафедра программного обеспечения вычислительной техники автоматизированных систем,
Оренбург, gordi47@mail.ru

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ

Проводимое исследование направлено на решение задачи анализа формализованных данных в слабоструктурированных документах и заключается в распознавании содержательного аспекта документа и сохранение формализованных признаков в базе данных. Для анализа текстовой информации предлагается использовать систему искусственного интеллекта на основе сверточной нейронной сети. Обучение нейронной сети может быть выполнено на свободно распространяемом дата-сете. Критерий обученности сети – минимум ошибки обратного распространения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, сверточная нейронная сеть, охраняемый объект, база знаний, ошибка обратного распространения

Введение

Ранее проведенные исследования показывают, что высокая интенсивность работ на объектах ограниченного доступа (ООД) приводит к значительному росту числа заявок на выдачу пропуска [1, 2]. А это, в свою очередь, вызывает кратный рост нагрузки на персонал, проверяющий заявки и контролирующий допуск на объекты. Как результат – выход за требования временных рамок на оформление пропуска, сбой графика работ, потери временные и, как следствие, финансовые. Также анализ показывает, что основная часть ошибок при проверке заявок – это ошибки связанные с анализом содержания документов – около 38%.

В настоящее время на проверку одной заявки тратится от 20 мин. до 1,5 часа: пользователь должен открыть документ, просмотреть его содержимое и поставить соответствующую отметку. А поскольку документов может от 12 (если в заявке 1 специалист) до нескольких десятков, то поэтому и время проверки такое большое.

Предполагается, что при использовании автоматизированного алгоритма проверки документов основная их часть будет анализироваться без участия пользователя. И только документы, которые по каким-то причинам вызовут сомнения у искусственного интеллекта или у самого пользователя, будут просматриваться в «ручном режиме».

Постановка задачи

На данном этапе исследования процессов получения электронных пропусков на ООД решаются задачи разработки формализованных алгоритмов распознавания документов в заявке на получение пропусков. В дальнейшем разработанные алгоритмы закладываются в основу интеллектуальной системы обоснования доступа на режимный объект.

Цель данного этапа исследования является разработка методики формализованного описания процессов распознавания документов в заявке на получение пропусков.

Задачами данного этапа являются:

- выбор метода и модели описания объекта исследований;
- развитие аппарата моделирования для предметной области;
- разработка методики использования модели для решения задач исследования;
- алгоритмизация моделирующего аппарата.

Для решения задач этапа исследования использовались искусственная сверточная нейронная сеть и продукционная модель базы знаний.

Методы исследования

Для решения задачи анализа содержания документов выбраны сверточные нейронные сети (СНС) [3]. Суть данного подхода заключается в том, что уже обученная модель сверточной нейронной сети легко может распознать как класс, к которому принадлежит изображение, так и сами данные, которые находятся на изображении [3, 4].

Решение задачи исследования

Сверточные нейронные сети являются одним из самых важных классов теории глубокого машинного обучения для решения задач компьютерного зрения [5]. СНС состоят из нескольких, как правило, чередующихся слоев обработки, каждый из которых содержит, как линейные, так и нелинейные операторы. СНС состоит из трех основных видов слоев: сверточный слой, субдискретизирующий слой и выходной слой (чаще всего полносвязный) [6].

Полносвязный слой является самым простым и широко применяемым слоем нейронной сети. Каждый нейрон в этом слое – перцептрон с нелинейной функцией активации. В качестве функции активации принято использовать либо логистическую функцию вида [5, 6]:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (1)$$

Либо гиперболический тангенс:

$$f(x) = A * \tanh(Bx), \text{ где } A, B = \text{const} \quad (2)$$

Каждый нейрон полносвязного слоя соединяется с выходами нейронов предыдущего слоя, суммирует свои входы, умножает на веса, добавляет порог и результат подает на вход функции активации. Полученное значение является выходом нейрона.

Математическая модель сверточной нейронной сети

Для описания математической модели рассматриваемой нейронной сети были выбраны следующие обозначения.

Под $l \in [1: L]$ понимается рассматриваемый в данный момент слой нейронной сети, где:

$$L = 2a + 2, a \in Z^+ \quad (3)$$

количество слоев в сети. За N^l обозначается количество карт признаков на слое l . Также, под переменной y_n^l понимается n -ая карта признаков на слое l [7, 8].

Введем в рассмотрение сверточный слой l . В подобной архитектуре нейронной сети l принимается нечетным числом, то есть:

$$l = 1, 3, \dots, 2a + 1 \quad (4)$$

Тогда, для карты признаков n будет иметь место следующее:

- $w_{m,n}^l = \{w_{m,n}^l(i, j)\}$ – свертка, применяемая к карте признаков m слоя ($l = 1$), на слое l с картой признаков n ;
- b_n^l – пороговые значения, присоединяемые к карте признаков n на слое l ;
- V_n^l – список всех уровней слоя ($l - 1$), которые соединяются с картой признаков n слоя l .

Таким образом, карта признаков n сверточного слоя l будет вычисляться следующим образом:

$$y_n^l = f_i \left(\sum_{m \in V_n^l} y_m^{l-1} \otimes w_{m,n}^l + b_n^l \right) \quad (4)$$

Где под оператором \otimes понимается математическая операция двумерной свертки [8].

Предположим, что размер входных карт признаков y_m^{l-1} равен $H^{l-1} \times W^{l-1}$, а размер применяемой к ним свертки $w_{m,n}^l$ равняется $r^l \times c^l$, тогда размер выходной карты признаков y_n^l вычисляется как (рис. 1):

$$(H^{l-1} - r^l + 1) \times (W^{l-1} - c^l + 1) \quad (5)$$

Введем в рассмотрение субдискретизирующий слой l . В сверточной нейронной сети l принято принимать четным числом, то есть:

$$l = 2, 4, \dots, 2a \quad (6)$$

Для карты признаков p введем следующие обозначения: $W_{m,n}^k$ – фильтр, применяемый к p на слое l , и b_n^l – добавочное пороговое значение.

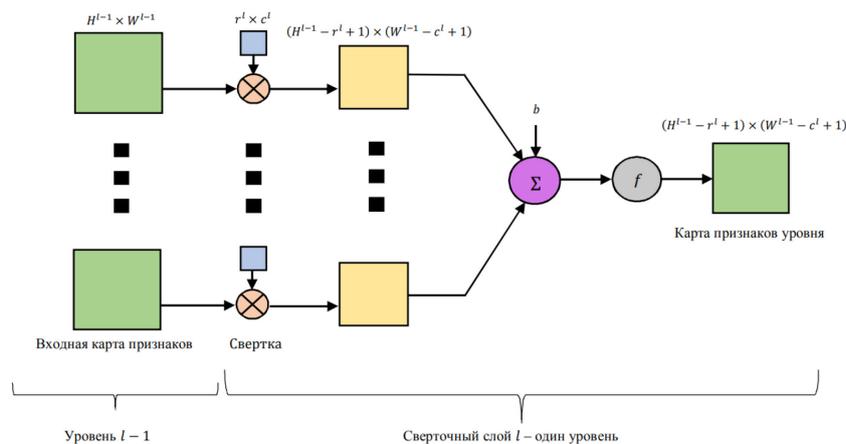


Рис. 1 – Схема сверточного слоя l

Далее разделим карту признаков p $(l - 1)$ ого слоя на непересекающиеся блоки размером 2×2 пикселя. Затем просуммируем значения четырех пикселей в каждом блоке и в результате получим матрицу:

$$Z_n^{l-1} = \{Z_n^{l-1}(i, j)\}, \tag{7}$$

элементами которой будут являться соответствующие значения сумм. Таким образом, формула для вычисления значений элементов матрицы будет иметь следующий вид:

$$Z_n^{l-1} = y_n^{l-1}(2i - 1, 2j - 1) + y_n^{l-1}(2i - 1, 2j) + y_n^{l-1}(2i, 2j - 1) + y_n^{l-1}(2i, 2j) \tag{8}$$

Карта признаков p субдискретизирующего слоя l вычисляется, как:

$$y_n^l = f_l(Z_n^{l-1} \times W_{m,n}^l + b_n^l) \tag{9}$$

Благодаря представленным выше рассуждениям, становится возможным посчитать размер $H^l \times W^l$ карты признаков y_n^l субдискретизирующего слоя l (рис. 2)

$$H^l = \frac{H^{l-1}}{2}, W^l = \frac{W^{l-1}}{2} \tag{10}$$

Рассмотрим выходной слой L , состоящий из единичных нейронов. Примем за N^L – количество нейронов на данном слое. Как и при рассмотрении предыдущих слоев, обозначим за $W_{m,n}^L$ – фильтр, применяемый к карте признаков m последнего сверточного слоя для получения перехода к нейрону n выходного слоя. Пусть b_n^L – пороговое значение, добавляемое к нейрону n .

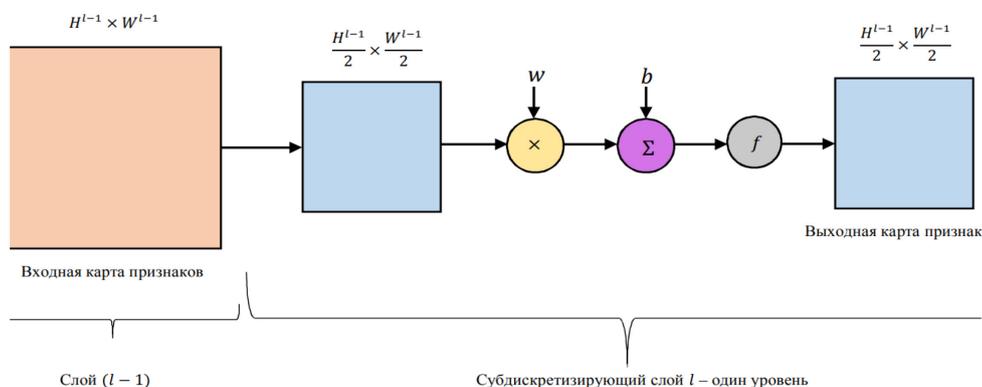


Рис.2 – Схема субдискретизирующего слоя l

Пользуясь введенными обозначениями, получаем формулу для подсчета значения выходного нейрона n:

$$y_n^l = f_L(\sum_{m=1}^{N^{L-1}} y_m^{L-1} w_{m,n}^L + b_n^L) \tag{11}$$

Таким образом, выходом сверточной нейронной сети является вектор следующего вида:

$$y = [y_1^L, y_2^L, \dots, y_{N^L}^L], \tag{12}$$

элементы которого характеризуются параметрами распознаваемого изображения.

Алгоритмизация моделей. Разработанные математические модели закладываются в основу автоматизированной системы (рис.3).

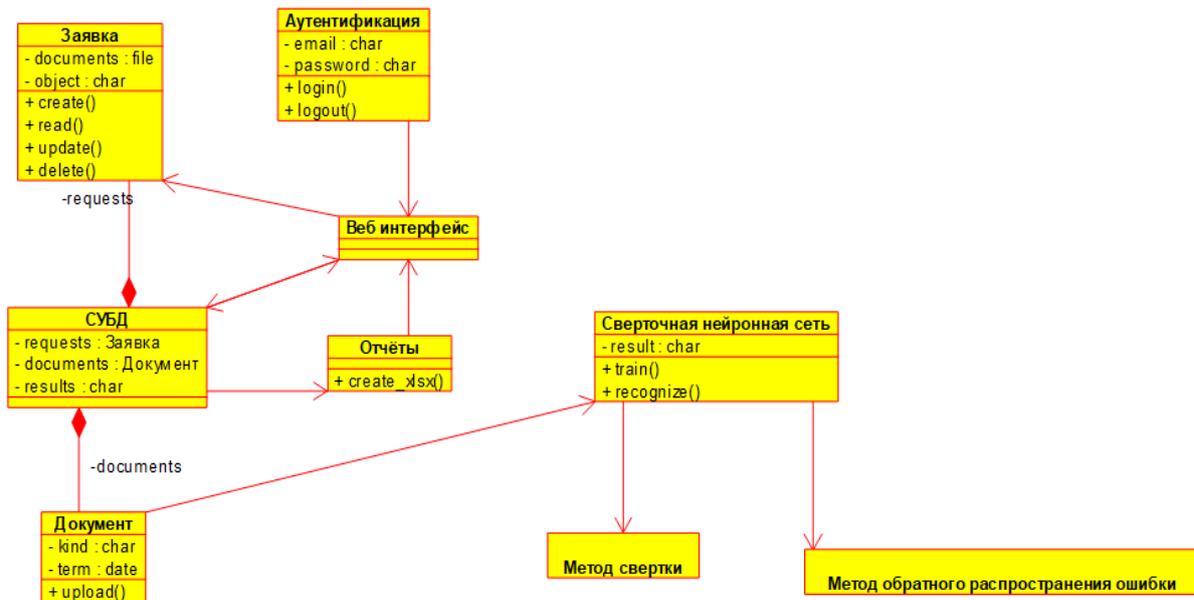


Рис. 3 – Концептуальная модель классов предметной области

Внедрение такой системы позволит убрать три этапа проверки заявки, что существенно упростит работу персонала при проверке заявки за счет уменьшения времени ожидания на получение пропуска на охраняемый объект.

Обученная сверточная нейронная сеть сможет распознавать документы и предлагать решение о выдаче пропуска либо в отказе выдачи. Алгоритм распознавания документов сверточной нейронной сетью представлен на рисунке 4.



Рис.4 – Алгоритм распознавания документа в заявке

Таким образом, диаграммы последовательностей [9] позволяют моделировать поведение программы на различных этапах проектирования. Что касается внутреннего процесса распознавания документа, то алгоритм выглядит следующим образом (рис. 5).

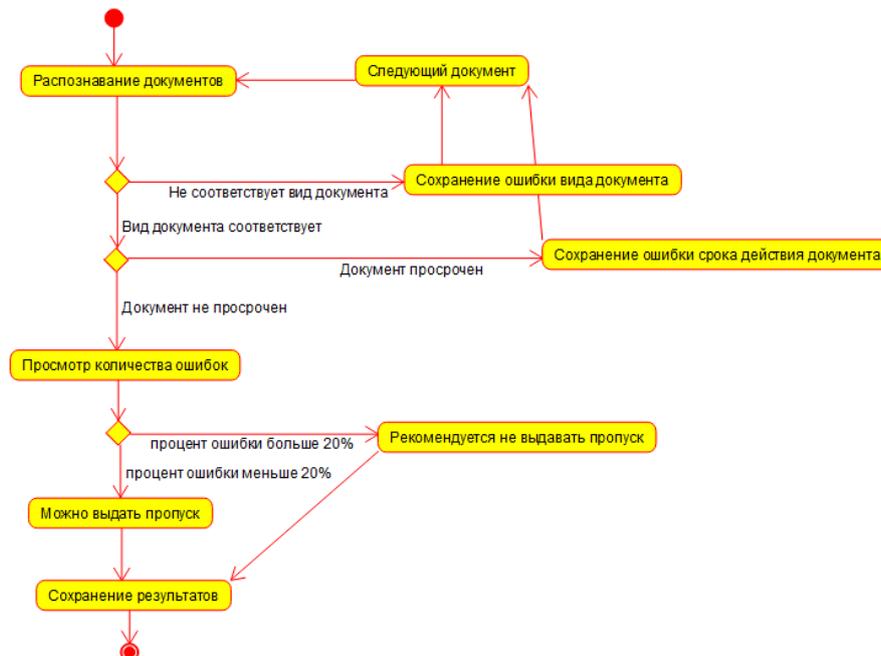


Рис. 5 – Алгоритм распознавания документов в заявке

Алгоритм реализации сверточной нейронной сети представлен на рисунке 6.

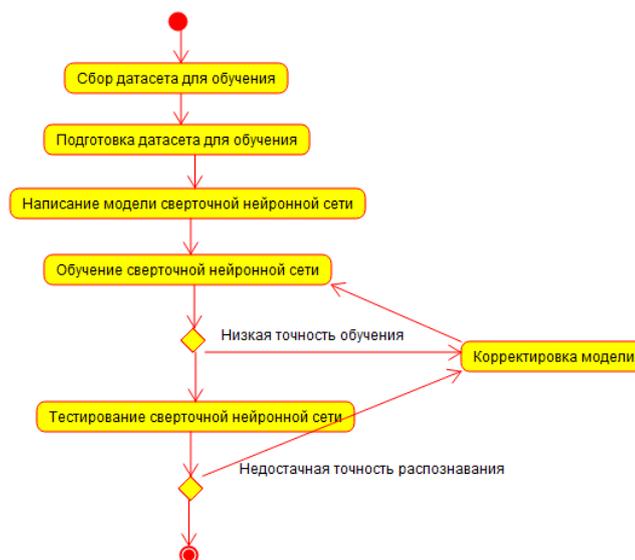


Рис. 6 – Алгоритм реализации сверточной нейронной сети

Представленные алгоритмы позволяют перейти к проектированию интеллектуальной системы обоснования доступа на режимный объект.

Заключение

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают эффективности использования сверточной нейронной сети для решения задачи анализа содержательного аспекта электронных форматов документов. Интеллектуальный алгоритм нейронной сети обеспечивает высокую достоверность результатов проверки заявок (комплектов документов) и повышает эффективность работы персонала (снижение общего времени на проверку заявки) за счёт автоматизации процесса проверки документов.

Список литературы

1. Вагнер А.В., Горбачев Д.В. Моделирование информационных процессов охранного предприятия при оформлении допуска на охраняемый объект / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры [Электронный ресурс]: материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2021. С. 2228-2233.
2. Вагнер А.В. Автоматизация процесса распознавания документов с использованием сверточных нейронных сетей / Журнал «ШАГ В НАУКУ» – № 4 – 2021 – С. 78-82. // [Электронный ресурс] : <http://sts.osu.ru/edition>. Режим доступа: – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 01.11.2021).
3. Dilated Convolutions and Kronecker Factored Convolutions. (2016). In FERENCe. Retrieved 12 March 2018, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inference.vc/dilated-convolutions-and-kronecker-factorisation/> 07.10.2021
4. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
5. Воронов И.В., Политов Е.А., Ефременко В.М. Обзор типов искусственных нейронных сетей и методов их обучения. [Электронный ресурс] // Обзор. – Электрон. дан. – 16.10.2010. Режим доступа: – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 19.10.2021).
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин : пер. с англ. Н.Н. Куссуль. – 2-е изд. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 1104 с.
7. Keiron O'Shea, Ryan Nash. An Introduction to Convolutional Neural Networks / Submitted on 26 Nov 2015 (v1), last revised 2 Dec 2015 (this version, v2) // arXiv:1511.08458v2. – Cornell University. Режим доступа: – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 19.10.2021).
8. Giang Hoang Nguyen, Son Lam Phung. Reduced Training of Convolutional Neural Networks for Pedestrian Detection / [Электронный ресурс] :https://www.researchgate.net/publication/46300859_Reduced_training_of_convolutional_neural_networks_for_pedestrian_detection. Режим доступа: – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 23.10.2021).
9. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. UML. Классика CS / С. Орлов. – 2-е изд.. – СПб.: Питер, 2006. – 736 с., Сайт ресурсов UML, поддерживаемый Object Management Group / [электронный ресурс] - <http://www.uml.org/> (01.10.2021).

05.13.01

¹Р.М. Галиев канд. техн. наук, ¹А.Ю. Барыкин канд. техн. наук,
¹Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук, ¹Р.Ф. Илдарханов канд. техн. наук,
²И.И. Салахов канд. техн. наук, ²Ф.Л. Назаров

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
¹кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
²кафедра «Автомобили, автомобильные двигатели и дизайн»,
Набережные Челны, radikraborta@mail.ru

АНАЛИЗ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЕ

В статье проведено исследование процесса износа деталей цилиндропоршневой группы. В зависимости от степени их изношенности определяются диагностические параметры, по которым можно установить остаточный ресурс. Рассмотрена схема подключения дополнительных диагностических параметров двигателя современного грузового автомобиля для определения остаточного ресурса по давлению и расходу картерных газов.

Ключевые слова: *цилиндропоршневая группа, картерные газы, дизельный двигатель, датчик, грузовой автомобиль.*

Повышение надежности транспортных средств является одной из основных задач заводоизготовителей и эксплуатационных служб автотранспортных предприятий. Надежность автомобиля – это свойство сохранять по пробегу в заданных пределах все параметры, определяющие работоспособность. Она включает в себя: долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность и безотказность.

Самым нагруженным элементом автомобиля во время эксплуатации является двигатель, и основные отказы, неисправности приходятся тоже на него (примерно 39% от всех отказов) [1, 2, 3], поэтому исследование надежности двигателя современного автомобиля является актуальной задачей.

Целью исследования является анализ и определение состояния цилиндропоршневой группы дизельного двигателя от номинального до предельного значения конструктивных и диагностических параметров.

Один из основных документов, разрабатываемых заводом изготовителем – это конструкторская документация на детали с номинальными и предельными размерами. Предельные размеры устанавливаются, когда дальнейшая эксплуатация приводит к отказу узла, агрегата и в целом автомобиля [4]. В таблице приведены предельные значения износа цилиндропоршневой группы двигателя.

Таблица – Износ цилиндропоршневой группы от номинального до предельного размера

№ п/п	Наименование	Предельные размеры износа, мкм
1	Износ гильз цилиндров	240
2	Овальность гильз цилиндров	100
3	Радиальный износ верхнего компрессионного кольца	120

По износу деталей можно определить техническое состояние узла, агрегата и, в целом, автомобиля. Интенсивность износа детали зависит от следующих основных факторов – конструктивных, эксплуатационных, технологических.

Конструктивные факторы – это номинальные размеры и формы, начальные зазоры и посадки, материалы, условия нагрузки и смазки сопрягаемых деталей узла.

К технологическим факторам относятся качество механической и термической обработка детали, технология изготовления и сборка узла, агрегата.

К эксплуатационным факторам относятся соблюдение требований эксплуатации, опыт водителя, периодичность и качество технического обслуживания, качество ремонта, качество применяемых эксплуатационных материалов и запасных частей.

Современные дизельные двигатели грузового автомобиля имеют рабочий объем от 11,8 до 12,88 л, диаметр цилиндра (гильзы) от 126 мм до 135 мм, ход поршня от 144 мм до 166 мм.

Диагностические параметры при износе деталей цилиндропоршневой группы до предельного состояния имеют следующие значения: расход масла на угар – более 6%, давление картерных газов – более 1,4 кПа; расход картерных газов – более 250 л/мин. На рис. 1 показаны поршни в различном состоянии.



Рис. 1 – Новый и изношенный поршни двигателя КАМАЗ

Определить состояние конструктивных параметров, например номинального и предельного размера цилиндропоршневой группы, можно по следующей зависимости

$$Y_n = f (B_{нму}, P_{нкг}, B_{нкг}) \quad (1)$$

$$Y_p = f (B_{пму}, P_{пкг}, B_{пкг}) \quad (2)$$

где Y_n, Y_p – номинальные и предельные размеры цилиндропоршневой группы; $B_{нму}, P_{нкг}, B_{нкг}, B_{пму}, P_{пкг}, B_{пкг}$ – расход масла на угар, давление картерных газов, расход картерных газов соответственно при номинальных и предельных значениях цилиндропоршневой группы.

В процессе эксплуатации автомобиля конструктивные параметры находятся в пределах следующих значений

$$Y_n < Y_i < Y_p, \quad (3)$$

соответственно и диагностические параметры в диапазоне

$$B_{нму} < B_{iму} < B_{пму}, P_{нкг} < P_{икг} < P_{пкг}, B_{нкг} < B_{икг} < B_{пкг}. \quad (4)$$

При определении предельного износа цилиндропоршневой группы учитывается следующее:

- износ указанных деталей может привести к заклиниванию, которое в результате приведет к более дорогостоящему ремонту двигателя;
- шум и вибрация, которые влияют на работу агрегата и автомобиля в целом, что приводит к выходу из строя других узлов и систем;
- несоблюдение нормативов допустимых выбросов вредных веществ с отработавшими газами;
- интенсивное изнашивание деталей, за счет уменьшения защитного слоя.

Применение бортовых систем диагностирования двигателя в последнее время заметно совершенствуется [5], дополняется новыми диагностическими параметрами. Схема их подключения показана на рис.2.

Принцип работы заключается в следующем: в электронный блок управления поступает информация от датчиков (датчик давления и расхода картерных газов), установленных в двигателе после аналого-цифрового преобразователя. После поступления значения диагностических параметров проверяются на достоверность и выводятся на монитор оператору (водителю, диагносту). Для проверки технического состояния двигателя бортовой системой диагностики по давлению и расходу картерных газов двигатель должен работать в определенных режимах, согласно алгоритму измерения [6].

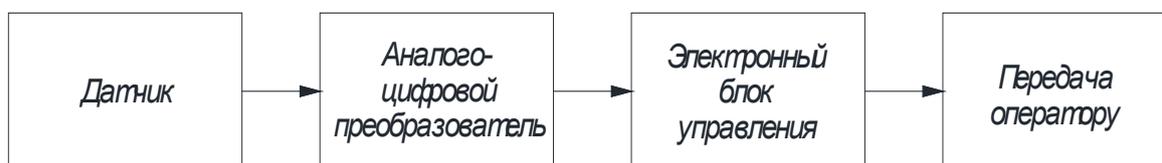


Рис. 2 – Схема подключения дополнительных диагностических параметров двигателя

Использование номинальных и предельных размеров цилиндропоршневой группы даёт возможность прогнозировать долговечность двигателя с помощью бортовой системы диагностирования, определить остаточный ресурс, а на ремонтных предприятиях служит для обоснования необходимости восстановления или при выбраковке деталей.

Список литературы

1. *Филькин Н.М.* Сбор информации для бортовых систем диагностирования о техническом состоянии двигателя при эксплуатации грузового автомобиля / Н.М. Филькин, Р.М. Галиев, Ф.Л. Назаров, Р.А. Хафизов // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. - Ижевск, 2019. - Т.22, №2. – С. 58-64.
2. *Баженов Ю.В.* Исследование работоспособности двигателей в условиях эксплуатации / Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XVIII Междунар. науч. практ. конф. (24 -25 нояб. 2016 г.). - Владимир: Аркаим, 2016. - С.18-23.
3. *Engalychev R.N, Kulakov A.T, Barylnikova E.P, Talipova I.P,* Decrease in the Transport Process Indicators Due to Wear of the Elements of the Power Unit of the Truck // International Journal of Engineering Research and Technology. - 2021. - Vol.13, Is.12. - P.4421 - 4426.
4. *Азаматов Р.А.* Восстановление деталей автомобилей КамАЗ / Р.А.Азаматов, В.Г.Дажин, А.Т.Кулаков, А.И.Модин. – Набережные Челны: КамАЗ, 2004. – 215 с.
5. *Макарова И.В.* Диагностирование и оперативный контроль остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля / И. В. Макарова, А. Т. Кулаков, Э. М. Мухаметдинов, Л. М. Габсалихова, А. В. Васильев // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 2. С. 54–60.
6. *Денисов А.С.* Разработка алгоритма бортового диагностирования смазочной системы автомобильного двигателя / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, Д.И. Нуретдинов, З.А. Аюкин, Ф.Л. Назаров // Научно-технический вестник Поволжья. - 2020. - №3. - С. 113-116.

05.13.01

**И.Б. Гинзбург канд. техн. наук, А.А. Ермаков канд. эконом. наук,
С.Н. Падалко д-р техн. наук**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Прикладная информатика»,
Москва, iliagi@mail.ru, aleral@mail.ru, snp7@inbox.ru

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

В статье описано, как эффективно организовать дистанционное обучение с использованием сети Интернет и специализированных веб-приложений с открытым исходным кодом для учащихся высших учебных заведений и слушателей курсов профессиональной переподготовки, изучающих информационные технологии и программирование. Рассматриваются задачи, которые требуют решения при организации дистанционного обучения информационным технологиям. Предлагаются способы использования различных специализированных веб-приложений для эффективной организации процесса дистанционного обучения.

Ключевые слова: организация дистанционного обучения, платформа дистанционного обучения, веб-приложение для дистанционного обучения, разработка методов дистанционного обучения.

При обучении информационным технологиям и программированию проводимые занятия включают в себя: лекции и консультации (ЛК) – используются доска, компьютер и проектор; практические занятия (ПЗ) – в дополнение к используемому на ЛК может использоваться компьютерный класс (КК) со специализированным программным обеспечением (ПО), если работает вся группа, или один компьютер преподавателя, если он только показывает студентам, как надо делать; лабораторные работы (ЛР) – обязательно используется КК, где вся группа студентов работает с ПО и выполняет задания под контролем преподавателя; научно-исследовательская работа студентов (НИРС) – может требовать КК или осуществляться на собственном оборудовании студентов; самостоятельная работа студентов (СРС) – осуществляется на собственном оборудовании студентов, но для тех, у кого нужного оборудования нет, предоставляется доступ в КК в неурочное время; рубежный контроль успеваемости (РК) – осуществляется в виде выполнения студентами письменных заданий (контрольных, расчетных и курсовых работ), тестов, ответов на различные вопросы, написания программ, ответов на зачетах и экзаменах, а также защиты выпускных квалификационных работ (ВКР).

Необходимость перехода на дистанционное обучение (ДО), остро возникшая в последнее время, потребовала быстрого решения многих проблем, которые находились на разных стадиях решения.

Среди таких проблем: перенос ЛК и ПЗ в онлайн без снижения качества преподавания; организация РК, подготовки и защиты студентами ВКР; проведение ЛР, НИРС, СРС в полном объеме при отсутствии доступа к КК.

Проанализировав проблемы, получим несколько видов потребностей, которые должны удовлетворить системы для организации дистанционного обучения (СДО): онлайн общение студентов и преподавателей в реальном времени; обеспечение доступности учебных текстовых и медиа материалов для студентов; обеспечение средств РК; обеспечение удаленного доступа к КК или функционалу, аналогичному функционалу КК.

Поскольку при ДО у преподавателей и студентов может быть произвольное оборудование, включающее в себя стационарные и мобильные устройства разных архитектур и с разными операционными системами, то наиболее логичным способом обеспечения единообразного взаимодействия данных пользователей между собой и с учебными и лабораторными материалами, является создание СДО на основе веб-приложений. В таком случае единственным системным требованием будет наличие стандартного веб-браузера с поддержкой HTML5.

Информационные системы, используемые в промышленности, уже давно и успешно решают проблему обеспечения взаимодействия участников рабочего процесса с помощью веб-приложений [1, 2], поэтому внедрение СДО на основе веб-приложений в образовании является закономерным этапом эволюции способов ДО [3].

Для решения многих наиболее часто востребованных задач СДО уже созданы специализированные веб-приложения. Для решения других задач, например организации виртуального КК для ЛР, НИРС и СРС можно использовать научные веб-приложения, которые применяются для переноса выполнения вычислений с клиентских устройств на серверы.

Рассмотрим набор компонентов с открытым исходным кодом и алгоритм их использования для эффективного решения описанных задач СДО.

Для обеспечения общения преподавателей и студентов в онлайн во время ЛК, ПЗ и РК, а также для проведения защит ВКР подходит система BigBlueButton, которая может быть развернута как самостоятельная система с интерфейсами Big Blue Meeting на PHP или Greenlight на Ruby on Rails или как компонент СДО Moodle.

Для обеспечения процесса ДО веб-представлениями электронных учебных материалов, тестовыми материалами для РК, интегрированными средствами для создания этих материалов, средствами для выдачи, сбора и проверки индивидуальных письменных заданий, средствами для текстового обсуждения вопросов со студентами в виде чатов и форумов, средствами для учета и контроля посещаемости занятий и успеваемости учащихся подходит СДО Moodle с адаптивным интерфейсом. Благодаря использованию данной системы покрывается существенная часть потребностей ЛК, ПЗ, НИРС, СРС и РК.

Для обеспечения ЛР, НИРС, СРС помимо средств коммуникации и источников информации требуется лабораторное ПО, которое при обучении информационным технологиям обычно представлено различными средами разработки, отладчиками, подключаемыми программными компонентами, системами управления базами данных, средствами моделирования [4, 5] и пр.

Многие из используемых программ не имеют веб-интерфейса и не могут быть преобразованы в веб-приложение. Поэтому в качестве промежуточной замены может быть обеспечен удаленный доступ учащихся к компьютерам КК с использованием технологии удаленного рабочего стола. В случае, если такую настройку произвести невозможно, например, при ограничениях доступа к локальной сети, можно воспользоваться серверами виртуализации, куда перенести образы компьютеров КК в качестве виртуальных машин, к которым уже можно предоставить удаленный доступ пользователей. Однако данный подход требует от пользователей наличия терминального клиентского ПО для подключения к серверу виртуализации. Данное терминальное ПО может отсутствовать для некоторых клиентских платформ.

Поэтому, следующим этапом развития является выбор платформы на основе веб-приложения для полного охвата действий, обычно выполняемых в КК для изучения программирования. Такой платформой является набор компонентов Project Jupyter, обеспечивающий поддержку обучения разработке ПО с использованием более 100 различных вариантов языков программирования, а также включающий в себя средства создания отчетов, рисования графиков и диаграмм.

Основной набор веб-приложений платформы включает в себя: Jupyter Notebook – рабочая тетрадь с возможностью вставки и выполнения программного кода на разных языках с последующим сохранением в одном файле. Может быть установлена на сервере или на компьютере пользователя; Jupyter Lab – многооконная среда программирования на разных языках с одновременным редактированием нескольких файлов Jupyter Notebook и файловым менеджером. Может быть установлена на сервере или на компьютере пользователя; Jupyter Hub – серверное средство обеспечения многопользовательской работы с Jupyter Notebook или Jupyter Lab с обменом файлами и совместной работой.

Предлагаемая серверная конфигурация включает в себя Jupyter Hub, Jupyter Lab, модули поддержки языков программирования по выбору, компоненты рисования: gnuplot – для графиков и drawio – для диаграмм.

В результате сконфигурированный веб-сервер представляет собой аналог КК для ДО, поддерживающий произвольные стационарные и мобильные терминальные устройства со стандартным веб-браузером. При желании студенты могут работать локально на своих устройствах, установив себе Jupyter Lab с необходимыми модулями, а на веб-сервер загружать только результат работы для проверки и обсуждения с преподавателем.

При необходимости все описанные программные компоненты можно развивать самостоятельно и адаптировать под собственные нужды, так как эти компоненты являются ПО с открытым исходным кодом.

Таким образом, с помощью набора программного обеспечения с открытым исходным кодом можно обеспечить полное покрытие задач ДО студентов программированию, что является необходимым в сложившихся условиях и позволяет значительно интенсифицировать процесс обучения.

Список литературы

1. Гинзбург И.Б. Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли // Труды МАИ. 2015. № 84. С. 33.
2. Гинзбург И.Б., Падалко С.Н., Терентьев М.Н. Концепция систем дистанционного мониторинга процессов производства и испытаний аэрокосмической техники на основе многошлюзовой беспроводной сенсорной сети с автономным веб-приложением // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. №4. С. 58–61.
3. Бродский А.В., Гинзбург И.Б., Столярчук В.А. Эволюция способов дистанционного обучения // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. №11. С. 24-26.
4. Столярчук В.А. Препроцессор программной системы SIGMA для обучения САЕ-приложений, используемых в САПР аэрокосмической отрасли // Труды МАИ. 2013. № 71. С. 28.
5. Столярчук В.А. Постпроцессор учебно исследовательской САЕ Sigma для обучения разработчиков САПР аэрокосмической области // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 5. С. 300-303.

05.13.01

В.П. Калинина, В.И. Полуничев д-р техн. наукФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»,Образовательно-научный институт ядерной энергетики
и технической физики им. академика Ф.М. Митенкова,
Нижегород, klnnov@icloud.com**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕАКТОРНЫХ
УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

В работе отражена информация о специфике реакторных установок малой мощности. Описан опыт эксплуатации атомных станций малой мощности и выполнен краткий обзор разрабатываемых проектов.

Ключевые слова: *реакторная установка малой мощности, атомная станция, опыт эксплуатации, перспективы развития.*

Документом «Энергетическая стратегия развития России на период до 2035 года» предусмотрено создание атомных электростанций малой мощности для энергоснабжения удаленных и изолированных территорий [1]. Атомными станциями малой мощности считаются станции с мощностью блока менее 300 МВт (э).

Несколько лет назад интерес к разработке проектов атомных станций малой мощности (АСММ) начал активно возрастать по следующим причинам: в России – для организации энергоснабжения отдаленных регионов страны, в мире – с целью создания равномерно распределенной энергосистемы, состоящей из возобновляемых источников энергии и станций малой мощности.

Значительными преимуществами АСММ перед станциями большой мощности являются минимизация инвестиций в разработку и строительство проекта, возможность быстрой доставки и сборки объекта на месте размещения, а так же обеспечение абсолютной безопасности площадки после вывода установки из эксплуатации. Данные факторы достигаются переносом высокотехнологичного и трудоёмкого производства на специальные предприятия, возможностью выполнения радиационно опасных операций вдали от места постоянного базирования установки и гарантией превратить место размещения станции в чистую «зелёную» зону после окончания эксплуатации.

В данный момент перед разработчиками стоит задача доказать конкурентоспособность АСММ по сравнению с другими традиционными источниками энергии, главным образом, среди дизельгенерирующих установок, кроме того необходимо обосновать соответствие предложенных решений актуальным требованиям Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), предъявляемых к каждому объекту атомной энергетики.

Эксплуатационный опыт Российской Федерации

За последние 70 лет накоплена обширная база знаний, бесценный опыт эксплуатации реакторов малой мощности благодаря успешному использованию судовых реакторных установок. Их численность превосходит 460 с суммарной наработкой более 6500 реакторо-лет. Начиная с 1960-х годов были разработаны следующие экспериментальные объекты малой мощности: транспортабельная электростанция ТЭС-3, атомная блочная установка АРБУС, предназначенная для снабжения энергией Антарктики. Были спроектированы и благополучно запущены четыре блока Билибинской АЭС с реакторами ЭПП-6 мощностью каждого 12 МВт (э), три из которых эксплуатируются по сей день. Кроме того, были созданы: передвижная станция «Памир», опытная энергетическая установка «Гамма» и необслуживаемая атомная станция «Елена», демонстрационный прототип которой функционирует в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт». Все

перечисленные установки служили объектом проведения научно-технических исследований, фундаментом конструктивного разнообразия реакторных установок.

Обзор действующих АСММ

В настоящее время по сведениям МАГАТЭ на различных стадиях разработки находится более 70 инновационных проектов реакторов малой мощности [2]. Однако об успешности коммерческого использования станций малой мощности можно судить лишь по четырём проектам, которые были построены и работают до сих пор. В их числе реакторная установка индийского производства PHWR-220, реактор CNP-300, а так же установки ЭГП-6 и КЛТ-40С. Плавающая АЭС «Академик Ломоносов» с двумя реакторными установками КЛТ-40С была запущена в коммерческую эксплуатацию в мае 2020 года и пока что опыт её эксплуатации не накоплен, однако прототипы используемых в атомной станции реакторов безаварийно отработали более 6500 реакторо-лет. Основные технические характеристики установок приведены в таблице 1.

PHWR-220 – проект самого первого индийского тяжеловодного реактора, на данный момент в эксплуатации находятся 16 блоков на 5 АЭС. В качестве теплоносителя и замедлителя используется тяжелая вода, топливные элементы, состоящие из природного урана, размещены горизонтально. Частичная перегрузка топлива осуществляется без остановки. В процессе работы имели место течи теплоносителя первого контура, которые впоследствии были устранены. В дальнейшем мощность установки была увеличена до 540 МВт и 700 МВт. Одновременно Индия имеет намерение экспортировать свои технологии. Особой привлекательностью изготовления индийских АЭС являются относительно низкие капитальные затраты в связи с собственным производством комплектующих изделий и материалов. Для PHWR-220 они не превышают 2000 долларов США за кВт (э) [3].

Таблица 1 – Основные технические характеристики действующих АСММ

Параметр	PHWR-220 (Индия)	CNP-300 (Китай)	ЭГП-6 (Россия)	КЛТ-40С (Россия)
Тип реактора	Тяжеловодный реактор	Реактор с водой под давлением	Канальный водографитовый реактор	Реактор с водой под давлением
Год начала коммерческой эксплуатации	1981	1991	1974	2020
Электрическая и тепловая мощность, МВт	236/755	325/999	12/65	35/150
Давление в первом контуре, МПа	8,5	15,2	6,37	12,7
Температура на входе и выходе из активной зоны, °С	249/293	-/302	250/275	280/316
Тип теплоносителя и замедлителя	D ₂ O/ D ₂ O	H ₂ O/ H ₂ O	H ₂ O/С	H ₂ O/ H ₂ O
Тип циркуляции теплоносителя первого контура	Принудительная		Естественная	Принудительная
Топливо	UO ₂	UO ₂	U-Мо, затем UO ₂ в магниевой матрице	Гранулы UO ₂ в силициновой матрице
Обогащение топлива, %	0,72	2,4-3	3-3,6	18,6
Продолжительность кампании, месяц	24	18	12	30-36

Реактор с водой под давлением **CNP-300** работает на Циньшаньской АЭС в Китае. Он так же стал первым реактором собственного производства для коммерческого использования. Позднее реакторы данного типа не изготавливались, так как по аналогичной технологии разрабатывались более мощные реакторы CNP-600. В мае 2019 года комиссия МАГАТЭ посетила первый реактор CNP-300, работающий с 1991 года с миссией SALTO (Safety Aspects of Long Term Operation). Была проведена проверка аспектов долгосрочной безопасной эксплуатации, реактор признан годным для дальнейшей работы. Четыре установки CNP-300 были успешно экспортированы в Пакистан в период с 2000 по 2017 год.

Четыре реакторных установки **ЭГП-6** установленные на Билибинской АЭС были спроектированы для выработки электрической и тепловой энергии в изолированной Чаун-Билибинской энергосистеме. ЭГП-6 – первая канальная водно-графитовая установка с естественной циркуляцией теплоносителя, реализующая одноконтурную схему циркуляции теплоносителя. Исходя из специфики района расположения АЭС, к проекту предъявлялись требования повышенной надежности при систематической работе установки в режиме переменных нагрузок. После 30 лет надёжной работы реакторов и проведенной модернизации проектный срок эксплуатации был продлён на 15 лет. С 2019 года энергоблок №1 Билибинской АЭС остановлен для вывода из эксплуатации.

Две реакторные установки **КЛТ-40С** установлены на плавучем энергоблоке «Академик Ломоносов», который является составной частью атомной станции в Певеке. Плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) предназначена для обеспечения надежного энергоснабжения и теплоснабжения отдалённых регионов страны. Отличительной особенностью установки данного типа является возможность изготовления, сборки, проведения испытаний и подготовки к эксплуатации на судостроительном предприятии. Кроме того, за счет её размещения на судне крайне упрощается выбор места базирования и доставка плавучего энергоблока. Установка рассчитана на двенадцатилетний рабочий цикл, после которого отработавшее топливо вывозится с места эксплуатации АЭС и помещается в хранилище. Для дозаправки и ремонта энергоблок транспортируется на специальное предприятие. Потенциально опасные работы с радиоактивными элементами не проводятся в месте базирования. ПАТЭС «Академик Ломоносов» представлена на рисунке 1.



Рис. 1 – ПАТЭС «Академик Ломоносов»

В АО «ОКБМ Африкантов» на базе полученного опыта создания АСММ в Певеке создаются оптимизированные проекты реакторных установок с повышенными технико-экономическими показателями.

Стоит отметить 2 установки экспериментального назначения, которые эксплуатируются на сегодняшний день: **НТТ-10** (Китай) и **НТТ-30** (Япония). Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор НТТ-10 был разработан в университете Цинхуа и введён в эксплуатацию в 2003 году. В качестве теплоносителя и замедлителя используются гелий и графит соответственно. Давление в первом контуре достигает 3 МПа, температура на входе в

активную зону – 250 °С, на выходе – 700 °С. Активная зона набрана из 27 000 сферических топливных элементов с обогащением 17 %. Установка прошла множество испытаний для проверки безопасности, в том числе: отключение главного компрессора гелия, потеря электроснабжения, выход из строя приводов системы управления и защиты (СУЗ). В настоящий момент реактор HTR-10 является крупным проектом, на основе которого разработана установка для промышленного использования HTR-PM, находящаяся на заключительном этапе строительства.

Япония так же вела разработку высокотемпературных реакторных технологий с целью создания научно-технической базы, в том числе на опыте эксплуатации реактора HTTR-30, построенного в 1997 году. Реактор и основное оборудование первого контура расположены под землёй для защиты от внешних воздействий. Топливные элементы имеют призматическую форму и состоят из UO_2 с обогащением порядка 6 %. На установке проводились важные для развития технологии эксперименты, в частности, эксперимент с долгосрочным высокотемпературным режимом (950 °С), на котором он проработал 50 дней, и эксперимент с имитацией тяжелой аварии с потерей охлаждающего теплоносителя. После катастрофы на АЭС «Фукусима» в 2011 году проект был остановлен. На данный момент на базе HTTR-30 разработаны инновационные установки высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов большой мощности. Реактор HTTR-30 возобновил работу в июле 2021 года.

Можно заключить, что для станций малой мощности с реакторами разных типов накоплен положительный опыт эксплуатации, во время работы установок радиационно опасные ситуации не наблюдались. В связи с готовностью стран-владельцев экспортировать технологии, страны, не имеющие опыта эксплуатации атомных станций на своей территории, могут создать АСММ в кратчайшие сроки.

Обзор инновационных АСММ

Выполнен краткий обзор разрабатываемых АСММ, находящихся и прошедших стадию лицензирования и находящихся на этапе строительства. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Характеристики инновационных АСММ

Проект	Тип реактора	N, МВт (э)	Статус	Основные особенности конструкции
1	2	3	4	5
HTR-PM (Китай)	HTGR	210	Заключительная стадия строительства	- двухмодульная установка; - отсутствие возможности расплавления активной зоны при аварии с потерей теплоносителя
CAREM (Аргентина)	PWR	30	Заключительная стадия строительства	- интегральная компоновка реакторной установки (РУ); - естественная циркуляция теплоносителя; - саморегулирование; - погружные механизмы приводов СУЗ
ACP100 (Китай)	PWR	100	Начало строительства	- интегрированный первый контур; - подземное расположение реактора обеспечивает защиту от внешних воздействий и уменьшает вероятность выброса радиоактивных отходов

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
SMART (Корея)	PWR	107	Лицензирование завершено, подписано соглашение о строительстве в Саудовской Аравии	- интегральная компоновка РУ; - возможность снабжения 100 000 жителей города электричеством и пресной водой
NuScale (США)	PWR	12 × 60	Получен сертификат Design Certification Application (DCA)	- интегральная компоновка РУ; - естественная циркуляция теплоносителя; - реакторная установка размещена в воде, пространство между реактором и защитной оболочкой вакуумировано
ВБЭР-300 (Россия)	PWR	325	Проходит стадию лицензирования	- блочное исполнение РУ; - возможность наземного и плавучего исполнения энергоблока; - размещение установки в непосредственной близости от потребителя

Примечательно, что около шести проектов находятся на продвинутой стадии разработки и могут быть построены в течение десятилетия. Причём среди перспективных разработок имеются не только реакторы с водой под давлением, как наиболее отработанная и испытанная технология, но и высокотемпературный газоохлаждаемый реактор.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р.
2. Advances in Small Modular Reactor Technology Developments // ARIS : [сайт]. – 2020. – URL: https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf (дата обращения: 10.10.2021).
3. Атомные станции малой мощности : новое направление развития энергетики : [Сборник] / под ред. акад. РАН А. А. Саркисова ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М. : Наука, 2011. – 375 с. : ил. – ISBN 978-5-02-037972-5 (в пер.).

05.13.01

А.А. Кораблева, А.С. Полякова канд. техн. наук, Л.В. Липинский канд. техн. наук

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра системного анализа и исследования операций,
Красноярск, alkorableva1998@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В КОЭВОЛЮЦИОННОМ АЛГОРИТМЕ

В данной работе предлагается три стратегии перераспределения ресурсов в коэволюционном алгоритме решения сложных задач оптимизации. Приводятся результаты тестирований данных стратегий на множестве тестовых функций и проверки полученных выборок по непараметрическому критерию Уилкоксона на принадлежность к одной генеральной совокупности.

Ключевые слова: коэволюция, перераспределение ресурсов, оптимум функции, дисперсия, критерий Уилкоксона.

Введение

На сегодняшний день эволюционные алгоритмы (ЭА) достаточно широко применимы для решения задач оптимизации. ЭА обрабатывают большое количество альтернативных решений, легко объединяемы с другими методами, имеют низкую цену разработки и применения, но при всем этом они также обладают и некоторыми недостатками. Эффективность работы ЭА определяется тщательной настройкой его параметров. И разработка рекомендаций по настройке алгоритмов и подходов, которые в свою очередь смогут позволить автоматизировать выбор эффективного ЭА, является на данный момент достаточно актуальной научной задачей, требующей подробного изучения [1].

В этом отношении одним из перспективных методов, представляющих интерес, является коэволюционный алгоритм (КА). Коэволюция есть взаимная адаптация различных видов и ее концепция будет рассмотрена ниже [2].

Коэволюционный алгоритм

Концепция коэволюционного алгоритма состоит в том, что происходит параллельный запуск нескольких алгоритмов эволюционного поиска с разными настройками при наличии у каждого в начальных подпопуляциях одинакового количества ресурсов, т.е. количества индивидов и итераций. Подпопуляция – отдельный добавленный в схему коэволюции алгоритм [3].

Спустя некоторый определенный период – интервал адаптации, который задается пользователем, как один из параметров алгоритма, на основании качества подпопуляции, выявляется победивший алгоритм и проигравшие. Затем между алгоритмами происходит перераспределение ресурса. Оно включает в себя сокращение размеров подпопуляции проигравших алгоритмов на некоторый процент от размера популяции индивидуального алгоритма, то есть на размер штрафа и увеличение подпопуляции победившего алгоритма на величину равную сумме потерь проигравших.

Также для поддержания работы алгоритмов с низким объемом вычислительных ресурсов вводится «социальная карта» [3].

Методика

Для того чтобы установить характер зависимости эффективности КА от процедуры перераспределения ресурсов было предложено три следующих стратегии. Победившая подпопуляция, согласно размеру штрафа, получает:

- 1) индивидов с лучшей пригодностью, на которые были сокращены проигравшие подпопуляции;
- 2) индивидов с худшей пригодностью, на которые были сокращены проигравшие подпопуляции;
- 3) новых случайно сгенерированных индивидов. Проигравшая подпопуляция также сокращается на случайно выбранных индивидов.

После процедуры перераспределения ресурсов алгоритмы продолжают функционировать, но теперь уже с популяциями измененных размеров.

Экспериментальная часть

Для исследования предложенных стратегий КА, каждый из алгоритмов КА со своей стратегией был запущен 30 раз на 5 тестовых функциях. Используемые в данной работе тестовые функции реализуют множество свойств, которые могут затруднять оптимизацию: многоэкстремальность, овражность, функции в которых, численные коэффициенты специальным образом подбирались для того, чтобы значение функции в точке глобального оптимума незначительно отличалось от значений в точках соседних локальных оптимумов и другие свойства [6].

Вычислительные ресурсы для алгоритма КА составили 10000 вычислений целевой функции, 100 индивидов на 100 поколений.

Было протестировано две схемы КА с разным количеством индивидуальных алгоритмов в их составе. В качестве индивидуальных алгоритмов в схеме коэволюции выступал генетический алгоритм (ГА).

Тем самым, в первую схему было добавлено три алгоритма ГА по 33 индивида в каждом, во вторую схему четыре алгоритма ГА по 25 индивидов в каждом. И за один запуск КА всего было произведено 10 перераспределений ресурсов каждые 10 итераций. Необходимо помнить, что на первой итерации этапе ресурс задается общим и на каждую подпопуляцию разбивается в одинаковом количестве.

Ранее эмпирическим путем было выявлено, что такие величины, как размера штрафа и размер “социальной карточки” для КА должны составлять 5-10% от размера популяции каждого алгоритма, включенного в состав коэволюции. А интервал адаптации, согласно полученным результатам, должен составлять от 6 до 10 поколений коэволюции [5].

Исходя из этого в данной работе для КА также были заданы следующие параметры: штраф 10%, “социальная карточка” 10% от размера подпопуляции.

Для удобства восприятия полученных результатов, введем следующие сокращения для стратегий перераспределения ресурсов с учетом количества добавленных индивидуальных алгоритмов в состав КА:

- 1) $3KA_best$ и $4KA_best$ – коэволюция с тремя и четырьмя алгоритмами в ее составе и стратегией 1);
- 2) $3KA_bad$ и $4KA_bad$ – коэволюция с тремя и четырьмя алгоритмами в ее составе и стратегией 2);
- 3) $3KA_random$ и $4KA_random$ – коэволюция с тремя и четырьмя алгоритмами в ее составе и стратегией 3).

Описание стратегий смотрите выше.

Итак, в таблице 1 представлено 5 функций, на которых проводились эксперименты. Экстремум у данных функций находится в точке ноль. В столбцах приводятся названия исследуемых стратегий. Значения таблицы – среднее арифметическое значений оптимума из 30 запусков КА, синим цветом выделен лучший оптимум функции, в смысле минимума среди всех трех стратегий.

Таблица 1 – Среднее значение оптимума за 30 запусков алгоритма

Стратегии	Название функции				
	Шаффера	Матьяса	Леви	Букина	Эллиптический параболоид
<i>3KA_bad</i>	0.16526393	0.01644291	0.05613816	0.03228222	0.00234286
<i>4KA_bad</i>	0.24456444	0.02393311	0.07549501	0.01478643	0.00559807
<i>3KA_best</i>	0.17971135	0.05941434	0.02474439	0.03768571	0.00442281
<i>4KA_best</i>	0.25362487	0.02937967	0.05973634	0.00929574	0.00695987
<i>3KA_random</i>	0.00365908	0.00315314	0.02561796	0.04367130	0.00006297
<i>4KA_random</i>	0.00558501	0.00785768	0.03083002	0.07690587	0.00004204

Из таблицы 1 видно, что коэволюция со стратегией, когда победившая подпопуляция получает новых случайно сгенерированных индивидов показала себя лучше на большинстве тестовых функций. Две другие стратегии различаются по оптимуму между собой незначительно.

Теперь посмотрим разброс оптимума за 30 запусков алгоритма относительно среднего значения, то есть найдем значения дисперсии полученных выборок. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Дисперсия значений оптимума за 30 запусков алгоритма

Стратегии	Название функции				
	Шаффера	Матьяса	Леви	Букина	Эллиптический параболоид
<i>3KA_bad</i>	0.03460534	0.00029700	0.01725186	0.00459736	0.00004392
<i>4KA_bad</i>	0.04609782	0.00056638	0.12760084	0.00236281	0.00034593
<i>3KA_best</i>	0.03388684	0.02952971	0.00248716	0.00567985	0.00009889
<i>4KA_best</i>	0.04093581	0.00091438	0.07561601	0.00092781	0.00017507
<i>3KA_random</i>	0.00012191	0.00009642	0.00181066	0.00270396	0
<i>4KA_random</i>	0.00010486	0.00036671	0.00233774	0.00503526	0

Чем меньше показатель дисперсии, тем лучше, т.е. алгоритм с меньшей вероятностью получит результат, сильно отличающийся от эффективного и будет более стабильно работать. Синим цветом в таблице выделены наименьшие показатели дисперсии.

Как видно из таблицы 2, стратегия перераспределения ресурсов со случайной генерацией индивидов (*3KA_random*, *4KA_random*), показывает в большинстве случаев лучшие результаты дисперсии и совпадает с показателями того, что данная стратегия показывает лучшее значение оптимума (Таблица 1).

Необходимо также определить, относятся ли полученные выборки к одной генеральной совокупности. Если да, то разницы, какой алгоритм применять, нет, однако, если полученные данные не будут относиться к одной генеральной совокупности, то методы будут значимо отличаться друг от друга.

Для этого был использован критерий Уилкоксона – критерий принадлежности к одной генеральной совокупности [7]. Он является непараметрическим критерием, поэтому, не требует наличия нормального распределения сравниваемых совокупностей.

Рассчитывается значение показателя p . Если расчетное (эмпирическое) значение p меньше установленного уровня статистической значимости 0.05 или равно ему, то признается статистическая значимость различий показателя (принимается альтернативная гипотеза). Достоверность различий тем выше, чем меньше значение p [7].

Результаты при уровне значимости 0.05 критерия Уилкоксона приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение среднего значения оптимума функций по критерию Уилкоксона при уровне значимости 0.05

Функции	Стратегии	<i>3KA_random</i>	<i>4KA_random</i>	<i>3KA_best</i>	<i>4KA_best</i>	<i>3KA_bad</i>	<i>4KA_bad</i>
Шаффера	<i>3KA_random</i>	-	0.375	0.000	0.000	0.000	0.000
	<i>4KA_random</i>	0.372	-	0.000	0.000	0.000	0.000
	<i>3KA_best</i>	0.000	0.000	-	0.071	0.557	0.262
	<i>4KA_best</i>	0.000	0.000	0.071	-	0.047	0.557
	<i>3KA_bad</i>	0.000	0.000	0.557	0.047	-	0.221
	<i>4KA_bad</i>	0.000	0.000	0.262	0.557	0.221	-
Матьяса	<i>3KA_random</i>	-	0.370	0.000	0.000	0.001	0.000
	<i>4KA_random</i>	0.370	-	0.000	0.002	0.117	0.006
	<i>3KA_best</i>	0.000	0.000	-	0.360	0.139	0.221
	<i>4KA_best</i>	0.000	0.002	0.360	-	0.049	0.599
	<i>3KA_bad</i>	0.000	0.011	0.013	0.049	-	0.102
	<i>4KA_bad</i>	0.000	0.000	0.221	0.599	0.102	-
Леви	<i>3KA_random</i>	-	0.530	0.530	0.845	0.115	0.143
	<i>4KA_random</i>	0.530	-	0.360	0.861	0.152	0.530
	<i>3KA_best</i>	0.530	0.360	-	0.465	0.530	0.143
	<i>4KA_best</i>	0.845	0.861	0.465	-	0.765	0.530
	<i>3KA_bad</i>	0.115	0.152	0.530	0.765	-	0.861
	<i>4KA_bad</i>	0.143	0.530	0.143	0.530	0.861	-
Букина	<i>3KA_random</i>	-	0.030	0.042	0.566	0.028	0.042
	<i>4KA_random</i>	0.030	-	0.013	0.566	0.004	0.028
	<i>3KA_best</i>	0.042	0.013	-	0.706	0.614	0.042
	<i>4KA_best</i>	0.566	0.566	0.706	-	0.566	0.566
	<i>3KA_bad</i>	0.028	0.004	0.614	0.566	-	0.028
	<i>4KA_bad</i>	0.042	0.028	0.042	0.566	0.028	-
Эллиптический параболоид	<i>3KA_random</i>	-	0.194	0.000	0.000	0.000	0.000
	<i>4KA_random</i>	0.194	-	0.001	0.000	0.000	0.000
	<i>3KA_best</i>	0.000	0.001	-	0.257	0.625	0.946
	<i>4KA_best</i>	0.000	0.000	0.257	-	0.143	0.706
	<i>3KA_bad</i>	0.000	0.000	0.625	0.143	-	0.639
	<i>4KA_bad</i>	0.000	0.000	0.942	0.706	0.639	-
		<i>3KA_random</i>	<i>4KA_random</i>	<i>3KA_best</i>	<i>4KA_best</i>	<i>3KA_bad</i>	<i>4KA_bad</i>

В таблице 3 цветом выделены значения, между которыми наблюдаются значимые различия.

Из данной таблицы видно, что согласно критерию Уилкоксона на функциях Шаффера, Матьяса и Эллиптический параболоид стратегия перераспределения ресурсов со случайной генерацией индивидов (*3KA_random*, *4KA_random*) значимо отличается от других двух стратегий. При этом, не имеет значения включать 3 или 4 ГА в схему коэволюции с данной стратегией. Все остальные стратегии на этой функции почти во всех случаях без значимых отличий между собой.

На функции Леви все три исследуемые стратегии без значимых отличий между собой согласно используемому критерию. Но дисперсия результатов у данной функции меньше всего на стратегии со случайной генерацией индивидов (*3KA_random*).

На функции Букина стратегия перераспределения ресурсов, основанная на увеличении победившей подпопуляции на лучших индивидов (*4KA_best*) и показывающая лучшее значение оптимума (0.00929574) на данной функции, не значимо отличается от других

стратегий. Но дисперсия результатов у функции Букина меньше на данной стратегии. Стоит отметить, что, если брать во внимание стратегию со следующим лучшим значением оптимума (0.01478643), а именно *4KA_bad*, то она значимо отличается от остальных стратегий, но не имеет различий с вышеупомянутой стратегией *4KA_best*. Отсюда следует, что на тестовой функции Букина рекомендуется использовать стратегию *4KA_bad* с четырьмя алгоритмами в составе коэволюции.

Заключение

В ходе выполнения данной работы было реализовано 3 стратегии перераспределения ресурсов в коэволюционном алгоритме решения сложных задач оптимизации. Была исследована эффективность предложенных стратегий на пяти тестовых функциях, а именно было найдено среднее значение оптимума на каждой из функций, посчитана дисперсия полученных результатов и использован непараметрический критерий Уилкоксона для проверки статистической значимости.

В дальнейшем планируется реализовать коэволюционный алгоритм с применением методов самоконфигурации индивидуальных алгоритмов, добавленных в схему КА. Данные методы в совокупности с коэволюцией могут позволить более точно настраивать параметры алгоритма.

Список литературы

1. Аббасов М.Э. Методы оптимизации: учеб. пособие. СПб.: Изд-во “ВВМ”, 2014. – 64 с.
2. Жукова М.Н. Коэволюционный алгоритм решения сложных задач оптимизации: Автореф. дис. канд. тех. наук. – Красноярск, 2004 – 20 с.
3. Зинченко Л.А., Сорокин С.Н. Коэволюция в методах вычислительного интеллекта. МГТУ им. Н. Э. Баумана – Москва. Институт инновационных систем и технологий – Москва, 2010. – 8 с.
4. Семенкин Е.С., Жукова М.Н., Жуков В.Г., Панфилов И.А., Тынченко В.В. Эволюционные методы моделирования и оптимизации сложных систем. Конспект лекций; Федеральное Агентство По Образованию, Сибирский Федеральный Университет. – Красноярск, 2007. – 305 с.
5. Кораблева А.А. Коэволюционный алгоритм решения сложных задач оптимизации. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. – 61 с.
6. Википедия: сайт / Тестовые функции для оптимизации. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Тестовые_функции_для_оптимизации (дата обращения 20.9.2021)
7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Издание девятое, стереотипное. 2003. – 474 с.

05.13.01

С.А. Королева, А.С. Полякова канд. техн. наук, Л.В. Липинский канд. техн. наук

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра системного анализа и исследования операций,
Красноярск, svetlanaevseewa@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЛЛЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ

Исследуется эффективность применения коллективных методов принятия решений при обработке текстовых данных разными способами векторизации для задачи классификации.

Ключевые слова: *мешок слов, TF-IDF, N-grams, бэггинг, стекинг.*

Введение

Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) – общее направление искусственного интеллекта и математической лингвистики. Оно изучает проблемы компьютерного анализа и синтеза естественных языков. Применительно к искусственному интеллекту, анализ означает понимание языка, а синтез – генерацию грамотного текста. Решение этих проблем будет означать создание более удобной формы взаимодействия компьютера и человека[1].

С помощью машинного обучения на основе анализа больших массивов реальных текстов выявляются зависимости и закономерности, которые используются при построении моделей, например, нейронных сетей. Решаются задачи классификации, кластеризации и др.

Текстовые данные обычно представлены в виде строк, состоящих из символов. Во всех приведенных примерах длина текстовых данных будет разной[2]. Текстовая информация сильно отличается от непрерывных и категориальных признаков, их необходимо векторизовать, прежде чем применять к ним алгоритмы машинного обучения.

Процесс конвертации текста в числа называется векторизацией. После предобработки данных (нормализация, токенизация, лемматизации и д.т.) текст необходимо представить в числовом виде, то есть закодировать текстовые данные в виде чисел, которые в дальнейшем могут использоваться в алгоритмах.

Существует огромное множество способов векторизации данных и зачастую неочевидно какой именно из них лучше подходит для задачи, в этом случае имеет смысл применять коллективные методы принятия решений.

Коллективные методы принятия решений (коллективы) представляют собой набор обучающих процедур, которые некоторым образом объединяют решения базовых методов (агентов) для получения лучшего результата[3,4].

В настоящее время коллективные методы принятия решений являются

одним из основных направлений исследований в машинном обучении [3,4], это связано с появлением быстрых, мощных компьютеров и сетей рабочих станций при относительно низкой стоимости, что позволило реализовывать сложные коллективные методы и проводить исследования с помощью готовых компьютерных платформ.

Теоретический анализ

Большинство математических моделей работают в векторных пространствах больших размерностей, поэтому необходимо отобразить текст в векторном пространстве (векторизовать).

Bag of words. Один из самых простых, но эффективных и широко используемых способов подготовки текста для машинного обучения – это представление текстовой информации в виде «мешка слов» (bag of words). Получение представления «мешок слов» включает следующие три этапа:

1. Токенизация (tokenization).
2. Построение словаря (vocabulary building). [5].
3. Создание разреженной матрицы (sparse matrix encoding).

Важно отметить, что порядок слов в исходной строке абсолютно не имеет никакого значения для представления признаков «мешок слов».

N-граммы. Один из главных недостатков представления «мешок слов» заключается в полном игнорировании порядка слов. Существует способ, позволяющий учитывать контекст при использовании представления «мешок слов», фиксируя не только частоты одиночных токенов, но и пары, тройки токенов, которые появляются рядом друг с другом.

TF-IDF. Следующий подход вместо исключения несущественных признаков пытается масштабировать признаки в зависимости от степени их информативности.

Одним из наиболее распространенных способов такого масштабирования является метод частота термина-обратная частота документа (term frequency-inverse document frequency, TF-IDF)[5].

TF-IDF состоит из двух компонент: Term Frequency (TF, частота слова) и Inverse Document Frequency (IDF, обратная частота документа)[5].

TF считается как отношение встречаемости слов к общему числу слов в документе. Таким образом, оценивается важность слова t_i в пределах отдельного документа:

$$tf(t, d) = \frac{n_t}{\sum_k n_k},$$

где n_t есть число вхождений слова t в документ, а в знаменателе – общее число слов в данном документе.

IDF – инверсия частоты, с которой некоторое слово встречается в документах коллекции. Учёт IDF уменьшает вес широкоупотребительных слов. Для каждого уникального слова в пределах конкретной коллекции документов существует только одно значение IDF:

$$idf(t, D) = \log \frac{|D|}{|\{d_i \in D | t \in d_i\}|},$$

где $|D|$ – число документов в коллекции, $|\{d_i \in D | t \in d_i\}|$ – число документов из коллекции D , в которых встречается t (когда $n_t \neq 0$).

Выбор основания логарифма в формуле не имеет значения, поскольку изменение основания приводит к изменению веса каждого слова на постоянный множитель, что не влияет на соотношение весов.

Таким образом, мера TF-IDF является произведением двух сомножителей:

$$tf - idf(t, d, D) = tf(t, d) * idf(t, D).$$

Большой вес в TF-IDF получают слова с высокой частотой в пределах конкретного документа и с низкой частотой употреблений в других документах.

Коллективные методы принятия решений. Каждый из методов векторизации использует свой подход и имеет различные области применения, в зависимости от языка, на котором написан текст, от длин строк и т.д. При комбинировании моделей, недостатки одних агентов компенсируются преимуществами других, а из этого следует расширение пространства гипотез относительно структуры данных для получения наиболее точного результата[5].

Бэггинг. «Bootstrap aggregating», или сокращенно «bagging» в переводе с английского означает объединение результатов при различных входных данных.

Основная идея бэггинга состоит в том, что все базовые агенты коллектива обучаются на случайных подвыборках сформированных методов бутстрэпа [6]. Бутстрэп – этот статистический метод, который заключается в генерации подвыборок с повторением размера B из обучающей выборки размера N .

Общая схема бэггинга представлена на рисунке 1.



Рис.1 – Схема бэггинга

Главным преимуществом бэггинга является то, что точность вывода коллективного метода принятия решения выше точности его отдельных базовых агентов [6]. Это достигается за счет усреднения разброса предсказаний базовых агентов.

Недостатком бэггинга является то, что улучшение точности предсказаний коллектива имеет слабую математическую обоснованность, а также недетерминированность результата из-за бутстрэп выборок.

Стекинг. Стековое обобщение (stacked generalization), или просто стекинг (stacking) – метод построения коллектива, основная идея которого заключается в объединении нескольких слабых участников и обучении с помощью них мета-алгоритма обучения [6].

Схема формирования коллектива методов стекинга представлена на рисунке 2.



Рис. 2 – Схема стекинга

Стекинг самый простой с точки зрения понимания и реализации метод формирования коллективов, к его преимуществам можно отнести, что в качестве базовых агентов можно использовать алгоритмы обучения разной природы.

Недостатком стекига является точность прогнозирования, в некоторых случаях она ниже чем у других методов формирования коллективов.

Методы принятия решения в коллективе. Рассмотрим задачу классификации. Пусть P – это количество классов, тогда $y = \{1, 2, \dots, P\}$ и пусть D – это количество классификаторов, тогда f_1, f_2, \dots, f_d :

$$f_d: X \rightarrow Y, f_d \in F, d = 1, 2, \dots, D.$$

Для принятия решения в коллективе наиболее часто применяются следующие методы:

1. Равноправное голосование или голосование большинством (M_V):

$$f(x) = \arg \max_{g=1, \dots, G} \sum_{d=1}^D I(f_d(x) = g);$$

2. Взвешенное голосование (W_V):

$$f(x) = \arg \max_{g=1, \dots, G} \sum_{d=1}^D \alpha_d(x) \cdot I(f_d(x) = g),$$

где α_d весовые коэффициенты, обладающие свойствами:

$$\alpha_d(x) \geq 0, \sum_{d=1}^D \alpha_d(x) = 1 [7].$$

В данной работе реализованы 3 способа принятия решений в коллективе: голосование большинством, взвешенное голосование и мета-алгоритм нейронная сеть.

Методика

В данной работе, перед тем как к текстовым данным были применены методы векторизации они были предобработаны, а именно: из них были удалены все знаки пунктуации, понижен регистр до строчного, слова приведены к начальной форме.

Также в данной работе была реализована процедура формирования коллектива методом бэггинга, стекинга и исследуется эффективность ее применения при решении задач классификации.

Процедура бэггинга реализуется по следующему алгоритму:

1. Данные векторизуются 3 способами;
2. Векторизованные данные разбивается на тестовые и обучающие выборки;
3. Из обучающих выборок, полученных из текстовых данных 3 способами векторизации, формируются подвыборки;
4. Проводится обучение нейронных сетей, которые используются в качестве базовых агентов;
5. Считается точность классификации базовых методов по обучающей выборке;
6. Базовыми методами проводится классификация тестовой выборки и формируется вывод в виде списков классов, предсказанных каждым базовым методом;
7. Формируются коллективы:
 - a. Голосования большинством;
 - b. Взвешенного голосования;
8. Коллективы принимают решения и считаются точности их классификаций.

Алгоритм процедуры формирования стекинга:

1. Выборка разбивается на тестовую, обучающую;
2. Проводится обучение нейронных сетей на данных, векторизованных 3 способами;
3. Считается точность классификации агентов по обучающей выборке;
4. Агентами проводится классификация по тестовой выборке и формируется вывод в виде списков классов, предсказанных каждым методом;
5. Формируются коллектив, принимающий решение, с помощью мета- алгоритм нейронные сети;
6. Коллективы принимает решение и считаются точность его классификации.

В качестве меры точности классификации используется F-мера представляет собой гармоническое среднее между точностью и полнотой.

Экспериментальная часть

Для исследований эффективность алгоритмов были выбраны 3 задачи классификации.

Задача 1 «Отзывы на товар в интернет магазине». Набор данных состоял из 300 экземпляров, отзывы были на русском языке. При решении задачи было необходимо определить положительный отзыв или отрицательный.

Задача 2 «Tripadvisor_hotel_reviews». При решении этой задачи было необходимо отнести отзыв об отеле на сайте TripAdvisor к положительному или отрицательному. Набор состоял из отзывов и оценок, включал в себя 20491 экземпляров[8] (для тестирования в данной работе использовалось 1500). Этот набор размещен в открытом доступе на kaggle.com.

Задача 3 «Tweet_emotions». Это набор данных Twitter для анализа настроений на. Задача состоит в том, чтобы оценить тональность сообщения, в этом наборе данных есть 2 класса: положительный, отрицательный. Набор состоял из 39000 (в работе использовалось 3000). Этот набор размещен в открытом доступе на kaggle.com.

Для достоверности результатов каждая задача была решена 30 раз и значения точности были усреднены. Результаты работы алгоритмов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты решения задач

	Bag	tf-idf	N-grm	M_V	W_V	NS
Задача 1	0.910	0.880	0.760	0.915	0.915	0.925
Задача 2	0.891	0.892	0.847	0.886	0.886	0.884
Задача 3	0.812	0.810	0.801	0.827	0.827	0.826

В таблице в столбцах Bag, tf-idf, N-grm указаны точности решения задач на данных, векторизованных с помощью мешка слов, метода TF-IDF и N-граммов соответственно. В остальных столбцах указаны точности классификации, полученные коллективами, сформированными методами бэггинга, принимающими решение голосованием большинством M_V и взвешенным голосованием W_V , методом стекинга с мета-алгоритмом нейронной сетью NS.

Для формирования более точных выводов была по критерию Вилкоксона исследована значимость различий точности. Результаты исследований представлены в таблице 2. Если значение по выборке меньше уровня значимости 0.05, то выборки не принадлежат к 1 генеральной совокупности, то есть различия между результатами статистически значимы.

Таблица 2 – Сравнение точностей решений задач по критерию Вилкоксона

		Bag	tf-idf	N-grm	M_V	W_V	NS
Задача 1	Bag	-	0.056	0.000	0.485	0.485	0,798
	tf-idf	0.056	-	0.000	0.000	0.000	0.001
	N-grm	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
	M_V	0.485	0.000	0.000	-	-	0.309
	W_V	0.485	0.000	0.000	-	-	0.309
	NS	0.798	0.001	0.000	0.309	0.309	-
Задача 2	Bag	-	0.707	0.000	0.181	0.181	0.258
	tf-idf	0.707	-	0.000	0.420	0.420	0.249
	N-grm	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
	M_V	0.181	0.420	0.000	-	-	0.696
	W_V	0.181	0.420	0.000	-	-	0.696
	NS	0.258	0.249	0.000	0.696	0.696	-
Задача 3	Bag	-	0.475	0.005	0.000	0.000	0.008
	tf-idf	0.475	-	0.006	0.000	0.000	0.001
	N-grm	0.005	0.006	-	0.000	0.000	0.000
	M_V	0.000	0.000	0.000	-	-	0.627
	W_V	0.000	0.000	0.000	-	-	0.627
	NS	0.008	0.001	0.000	0.627	0.627	-

В таблице 2 серым цветом выделены значения различия, между которыми значимы.

Из таблиц, представленных выше видно, что нейронная сеть, обученная на данных, полученных способом мешка слов дает лучший результат среди базовых агентов во всех случаях, а модель, обученная на выборке сформированной методом N-грамм хуже остальных. Важно отметить, что результаты модели, обученной на данных, векторизованных методом tf-idf статистически не значимо отличаются от результатов нейронной сети с векторами из мешка слов во всех случаях и из этого следует, что точность этих моделей в среднем одинаковая.

Относительно коллективных методов принятия решений можно отметить, что коллективы, сформированные методом бэггинга дают одинаковый результат, так как используется всего 3 базовых агента. Также очевидно, что во всех случаях разница в результатах коллективов статистически незначима. Из этого можно сделать вывод, что что точность этих моделей в среднем одинаковая.

В большинстве случаев коллективы дают результат не хуже, чем лучший из базовых агентов, а в 1 из задач они превосходят в точности другие модели.

Заключение

В ходе выполнения данной работы были реализованы 3 способа векторизации текстов и 3 способа формирования коллективов. Исследована эффективность применения коллективных методов принятия решения при работе с текстовыми данными, векторизованным и разными способами, также проведен статистический анализ.

В дальнейшем планируется исследование эффективности применения коллективов, сформированных методом стекинга с другими мета-алгоритмами, также применение других способов векторизации, основанных на нейронных сетях.

Список литературы

1. *Pennington J., Socher R., Manning C.D.* Global Vectors for Word Representation, Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), 2014, pp. 1532-1544;
2. *Плас Джейк Вандер* Python для сложных задач. Наука о данных и машинное обучение. Руководство / Плас Джейк Вандер. - М.: Питер, 2018. - 759 с.;
3. *Домингос П.* Верховный алгоритм. Как машинное обучение изменит наш мир / П. Домингос. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. - 656 с.;
4. *Hull D.A.* Stemming algorithms: a case study for detailed evaluation // Journal of the American Society for Information Science. 1996. – Vol. 47, №1. – p. 70-84
5. *Benamara F., Taboada M., Mathieu Y.* Evaluative language beyond bags of words: linguistic insights and computational applications // computational linguistics. - 2017. - vol. 43, iss. 1. - P. 201-264;
6. *Кашицкий Ю.С., Игнатов Д.И.* Ансамблевый метод машинного обучения, основанный на рекомендации классификаторов // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. 2015. Т. 19. № 4. С. 37–55;
7. *Юдин Д.Б.* Вычислительные методы теории принятия решений / Д.Б. Юдин. - М.: КД Либроком, 2014. - 320 с.;
8. *Алам М.Х., Рю В.-Дж., Ли С.* Совместное многоплановое отношение к теме: моделирование семантических аспектов для онлайн-обзоров. Информационные науки 339, 2006, С. 206–223.

05.13.01

Г.В. Меркишин, Б.М. Породин

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), институт №4 «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информационная безопасность», кафедра «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование», Москва, vinmax98@gmail.com

РАЗЛОЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРЯМОЙ НА МАТРИЦЕ КВАДРАТНЫХ ОКОН

В работе рассматривается алгоритм описания пространственного положения прямой на основе разложения ее изображения на матрице из двух апертур фотоприемников.

Ключевые слова: *система, матрица, прямая, квадрат, область, окно.*

В ряде задач при выборе структуры информационной системы определяющим фактором является ее быстродействие, что требует ограничения числа каналов приема с одновременным увеличением их апертуры и использования совместной обработки сигналов, принимаемых в нескольких пространственно разнесенных каналах [1]. В этом плане актуальным является разработка нового направления в оптико-электронных информационных системах – систем формирования информативной структуры наблюдаемого объекта на базе нового вида разложения изображений (разложение изображения на матрице квадратных окон) [2,3].

В данной работе рассмотрен алгоритм описания пространственного положения прямой на основе разложения ее изображения на матрице из двух квадратных окон (апертур фотоприемников).

Обозначим через M множество всех прямых в плоскости xu , проходящих через два разнесенных квадрата равных размеров Δ , стороны которых параллельны координатным осям. Положение квадратов будем характеризовать минимальными значениями $|x|$ и $|y|$ на их апертуре (рис. 1). Обозначения фотоприемников выбираем на основе неравенства $y_1 > y_2$, (рис. 1). По взаимному расположению ФП1 и ФП2 в множестве M будем рассматривать четыре класса (K1 - K4) :

$$K1 \subset M[x_2 > x_1 + \Delta, (y_1 - y_2) > (x_2 - x_1)] \quad (1)$$

$$K2 \subset M[x_2 > x_1 + \Delta, (y_1 - y_2) < (x_2 - x_1), y_2 + \Delta < y_1] \quad (2)$$

$$K3 \subset M[x_2 + \Delta < x_1, (y_1 - y_2) > (x_1 - x_2)] \quad (3)$$

$$K4 \subset M[x_2 + \Delta < x_1, (y_1 - y_2) > (x_1 - x_2), y_2 + \Delta < y_1] \quad (4)$$

Не ограничивая общность анализа будем предполагать, что проекция \vec{l}_x вектора освещенности $\vec{l} \perp ld$ на ось x совпадает с направлением оси x , т.е. $\vec{l}_x = k \vec{i}_x$, где $k > 0$, \vec{i}_x — орт (единичный вектор) оси x . Обозначим через S_i ($i = 1, 2$) величину засвеченной площади в i -м окне. Максимальное значение $S_{i \max} = \Delta^2$.

Ортогональными преобразованиями классы K2 ÷ K4 могут быть приведены к классу K1:

$$r^{(oy)} \cdot q^{(90)}(K2) = K1 \quad (5)$$

$$r^{(oy)}(K3) = K1 \quad (6)$$

$$q^{(90)}(K4) = K1 \quad (3)$$

где $r^{(oy)}$ — отражение в прямой oy ;

$q^{(90)}$ — поворот системы координат на 90° по часовой стрелке.

При этом надо изменить значения сигналов в фотоприемниках ФП1 и ФП2 в соответствии с равенствами (3.1) и (3.2)

$$S_i^{(r)} = \Delta^2 - S_i^0 \quad (8)$$

$$S_i^{(q)} = S_i^0 \quad (9)$$

S_i^0 – сигнал в i – м фотоприемнике преобразуемого класса;

$S_i^{(r)}$ - сигнал в i – м фотоприемнике после операции отражения преобразуемого класса;

$S_i^{(a)}$ - сигнал в i – м фотоприемнике после поворота на 90° системы координат преобразуемого класса. КЛАСС $K1$.

Рассмотрим множество прямых ld в классе $K1$. Введем следующие обозначения. Если прямая ld совместно с границами A_iB_i и A_iD_i ($i = 1, 2$ – рис. 1) окна $\Phi\Pi_i$ образует на его апертуре треугольник (G) с прямым углом в точке A , то этот факт отобразим символом A , если сторонами треугольника являются прямые ld, B_iC_i и C_iD_i , то – символом C . Таким образом взаимное положение прямой ld и окон $\Phi\Pi_1$ и $\Phi\Pi_2$, изображенное на рис. 1, можно записать сочетанием двух символов (A, A), где первый символ будем относить к $\Phi\Pi_1$, второй – к $\Phi\Pi_2$.

Если прямая ld и границы A_iD_i, A_iB_i, B_iC_i окна $\Phi\Pi_i$ образуют трапецию (P) с прямыми углами в точках A_i, B_i , то будем использовать символ AB .

Определим количество областей существования различных сочетаний символов в плоскости S_1S_2 . В соответствии с принятым выше описанием класса $K1$ точки B_2D_2 расположены внутри угла, образованного продолжением отрезков B_1D_1 и C_1D_1 (рис. 2). При движении прямой ld по апертуре $\Phi\Pi$ точки B, D разделяют области существования сочетаний символов. По пересекаемым сторонам квадрата в окне $\Phi\Pi_2$ имеется четыре варианта прямых ld :

$ld_{C_2D_2}^{A_2B_2}, ld_{A_2D_2}^{A_2B_2}, ld_{A_2D_2}^{B_2C_2}, ld_{C_2D_2}^{B_2C_2}$, где символы в обозначении прямых ld имеют смысл пересекаемых сторон квадрата. Рассматривая различные положения прямых ld относительно точек B_1, D_1 , можно выделить следующие сочетания символов:

$$ld_{C_2D_2}^{A_2B_2} : (A, AD).$$

$$ld_{A_2D_2}^{A_2B_2} : (A, A), (AB, A), (C, A).$$

$$ld_{A_2D_2}^{B_2C_2} : (A, AB), (AB, AB), (C, AB).$$

$$ld_{C_2D_2}^{B_2C_2} : (AD, C), (A, C), (AB, C), (C, C).$$

Из многообразия сочетаний выделим семь основных (A, C), (A, AD), (A, A), (A, AB), (AB, A), (AB, AB), (C, A), к которым остальные могут быть приведены ортогональными преобразованиями:

$$(AB, C) = q^{(180)}(A, AB) \tag{10}$$

$$(C, C) = q^{(180)}(A, A) \tag{11}$$

$$(C, AB) = q^{(180)}(AB, A) \tag{12}$$

$$(AD, C) = q^{(180)}(A, AD) \tag{13}$$

В координатах (S_1, S_2) определим области существования Λ сочетаний символов, что позволит по измеренным значениям S_1, S_2 приближенно оценить положение прямой ld . Обозначим границы указанных областей через $L_{x,y}^{z_i}$, где z_i – общий символ сочетаний (которые, следовательно, имеют общую границу областей сосуществования), относящийся к i – му окну; x, y – отличающиеся символы граничащих сочетаний; исходя из определения:

$$L_{x,y}^{z_i} = L_{y,x}^{z_i} \tag{14}$$

Например, контур $L_{C,AD}^{A_1}$ представляет границу существования сочетаний (A, C) и (A, AD) и образуется при вращении прямой ld вокруг точки B_2 , разделяющей $\Lambda(A, C)$ и $\Lambda(A, AD)$ от точки A_1 до точки D_2 , что обозначим как $ld_{A_1}^{D_2}(B_2)$:

$$L_{C,AD}^{A_1} = \Lambda(A, C) \cap \Lambda(A, AD) \tag{15}$$

$$ld_{A_1}^{D_2}(B_2) \rightarrow L_{C,AD}^{A_1} \tag{16}$$

Раскроем содержание элементов общего контура L , являющегося границей для всех возможных Λ в классе $K1$:

$$L = \cup_{K1} L_{x,y}^{z_i} \tag{17}$$

Из геометрических соотношений можно записать элементы контура в виде функции $S_2(S_1)$.

Например, для $L_{C,AD}^{A1}$:

$$S_2(S_1) = -\frac{\Delta^2}{2l_x^2}(S_1 + \sqrt{S_1^2 + 2l_x(l_y - \Delta)S_1}) + (1 - \frac{l_y - \Delta}{2l_x})\Delta^2 \tag{18}$$

$$0 \leq S_1 \leq S_{1B2D2}^{A1B1} \tag{19}$$

где $l_x = x_2 - x_1$; $l_y = y_1 - y_2$; $(S_i)_{M,N}^{FH}$ обозначает засвеченную в окне ФПи площадь, когда прямая ld проходит через точки М и N и пересекает отрезок FH.

Представим функции $L_{X,Y}^{Zi}(S_1)$ в обобщенном виде:

$$L_{A,AB}^{G2} = v_1 S_1 + \frac{v_2}{S_1} + v_3 \tag{20}$$

$$L_{C,AB}^{G2} = v_1(\Delta^2 - S_1) + \frac{v_2}{\Delta^2 - S_1} + v_3 \tag{21}$$

$$L_{G,P}^{AB1} = t_1 S_1 + t_2; \tag{22}$$

$$L_{G,P}^{A1} = w_1(S_1 \pm \sqrt{S_1^2 \pm w_2 S_1}) + w_3 \tag{23}$$

где знак «+» соответствует $P \sim AD$, знак «-» при $P \sim AB$.

Коэффициенты v, t, w для различных $L_{X,Y}^{Zi}$:

Таблица 1 – Коэффициент w

	$L_{C,AD}^{A1}: ld(B_2)$ $0 \leq S_1 \leq (S_1)_{B2D2}^{A1B1}$	$L_{AD,A}^{A1}: ld(D_2)$ $0 \leq S_1 \leq (S_1)_{B2D2}^{A1B1}$	$L_{A,AB}^{A1}: ld(B_2)$ $0 \leq S_1 \leq (S_1)_{B1B2}^{A2D2}$
w_1	$-\frac{\Delta^2}{2l_x^2}$	$\frac{\Delta^2}{2(l_x + \Delta)^2}$	$\frac{\Delta^2}{2(l_y - \Delta)^2}$
w_2	$2l_x(l_y - \Delta)$	$2l_y(l_x + \Delta)$	$2l_x(l_y - \Delta)$
w_3	$(1 - \frac{l_y - \Delta}{2l_x})\Delta^2$	$\frac{l_y}{2(l_x + \Delta)}\Delta^2$	$\frac{l_x}{2(l_y - \Delta)}\Delta^2$

Таблица 2 – Коэффициент t

	$L_{A,AB}^{AB1}: ld(B_2)$ $(S_1)_{B2B1}^{A1D1} \leq S_1 \leq (S_1)_{B2D1}^{A2D2}$	$L_{C,AB}^{AB1}: ld(D_2)$ $(S_1)_{B1D2}^{B2C2} \leq S_1 \leq (S_1)_{D1D2}^{B2C2}$
t_1	$-\frac{\Delta}{2l_y - \Delta}$	$\frac{\Delta}{2l_y + \Delta}$
t_2	$\frac{\Delta^2 l_x}{2l_y - \Delta}$	$\frac{\Delta^2(2l_y - l_x)}{2l_y + \Delta}$

Таблица 3 – Коэффициент v

	$L_{A,AB}^{A2}: ld(B_1)$ $(S_1)_{B1A2}^{A1D1} \leq S_1 \leq (S_1)_{B1B2}^{A2D2}$	$L_{C,AB}^{A2}: ld(D_1)$ $(S_1)_{D1B2}^{A2D2} \leq S_1 \leq (S_1)_{D1A2}^{B1C1}$	$L_{AB,C}^{C2}: ld(D_1)$ $\max\{(S_1)_{D1C2}^{B1C1}, (S_1)_{D1B1}^{C2D2}\} \leq S_1 \leq (S_1)_{D1D2}^{B1C1}$	$L_{AB,A}^{C2}: ld(B_1)$ $(S_1)_{B1D2}^{A1D1} \leq S_1 \leq \min\{(S_1)_{B1D1}^{C2D2}, (S_1)_{B1C2}^{A1D1}\}$
v_1	$\frac{(l_y + \Delta)^2}{\Delta^2}$	$\frac{l_y^2}{\Delta^2}$	$-\frac{(l_y - \Delta)^2}{\Delta^2}$	$-\frac{l_y^2}{\Delta^2}$
v_2	$\frac{l_x^2 \Delta^2}{4}$	$\frac{(l_x - \Delta)^2 \Delta^2}{4}$	$-\frac{l_x^2 \Delta^2}{4}$	$-\frac{(l_x + \Delta)^2 \Delta^2}{4}$
v_3	$-(l_y + \Delta)l_x$	$-l_y(l_x - \Delta)$	$\Delta^2 + l_x(l_y - \Delta)$	$\Delta^2 + l_y(l_x + \Delta)$

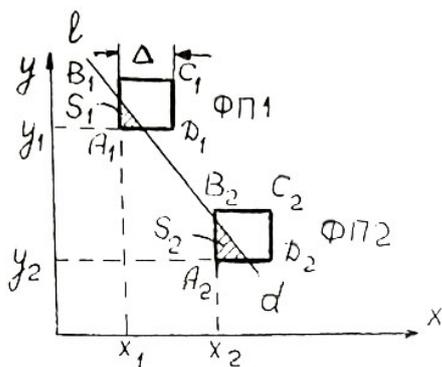


Рис. 1 – Положение прямой линии на разнесенных квадратах

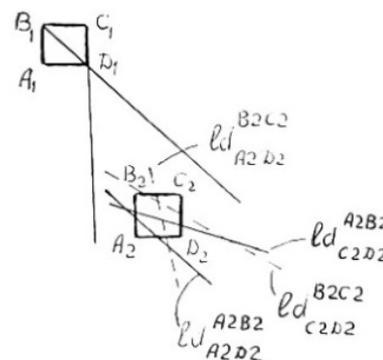


Рис. 2 – Множество прямых ld в классе К1

Список литературы

1. *Елизаветина С.И., Виноградов М.С.*, «Оценка эффективности автоматического обнаружения кильватерных следов надводных судов на радиолокационных изображениях»; Сборник тезисов работ XLVII Международной молодежной научной конференции, Москва: Издательство "Перо", 2021. – С. 533-534.
2. *Меркишин Г.В.* Системы наблюдения: новые принципы построения. – М.; Радиотехника, 2010. – 160 с., ил.
3. *Ясенцев Д.А., Елизаветина С.И.* «Автоматическое обнаружение кильватерных следов надводных судов на радиолокационных изображениях» Тезисы 19-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика», Москва,; Издательство "Перо", 2020. – С. 362-363.

05.13.01

¹Н.А. Неустроев, ²И.М. Кузьмина, ³М.А. Иванова канд. физ.-мат. наук¹ООО «Майтона»,^{2,3}Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Институт математики и информатики,
Якутск, iv_mari@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦЕЛИ АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕНОГРАФИРОВАНИЯ

В работе представлены результаты изучения нескольких моделей долгой краткосрочной памяти и управляемых рекуррентных блоков, решающие задачу предсказания (классификации) следующего элемента текстовой последовательности — печатного знака.

Ключевые слова: *обучение нейронной сети, слои, перекрёстная энтропия, адекватность модели.*

Согласно статьям 24, 37, 39, 71, 130 Регламента Государственной Думы [1] заседания Государственной Думы Российской Федерации подлежат обязательному стенографированию. Большой объем текста, подлежащего стенографированию, определяет задачу частичной автоматизации набора текста. Частичная автоматизация набора текста может применяться в целях стенографирования любых мероприятий, связанных с законодательной деятельностью Государственной Думы.

Цель: разработать модель предсказания следующего символа в тексте, позволяющую автоматизировать набор текста.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы нейронных сетей, явились работы Аггарвала Ч. [2], Элмана Дж.Л. [3], Хопфилда Дж.Дж. [4], Хохрайтера З., Шмидтхубера Ю. [5] и других. В данных источниках подробно рассмотрено понятие и виды рекуррентных нейронных сетей, их структуры и логика работы.

При решении задачи стенографирования в режиме реального времени важно учитывать временную природу языка, а рекуррентные нейронные сети как раз могут учитывать временное изменение естественных языков [4].

Разновидностью рекуррентных нейронных сетей является искусственная нейронная сеть долгой краткосрочной памяти. Классические рекуррентные нейронные сети не могут «помнить» информацию о предыдущем состоянии сети спустя определённое количество итераций. Нейронные сети долгой краткосрочной памяти решают эту проблему при помощи системы вентиля и состояний ячеек [5]. Второй разновидностью глубоких рекуррентных сетей являются управляемые рекуррентные блоки.

Данные представляют собой текстовые файлы в кодировке Unicode. С лингвистической точки зрения — это прямая речь на русском языке, преимущественно в официально-деловом стиле.

Доступ к данным осуществлён с помощью публичного API Государственной Думы [6], позволяющего запрашивать данные из автоматизированной информационной системы «Законопроект». Работа с API осуществляется в соответствии с принципами REST, посредством HTTP-запросов с использованием методов GET. Запрошенные данные возвращаются в форматах XML, JSON или RSS. Для целей исследования был использован формат JSON.

Использованы расшифровки выступлений депутатов VII созыва. Вместе с тем, в случае если депутат заседал в Государственной Думе прежних созывов, то эти выступления также были включены в набор данных.

Пример ответа на запрос:

"ВОЛОДИН В. В., Председатель Государственной Думы, фракция \"ЕДИНАЯ РОССИЯ\". "

" "

"Уважаемые коллеги, мы завершаем работу в этом году. До конца сегодняшнего "

"пленарного заседания нам предстоит рассмотреть 29 законопроектов третьего "

"чтения и 1 законопроект второго чтения - день напряжённый, и, несмотря на то "

"что он у нас завершающий, многое от него зависит. "

Как видно, исходный текст не является готовой к использованию в обучении модели последовательностью. Было решено убрать из текста лишние кавычки и пробелы в начале и в конце каждой строки. Кроме того, были убраны разделяющие одно предложение новые строки. Было решено не использовать информация об имени и фракции депутата в начале стенограммы.

Предобработка состоит из следующих шагов:

1) Отфильтровывание из текста всех цифр, не входящих в русский алфавит букв, отличных от точки и запятой знаков препинания. В результате вокабуляр состоит из 69 знаков.

2) Ограничение набора данных до 2 миллионов элементов.

3) Создание таблиц «знак-индекс» и «индекс-знак», кодирование с помощью текста в последовательности натуральных чисел.

4) Разделение имеющейся последовательности на примеры последовательностей (пары признаковая/целевая последовательность). Каждая новая последовательность будет содержать заданное количество элементов исходной последовательности. Для каждой признаковой последовательности корреспондирующая целевая последовательность содержит такое же количество элементов, но со смещением на один символ вправо (так как поставлена задача предсказания одного следующего знака).

5) Разделение массива последовательностей на пакеты-«батчи» (*batch*) для избегания переполнения оперативной памяти ЭВМ.

Архитектуры нейронных сетей. В целях исследования сравним 4 разных архитектуры нейронной сети. Ко всем моделям применены одинаковые гиперпараметры.

Модель I состоит из трёх слоёв:

1) входной слой, превращающий натуральные числа (в рассматриваемом случае — последовательности закодированных символов) в плотные векторы фиксированного размера;

2) скрытый рекуррентный слой долгой краткосрочной памяти (1024 нейронов);

3) выходной слой.

Модель II состоит из четырёх слоёв:

1) входной слой, превращающий натуральные числа (в рассматриваемом случае — последовательности закодированных символов) в плотные векторы фиксированного размера;

2) первый скрытый рекуррентный слой долгой краткосрочной памяти (512 нейронов);

3) второй скрытый рекуррентный слой долгой краткосрочной памяти (512 нейронов);

4) выходной слой.

Модель III состоит из трёх слоёв:

1) входной слой, превращающий натуральные числа (в рассматриваемом случае — последовательности закодированных символов) в плотные векторы фиксированного размера;

2) скрытый слой управляемых рекуррентных блоков (1024 нейронов);

3) выходной слой.

Модель IV состоит из четырёх слоёв:

1) входной слой, превращающий натуральные числа (в рассматриваемом случае — последовательности закодированных символов) в плотные векторы фиксированного размера;

2) первый скрытый слой управляемых рекуррентных блоков (512 нейронов);

3) второй скрытый слой управляемых рекуррентных блоков (512 нейронов);

4) выходной слой.

Обучение нейронной сети. Применённая функция потерь — перекрёстная энтропия, часто применяемая в задаче многоарной классификации. Возвращаемое функцией потерь значение — это метрика адекватности модели, значения которой понадобятся на этапе оценки работы модели.

Потеря перекрёстной энтропии реализует мультиномиальную логистическую регрессию. В рассматриваемом случае, если $\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_69$ — вероятности 69 классов и r -й класс — истинный, то функция потерь для одиночного примера выглядит следующим образом:

$$\mathcal{L} = -\log(\hat{y}_r)$$

Искусственные нейронные сети обладают большим количеством определяемых заранее свойств, таких, как например, количество эпох или метод инициализации весов, обобщенно называемых гиперпараметрами.

Применённые гиперпараметры:

- 1) Длина последовательности — 200 элементов.
- 2) Размер «батча» — 64.
- 3) Размер буфера, в рамках которого перемешиваются объекты (*shuffle buffer size*, рандомизация порядка объектов в рамках ограниченного буфера позволяет оптимизировать использование оперативной памяти) — 10000.
- 4) Количество нейронов входного слоя — 256.
- 5) Количество скрытых слоёв — 1.
- 6) Метод оптимизации — метод адаптивной оценки моментов (*Adam*).
- 7) Количество нейронов скрытых слоёв — 1024.
- 8) Количество тренировочных эпох — 50.

Инструментарий. Загрузка текста произведена с использованием языка программирования R — специализированного языка статистических исследований, свободно распространяемого по лицензии GNU General Public License 2. При обращении к API Государственной Думы использовалась библиотека *httr*, позволяющая удобно работать с протоколом HTTP в среде R. Для перевода отклика JSON в табличную форму использовалась библиотека *jsonlite*. Также использовались для решения сопутствующих задач инструменты коллекции библиотек *tidyverse*.

Построение модели произведено с помощью языка программирования Python в среде разработки Jupyter Notebook. Для векторизации текста использована библиотека NumPy. Нейронная сеть построена с применением библиотеки TensorFlow.

Адекватность моделей. Количество параметров сетей, среднее время обучения и значения функции потерь представлены в таблице 1.

Таблица 3 – Характеристики моделей

Типы моделей / Характеристики	Количество параметров	Среднее время обучения за эпоху, с	Значение функции потерь
Модель I	4 535 685	588,1	0,3803
Модель II	3 320 709	807,42	0,4981
Модель III	3 423 621	754,34	0,54
Модель IV	2 503 557	217,22	0,5417

В качестве метрики адекватности модели, решающей задачу классификации, следует использовать результат функции перекрёстной энтропии. Наблюдается экспоненциальное падение значения.

В результате обучения модели I достигнуто значение функции потерь равное 0,3803 при 2,9115 на первой эпохе. Учитывая то, что при вероятности истинного значения 0 функция стремится к бесконечности, а при вероятности истинного значения 1 — стремится к нулю, можно считать, что обучение модели I прошло успешнее, чем обучение остальных моделей. Вместе с тем, по сравнению с моделью IV обучение модели I заняло достаточно большое время — 588,1 с против 217,22 с в среднем за одну эпоху.

Интерпретация результатов: Результат отличный, учитывая то, что модель обрабатывает последовательности символов, а не слов. Как видно, модели научились:

- составлять из 69 доступных ей символов слова и словосочетания (иногда даже несуществующие — «высокоронные», «аудержательных»);
- не ставить знаки препинания в середине слов;
- начинать предложения с прописных букв;
- придерживаться официально-делового стиля речи.

С учётом достижения значения функции потерь в диапазоне от 0,3803 до 0,5417 можно сделать общий вывод об адекватности обученных моделей.

В рамках исследования были построены нейросетевые модели долгой краткосрочной памяти и управляемых рекуррентных блоков, решающие задачу предсказания (классификации) следующего элемента текстовой последовательности — печатного знака. Достигнутое минимальное значение функции потерь — функции перекрёстной энтропии — 0,3803 за 50 эпох.

Кроме того, модели научились составлять слова и словосочетания, не ставить знаки препинания в середине слов, придерживаться официально-делового стиля речи.

Это даёт повод считать данные, предоставленные официальным API Государственной Думы Российской Федерации, приемлемыми для решения прикладной задачи создания модели автоматизации стенографирования законодательного процесса.

При сравнении моделей было выяснено, что лучший результат может быть достигнут при использовании архитектуры однослойной сети долгой краткосрочной памяти. Вместе с тем, в ситуации, если необходимо достигнуть приемлемого результата за минимальное время, предпочтительно использование архитектуры двуслойной сети управляемых рекуррентных блоков.

Список литературы

1. Постановление ГД ФС РФ от 22.01.1998 № 2134-П ГД «О Регламенте Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. — 16.02.1998. — № 7. — Ст. 801.
2. *Аггарвал Ч.* Нейронные сети и глубокое обучение: учебный курс. Пер. с англ. — Спб.: ООО «Диалектика», 2020. — 752 с.
3. *Elman J.L.* Finding structure in time // *Cognitive Science*. — 1990. — № 14. — P. 179-211.
4. *Hopfield J.J.* Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // *Proceedings of the national academy of sciences*. — 1982. Vol. 79, №. 8. — P. 2554-2558.
5. *Hochreiter S., Schmidhuber J.* Long short-term memory // *Neural computation*. — 1997. Vol. 9, №. 8. — P. 1735-1780.
6. Документация API официального сайта Государственной Думы. URL: <http://api.duma.gov.ru> (дата обращения: 30.03.2021)

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (05.13.06)

05.13.06

¹А.В. Базан, ²Т.Г. Дмитриева, ³М.К. Охлопкова

¹ВСИ МВД России, преподаватель кафедры огневой подготовки,
Иркутск,

²Арктический государственный агротехнологический университет,

³Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Якутск,

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В современном обществе происходит постоянное развитие и совершенствование транспортной отрасли, благодаря чему растет роль и распространение данной отрасли логистики, представляющей собой услуги по качественной и быстрой доставке грузов. Во многих развитых странах мира наблюдается тенденция к усилению роли подобных услуг. Расширение сферы применения логистики является одной из характерных тенденций современной экономики. Необходимым условием согласованной работы всех звеньев логистической цепи является наличие информационных систем – основы коммуникативной составляющей логистики.

Ключевые слова: *транспортная логистика, доставка грузов.*

Логистическая информационная система – это гибкая структура, состоящая из персонала, производственных объектов, средств вычислительной техники, необходимых справочников, компьютерных программ, различных интерфейсов и процедур (технологий), объединенных связанной информацией, используемой в управлении организацией для планирования, контроля, анализа и регулирования логистической системы. Информационные логистические системы, как правило, представляют собой автоматизированные системы управления логистическими процессами.

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика основных видов транспорта по качеству обслуживания. Транспорт принимает участие на всех стадиях логистики – снабжении, производстве, распределении. Задачи транспортной логистики могут быть распространены на процесс любого перемещения груза. Объектом изучения логистики как науки являются материальные потоки (МП) и соответствующие им финансовые (ФП) и информационные (ИП) потоки [1-3].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных видов транспорта по качеству обслуживания

Вид транспорта	Достоинства	Недостатки
Железнодорожный	<ul style="list-style-type: none"> - Высокая провозная и пропускная способности. - Высокая регулярность перевозок. - Относительно низкие тарифы. - Значительные скидки для транзитных отправок. - Высокая скорость доставки грузов на большие расстояния 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограниченное число перевозчиков. - Большие капитальные вложения в производственно-техническую базу. - Высокая материалоемкость и энергоемкость перевозок. - Низкая доступность к конечным точкам продаж. - Недостаточно высокая сохранность грузов

Автомобильный	-Высокая доступность -Возможность доставки груза «от двери до двери»; -Высокая скорость доставки. -Возможность использования различных маршрутов и схем доставки; -Возможность отправки груза малыми партиями;	-Низкая производительность; -Зависимость от погодных и дорожных условий; -Относительно высокая себестоимость перевозок; -Недостаточно экологическая чистота;
Воздушный	-Наивысшая скорость доставки грузов; - Высокая сохранность; -Наиболее короткие маршруты перевозок;	

При этом под потоком понимают направленное движение совокупности чего-либо условно однородного (например, продукции, информации, финансов, материалов, сырья и т.п.). Основным потоком в логистике принято считать материальный. Наиболее распространенными в России являются четыре вида грузового транспорта: железнодорожный, водный, автомобильный и авиационный. Для каждого из них характерен свой логистический подход, учитывающий преимущества и недостатки средств доставки. По ключевым направлениям специалисты выделяют внутреннюю и внешнюю перевозку грузов. Внутренняя логистика предполагает перемещение товаров в рамках одной компании или ее действующими филиалами. Внешняя логистика – это доставка разных типов продуктов к стороне потребителя от производителя. В табл.2 приведены основные виды транспортной логистики.

Таблица 2 – Основные виды транспортной логистики

№п/п	Основные виды транспортной логистики	Примечание
1	Мультимодальные	Процесс перевозки выполняется с применением сразу нескольких видов транспортных средств при участии одного ответственного организатора. В роли перевозчика при таком подходе выступает один специальный транспорт, а прочие представляют собой сторону клиентов
2	Унимодальные	Реализуется только одним транспортом
3	Интермодальные	Перевозка грузов реализуется одновременно несколькими видами транспорта при условии того, что один оператор выполняет организацию всего процесса перевозки от точки отправки с пересечением промежуточных пунктов напрямую до контрольного получателя. Вся ответственность при этом разделяется между каждым из перевозчиков, который равен в собственном статусе, а также определены общие согласованные тарифы
4	Комбинированные	В цепочке сообщения применяется одновременно более двух видов транспортных средств
5	Смешанные	Применяется сразу два транспорта при осуществлении доставки до площадки осуществления погрузки на второй. Ярким примером является сообщение в формате автомобиль-железная дорога

На рис.1 приведены технологические схемы процесса перевозки грузов различными видами транспорта.

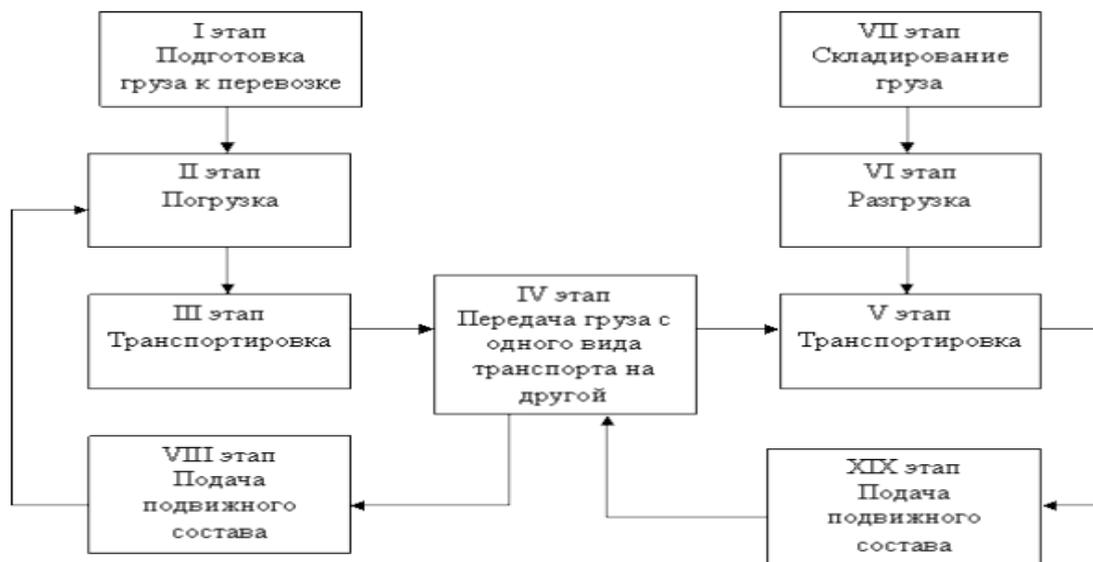


Рис 1 – Технологические схемы процесса перевозки грузов различными видами транспорта

На основании вышеприведённого рисунка можно отметить, что перемещение грузов происходит повторяющимися производственными циклами, следующими один за другим [1 - 4]. Ритм каждого цикла определяется частотой, которая, зависит от средней продолжительности одного цикла. Высокая степень динамизма, непрерывная смена состояния и изменение состава элементов отличают один цикл от другого. Циклы отдельных перевозок колеблются во времени. Однако они всегда имеют начало и конец. Каждый повторяющийся цикл перевозки складывается из многих отдельных этапов, находящихся в тесной взаимосвязи и одинаково направленных, так как их конечная цель – достичь пространственной смены положения грузов. Комплекс этих циклов, слагающихся в цикл перевозки, создает перевозочный процесс.

Список литературы

1. *Аникин, Б.А.*, Логистика/ Б. А. Аникин- М.: ИНФРА-М, 2001. – 352 с.
2. *Григорьев М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А.* Логистика/ М. Н. Григорьев, А. П, Долгов, С. А. Уваров – М.: ГАРДАРИКИ, 2006. – 512 с.
3. *Залманова М.Е.*, Логистика: уч. пособие/ М. Е. Залманова – Саратов.: СГТУ, 1999. – 166 с.
4. *Лукинский В.С., Цвиринько И.А., Малевич Ю.В.* Логистика/ В. С. Лукинский, И. А. Цвиринько, Ю. В. Малевич - СПб.: СПбГИЭУ, 2000. – 322 с.

05.13.06

¹А.В. Готовцев, ²А.В. Базан

¹Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, gotovtsevav@mail.ru,
²ВСИ МВД России,
кафедра огневой подготовки

ГИС В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА

Геоинформационные системы и технологии (ГИС и Т) становятся ценным инструментом в управлении наземным и воздушным сегментами авиатранспорта, в железнодорожной транспортной инфраструктуре, в решении комплексных задач для территориально распределенных автотранспортных систем. Большинство применений ГИС, как на транспорте, так и в других областях, определяется их способностью связывать пространственную и описательную информацию и возможностью их совместного анализа.

Ключевые слова: *гис-технологии, транспортная сеть, программное обеспечение.*

Специфика транспорта (а также и телекоммуникаций) состоит в том, что для многих задач здесь не требуется целая карта, достаточно лишь схемы, показывающей объекты, образующие транспортную сеть и их отношения. Развитие транспортной инфраструктуры является одной из наиболее актуальных проблем в современном обществе. Геоинформационные системы являются необходимым инструментом для построения эффективной и экономически выгодной транспортной системы, отвечающей современным требованиям [2]. Транспортная сфера включает в себя: автодороги, железные дороги, водный транспорт, авиацию, общественный транспорт, логистику.

Находясь в постоянном контакте с пользователями программных продуктов, ведущие разработчики ESRI пришли к решению о необходимости создания единой масштабируемой архитектуры для программного обеспечения ГИС. До сих пор программные продукты ESRI были совместимы на уровне данных, и построены на основе разных программных кодов, которые поддерживали и развивали разные команды разработчиков.

Средства анализа, имеющиеся в ГИС, позволяют не только прокладывать маршруты по существующей улично-дорожной сети, но и планировать развитие этой сети, вычислять её узкие места - одним словом, оценивать эффективность самой этой сети. ГИС позволяют определить транспортную потребность районов города на основе анализа различных факторов: уровня автомобилизации, плотности населения, размещения вокзалов, рынков, крупных торговых центров, развлекательных комплексов - одним словом, центров притяжения. Одно из наиболее популярных направлений применения геоинформационных систем в дорожных администрациях - мониторинг состояния дорожного полотна и планирование ремонтов.

По мере развития технологии становилось ясно, что новое поколение программных продуктов должно отвечать следующим требованиям (табл 1).

Таблица 1 – Требования к новому поколению программных продуктов

№ п/п	Требования
1	Легкость в использовании
2	Основные приложения картографии, анализа и управления данными должны быть готовы для работы прямо после запуска, и при желании легко настраиваемы
3	Функциональность
4	Программные продукты должны включать расширенные функции редактирования, картирования, управления данными, а также мощного пространственного анализа
5	Масштабируемость
6	Отдельные продукты, входящие в семейство программного обеспечения, построенные на основе объектных компонентов, должны включать одинаковые ключевые приложения, использовать единый пользовательский интерфейс и общие принципы работы
7	Работа в сети Интернет
8	Клиенты и серверы ГИС могут использовать сеть Интернет для обращения к приложениям или данным
9	Современная среда разработки

Программное обеспечение должно быть построено с использованием открытых стандартов, быть хорошо документированным, функционально богатым, а также полностью настраиваемым и расширяемым при помощи стандартных языков программирования. На рис 1 приведена геоинформационная система



Рис. 1 – Геоинформационная система

Сегодня многие транспортные предприятия используют в своей повседневной деятельности ГИС и Т для решения вопросов безопасности. С помощью ГИС и Т производится прогнозирование чрезвычайных ситуаций (пожаров, наводнений, землетрясений, селей, ураганов). Рассчитывается степень потенциальной опасности и на основе этого принимается решение об оказании помощи. Оценивается необходимое количество сил и средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций, планируется и оптимизируется маршрут движения к месту бедствия, исследуется возможность нанесения ущерба и его последствия для предприятия транспортной отрасли. При моделировании развития чрезвычайных ситуаций используется электронная и атрибутивная информация о потенциально опасных объектах, силах и средствах для ликвидации ЧС и их последствий [3].

В результате моделирования все исходные данные (места источников возникновения ЧС, дислокация сил и средств ликвидации ЧС, проживание людей и т.п.) отображаются на отдельных слоях карты. Изначально подготовка к проведению учебной эвакуации было крайне сложной задачей, так как нужно было анализировать множество планов и несвязных данных. Применение ГИС и Т позволило связать информацию о всех объектах предприятия и отобразить ее на карте. С помощью ГИС и Т удалось разработать различные сценарии проведения эвакуации в зависимости от мест расположения источника ЧС, местоположения и описания противопожарного оборудования, размещения всех дверей и знаков опасности. На основе информации о несчастных случаях и прочих инцидентах, отслеживаемых с помощью ГИС, руководство и служба безопасности могут принять решение о повышении безопасности на территории здания (порта, автовокзала, ж/д вокзала, аэропорта) и на прилегающей территории [1-4]. Среди таких решений может быть как увеличение количества фонарей в наиболее темных местах, так и расширение штата сотрудников безопасности, поддерживающих правопорядок, например, в ночное время суток. Инструментальные пакеты позволяют настраивать систему в зависимости от задач. Эти системы обеспечивают решение таких задач как - цифрование карт, обмен данными в различных форматах, работа с реляционной базой данных, наложение карт, визуализация карт на дисплее, ответы на широкий набор запросов, интерактивное графическое редактирование, поиск объектов по их адресам и анализ линейных сетей с их оптимизацией. Классические ГИС могут быть поделены на два типа: ГИС профессионального уровня и ГИС настольного типа. Среди множества различных видов программных технологий, работающих с графической информацией, в дорожной отрасли наиболее востребованы программные технологии: геоинформационные системы и системы автоматизированного проектирования. На данный момент область применения геоинформационных систем является очень широкой. Основными преимуществами их применения являются такие параметры, как наглядность и анализ. С помощью ГИС возможно обнаружить скрытые взаимосвязи, закономерности и тенденции, которые невозможно выявить иными способами.

Список литературы

1. Дзюбенко О.Л., Пышнограев Д.В. Геоинформационные системы и технологии в системе управления транспортным предприятием // Современные научные исследования и инновации. 2011. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2011/09/2739>
2. Хаскольд В. Введение в городские географические информационные системы // Оксфорд: Изд-во Оксфордского ун-та, 1991. – 321 с.
3. Журкин И.Г. Анализ структуры данных для представления в ГИС // Геодезия и картография. – 2003. – N 8. – С. 44 – 49.

05.13.06

¹О.А. Ивашук, ²И.С.Константинов, ¹В.И. Федоров, ¹Н.В. Щербинина, ¹Ю.Н. Маслаков

¹НИУ «БелГУ»,
²РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
ivaschuk@bsu.edu.ru, i.konstantinov@rgau-msha.ru, fedorov_v@bsu.edu.ru,
shcherbinina@bsu.edu.ru, maslakov.yn@gmail.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АПК

В статье представлены результаты моделирования киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления процессами и объектами агропромышленного комплекса (АПК), которая принципиально отличается от существующих решений: универсальностью по отношению к выбираемой территории, конкретным видам объектов и процессов АПК; адаптивностью и мобильностью; обеспечением оперативной реакции киберфизической системы и всех ее компонент на текущие изменения в объекте управления и в окружающей среде; интегрированным использованием современных цифровых технологий.

Ключевые слова: киберфизическая система, цифровая платформа, моделирование, агропромышленный комплекс, экологический мониторинг.

Введение

Агропромышленный комплекс как сложная динамичная организационно-техническая система характеризуется тремя основными компонентами: сельское хозяйство, обеспечивающая и перерабатывающая отрасли, при функционировании которых происходит взаимодействие большого количества различных объектов и процессов, как между собой, так и с внешней средой, важной составляющей которой является окружающая природная среда.

Основным моментом в сфере экологизации сельскохозяйственного производства и развития соответствующих территорий на принципах биосферной совместимости является осуществление научно обоснованных результативных решений, позволяющих повысить эффективность использования ресурсов и улучшить/сохранить качество природной среды. Они должны базироваться на достоверной информации о текущей и прогнозной экологической ситуации, адекватном пространственно-временном анализе ее динамики в зависимости от изменения природных и техногенных факторов.

АПК обладает рядом особенностей, которые определяют для решения подобных задач необходимость сбора и обработки значительных объемов множественных и разнородных данных; одновременный учет контролируемых параметров, отличающихся значительной распределенностью по большой площади и случайным характером их природы.

Следует отметить, что существующие в настоящее время конкретные технические решения и системы не наделены свойствами гибкости и универсальности, позволяющими адаптировать их к использованию при сочетании различных объектов и процессов на исследуемой территории, учитывать все вышеуказанные особенности [1-4].

Постановка задачи

Авторами предлагается разработка модели киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления экологическим состоянием объектов и процессов АПК, которая будет существенно отличаться от существующих в настоящий момент решений и систем в рассматриваемой области и удовлетворять комплексу следующих требований: универсальность (как по отношению к выбираемой территории, так и по отношению к самим объектам и процессам АПК); адаптивность и мобильность, которые обеспечивают оперативную реакцию киберфизической системы и всех ее компонент на текущие изменения

в объекте управления и в окружающей среде; интегрированное использование современных цифровых технологий.

В разрабатываемой системе должны функционировать внутренние контуры управления всеми подсистемам, а также она наделяется функцией оперативного формирования функциональных и структурных моделей для формирования и обеспечения функционирования конкретных киберфизических систем, адаптивных для рассматриваемых объектов и процессов АПК, особенностей инфраструктуры исследуемой территории.

Объект интеллектуального мониторинга и управления кибефизической системы

Для выявления функций, задач и соответствующих подсистем моделируемой киберфизической системы важно понимание структуры и особенностей ее объекта интеллектуального мониторинга и управления – экологического состояния объектов и процессов АПК. Его концептуальная модель может быть представлена в теоретико-множественном виде и описывается кортежем (отражается структура и формируемое информационное обеспечение для принятия результативных управленческих решений):

$$\Sigma = \langle W, Q, R, F, O \rangle, \tag{1}$$

где $W = \{w\}$ – множество компонентов объекта управления как системы; $Q = \{q\}$ – совокупность внешних воздействий на элементы W ; $R = \{r\}$ – множество состояний элементов W , совокупность параметров, характеризующие эколого-экономическое состояние объектов и процессов АПК; $F = \{f\}$, $F: (W, Q, R) \rightarrow R$ – множество отображений, реализующих причинно-следственные связи ; $O = \{o\}$ – множество отношений над элементами W, Q и R .

Дальнейшая детализация формулы (1) с выявлением значимых и принципиально различающихся компонентов: $W = \{w_{ПС}, w_{АПК}\}$, где $w_{ПС}$ – множество элементов компонентов природной среды; $w_{АПК}$ – множество элементов АПК на рассматриваемой территории.

На рисунке 1 схематично представлена структурная модель рассматриваемого объекта мониторинга и управления.

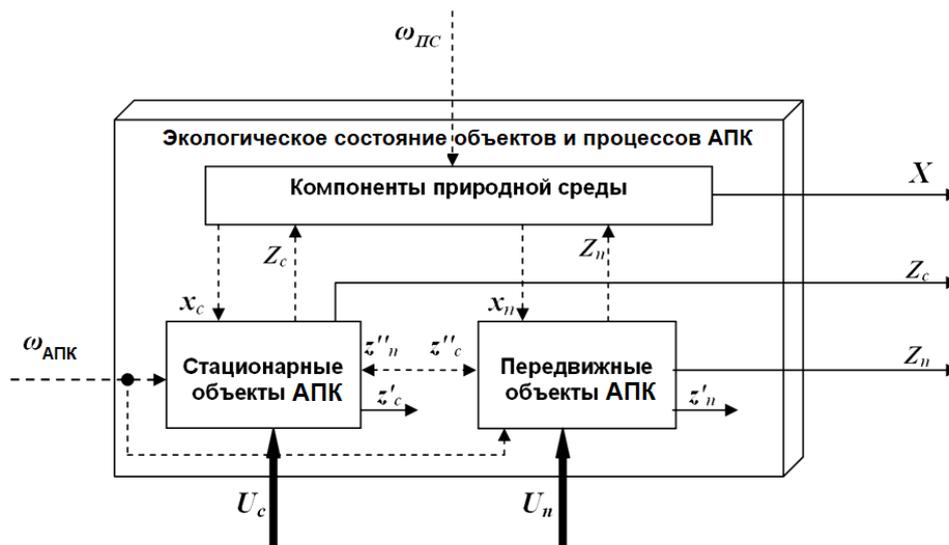


Рис. 1 – Схематическое представление модели объекта мониторинга и управления

Множество $Q = \{U, \omega\}$ – входные параметры объекта мониторинга и управления, $U = \{U_c, U_n\}$ – управляющие воздействия на стационарные/передвижные объекты АПК соответственно, и $\omega = \{\omega_{ПС}, \omega_{АПК}\}$ – внешние воздействия на компоненты природной среды/на стационарные и передвижные объекты АПК.

Множество состояний моделируемой системы $R = \{X, Z\}$, где $X = \{x_c, x_n\}$ – состояния компонентов природной среды на стационарные/передвижные объекты АПК; $Z = \{Z_c, Z_n\}$ – множество состояний подсистемы АПК (стационарных/передвижных объектов АПК). Например, z'_c, z'_n – множества результатов деятельности стационарных и передвижных объектов АПК с точки зрения экономики ($z'_c \subset Z_c, z'_n \subset Z_n$); z''_c, z''_n – множества, определяющие взаимовлияние выделенных составляющих АПК ($z''_c \subset Z_c, z''_n \subset Z_n$).

Множество $F = \{f_X, f_{Z_s}, f_{Z_m}\}$: $f_X: Z_c \times Z_n \times \omega_{PC} \rightarrow X$; $f_{Z_c}: \omega_{APK} \times x_c \times z''_n \times U_c \rightarrow Z_c$; $f_{Z_n}: U_n \times \omega_{APK} \times x_n \times z''_c \rightarrow Z_n$.

Основные функции и обобщенная модель киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления

В результате функционирования киберфизической системы должны быть выработаны такие управляющие воздействия и реализованы такие конкретные управленческие решения по предотвращению и снижению (по возможности, ликвидации) негативного влияния АПК на природную сферу, которые будут являться научно обоснованными и рациональными (при этом и экономически, и экологически).

На рисунке 2 представлена обобщенная структура системы, где продемонстрированы ее основные подсистемы в их взаимосвязи, которые реализуют следующие основные функции:

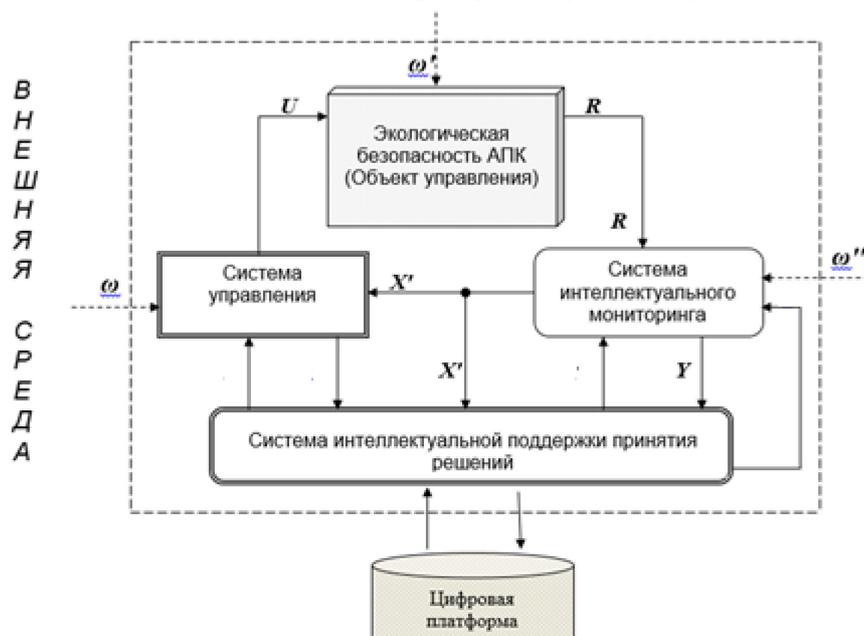


Рис.2 – Обобщенная структура киберфизической системы

1. Проведение в автоматизированном режиме интеллектуального сбора информации и предварительной оценки текущего экологического состояния распределенных объектов и процессов АПК.

2. Автоматизированное накопление больших объемов разнородных данных, необходимых для поддержки принятия управленческих решений, их обработка и хранение.

Для реализаций функций 1,2 введена подсистема интеллектуального мониторинга (рисунок 1).

3. Интеллектуальная поддержка принятия решения по управлению объектами и процессами АПК на принципах экологической и продовольственной безопасности. Эта функция реализуется в соответствующей одноименной подсистеме, которая является управляющей во внутренних контурах управления (рисунок 1).

4. Обмен информацией подсистем киберфизической системы между собой, с внешней средой, а также с внешней средой.

Необходимость использования в каждом конкретном случае уникального набора различных технических и цифровых решений обусловлена спецификой данных объектов и процессов, особенностью инфраструктуры территории и другими параметрами внешней среды, которые используются в работе конкретной киберфизической системы, построенной для определённого фрагмента АПК. Данное требование реализуется за счет постоянного взаимодействия интеллектуальной подсистемы поддержки принятия решений со специализированной цифровой платформой (рисунок 2). Платформа позволяет автоматизировано собирать множество моделей, методов, технических и цифровых решений в единый проект – цифровой двойник конкретной киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления объектами и процессами АПК. В ее структуре

содержатся соответствующие базы данных и правил, инструментарий для оперативного моделирования и комплектования, в том числе совокупность отображений F, методы и модели.

Заключение

Предложена обобщённая структурная модель киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления экологическим состоянием объектов и процессов АПК, которая существенно отличается от существующих в настоящий момент решений и систем в рассматриваемой области, сформулирован комплекс требований к разрабатываемой системе, описаны требования и функции. Построение киберфизических систем осуществляется на основе постоянного взаимодействия интеллектуальной подсистемы поддержки принятия решений со специализированной цифровой платформой, которая позволяет автоматизированно собирать множество моделей, методов, технических и цифровых решений в единый проект – цифровой двойник конкретной киберфизической системы.

Список литературы

1. *Zhu Bi & Zhu Ying.* (2012). Design of Agriculture Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Network. *Advanced Materials Research.* 588-589. 1095-1098.
2. *Koshkarov A.V.* Machine learning methods in digital agriculture: algorithms and cases/ A.V. Koshkarov // *International Journal of Advanced Studies.* – 2018. Т. 8. № 1. – С. 11-26.
3. *Pauleit Stephan & Liu Li & Ahern Jack & Kazmierczak Aleksandra.* (2011). Multifunctional Green Infrastructure Planning to Promote Ecological Services in the City. *Handbook of Urban Ecology.* 272-285.
4. *Ma Yi-Wei & Chen Jiann.* (2018). Toward intelligent agriculture service platform with lora-based wireless sensor network. 204-207. 10.1109/ICASI.2018.8394568.

05.13.06

Н.И. Кондакова

Арктический государственный агротехнологический университет,
Инженерный факультет,
Якутск, konadiv57@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОГО БЕЛКА

Дефицит кормового белка является одним из основных факторов, сдерживающих повышение продуктивности животноводства. Полноценное кормление молочных коров предполагает оптимальное поступление в организм всех необходимых питательных веществ, что способствует хорошему здоровью, нормальному воспроизводству и высокой продуктивности. Для решения кормовой проблемы в животноводстве необходимо более широко использовать некондиционное сырье, органические отходы, обеспечивая их утилизацию в рамках безотходных технологий.

Ключевые слова: безотходная технология, кормление сельскохозяйственных животных, рацион коров.

Создание полноценных кормов – задача, которую можно решать на разных уровнях и различными способами, в том числе с применением современных биотехнологий, культур одноклеточных организмов и с использованием видов сырья, которые ранее считались либо бесперспективными, либо не рассматривались вовсе. В сочетании с относительно менее жесткими требованиями к конечному продукту такие способы могут обеспечить существенный рост производства кормового белка в качестве одной из основных добавок, а также помочь перейти к производству отдельных наиболее важных аминокислот. Разнообразие источников сырья для получения кормового белка и возможность масштабирования его производства позволяют выбирать наиболее выгодные способы производства в зависимости от требуемых объемов, а также организовывать локальные производства, использующие сырье местного происхождения без организации сложных логистических цепочек поставки сырья и сбыта продукции. Для восполнения кормового дефицита нами предлагается технология получения кормового белка путем микробного синтеза. При исследовании процесса абсорбции кислорода в питательной среде различной вязкости для расчета газосодержания принято уравнение:

$$\frac{\varphi}{(1-\varphi)^4} = 0,2 \left(\frac{D^2 * \rho_{жс} * g}{\sigma} \right)^{0,62} * \left(\frac{D^3 * \rho_{жс}^2 * g}{\mu_{жс}} \right)^{\frac{1}{12}} * \frac{W_{\Gamma}}{(D * g)^{0,5}} \quad (1)$$

где D – диаметр аппарата.

На данный период времени рядом ученых проведены систематические исследования [1-5] и даны рекомендации для определения φ следующей зависимостью:

$$\varphi = \frac{1}{2 + \left(\frac{0,35}{W_c} \right) \left[\left(\frac{\rho_{жс}}{t} \right) \left(\frac{\sigma}{782} \right) \right]^{1/3}} \quad (2)$$

На данный момент в процессе производства кормового белка при культивировании микроорганизмов в культуральной жидкости происходит ряд реакций в ферментационной жидкости с кислородом. Рядом авторов [1-4] для реакций с кислородом жидкостей, получивших широкое распространение в промышленности, для расчета $W_{ж}$ рекомендуется зависимость:

$$H(\rho_{жс} - \rho_r) * g = \left[\left(1,5 + \lambda_{ч} \frac{H}{d_{ч}} \right) \left(\frac{f_{\sigma}}{f_{ч}} \right)^2 + 2 + \frac{1}{(1-\varphi)^2} + \frac{\lambda_{\sigma} * H}{(1-\varphi)^{1,75} * d_{\sigma}} \right] * \frac{\rho_{жс} W_{жс}^2}{2} \quad (3)$$

Для кормления коров целесообразно использовать полноценные кормосмеси, в которых содержатся все необходимые питательные вещества. В результате этого повышается молочная продуктивность коров на 13 – 15% и уменьшаются затраты корма на продукцию

на 7 – 10%. Молочная продуктивность коров во многом определяются обеспеченностью рационов полноценным протеином. Норма перевариваемого протеина на 1 кормовую единицу составляет 95 г при суточном удое до 10 кг молока и постепенно повышается до 105 – 110 г при удое 20 кг и более. В связи с уменьшением поголовья коров наблюдается сокращение валового и товарного выхода продукции в среднем на 10% (таблица 1).

Таблица 1 – Производственные показатели хозяйства

Показатели	Ед. изм.	2014	2015	2016	2017	2018
Поголовье (коров)	Гол	25	22	15	12	11
Удой на 1 фуражную корову	Кг	1158	1145	1156	1134	1124
Деловой выход телят	%	40	45	40	25	27
Произведено молока	Кг	12738	10305	6936	5670	4670
Валового	Цн	148,8	103,9	81,9	60,1	50,1
товарного	Цн	99,3	86,4	72,0	54,3	44,3

Протекание микробного синтеза в аппаратах разного масштаба в пересчёте на единицу объёма количества получаемого продукта (биомассы или продуктов метаболизма) будет одинаковым или почти одинаковым в аппаратах разного масштаба. Полноценное кормление молочных коров предполагает оптимальное поступление в организм всех необходимых питательных веществ, что способствует хорошему здоровью, нормальному воспроизводству и высокой продуктивности. Существенное снижение дефицита энергии в этот период может быть достигнуто введением в рацион кормов, богатых энергией, концентратов, травяной резки и травяной муки высокого качества, корнеклубнеплодов и др. чем выше удои коров, тем больше энергии должно быть в одном килограмме сухого вещества рациона. Заболеваемость сельскохозяйственных животных можно контролировать путем введения в корм животным белково-витаминный концентрат. Нами изыскиваются пути стабилизации заболеваемости и повышения привеса, удоев. Одним из путей решения этой проблемы мы считаем совершенствование технологии кормления сельскохозяйственных животных путем добавления в рацион белково-витаминного концентрата с улучшенными вкусовыми и питательными свойствами.

Список литературы

1. Кокиева Г.Е. Исследование физических процессов в оборудовании по модулю "Фиксированные нелинейные модели" // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 6. с. 121-123.
2. Кокиева Г.Е., Елтунова И.Б., Рабданова В.В. Математическое компьютерное моделирование конструктивно-режимных и технологических параметров установки // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 4. с. 112-117.
3. Корякин А.К., Кокиева Г.Е., Ноев Д.М. Реализация метода технико-экономического сравнения вариантов энергосберегающих технологий // Агрэкоинфо. 2019. № 2 (36). с. 37.
4. Шишкин П.В., Олейников, В.О. Полностью закрытая теплица с технологией поддержания параметров микроклимата на основе управления разделенными воздушными потоками (технология CODA- Control Of Devided Airflows). – Теплицы России. – 2016, №2. – с.15-20.

05.13.06

А.К. Корякин

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

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТЕПЛИЦЕ

В статье описывается исследование автоматизации микроклимата в теплице. В овощеводстве защищенного грунта более половины эксплуатационных расходов связано с затратами на обогрев культивационных помещений. При невозможности использования тепловых отходов, отсутствии местных топливных ресурсов или их высокой стоимости экономически целесообразно для обогрева парников применять электрическую энергию. В качестве термочувствительных элементов используют контактные ртутные термометры, биметаллические или манометрические датчики температуры, а в качестве исполнительных органов применяют пускатели или контакторы.

Ключевые слова: температурный режим, микроклимат, теплица.

Автоматическое регулирование температуры почвы в парниках в отдельных случаях можно осуществить посредством терморегулятора, установленного в воздушном пространстве парника. В теплице, как и в не защищенном грунте, имеются температурные суточные колебания. Слишком резкие, превышающие 4 – 8 °С, перепады негативно отражаются на росте, развитии растений, урожайности. Приводят к частым болезням и гибели культур. В зависимости от вида растения температура почвы и воздуха в теплице должна находиться на отметке 14 – 25 °С. Один терморегулятор управляет одновременным включением и отключением воздушных и почвенных нагревательных устройств. Такое регулирование возможно при использовании нагревательных элементов с малой теплоемкостью, когда время запаздывания в питательном слое почвы меньше периода колебаний температуры воздушного пространства в парнике [3]. В соответствии с рассмотренными способами включения терморегуляторов выполнен расчет процесса двухпозиционного регулирования температуры в парниках, определены расход электрической энергии на обогрев и стоимость затрат на автоматизацию. Установлены зависимости коэффициента тепловых потерь парников от скорости ветра и степени утепления рам матами (рис. 1), величины времени запаздывания и зоны нечувствительности системы объект-регулятор.

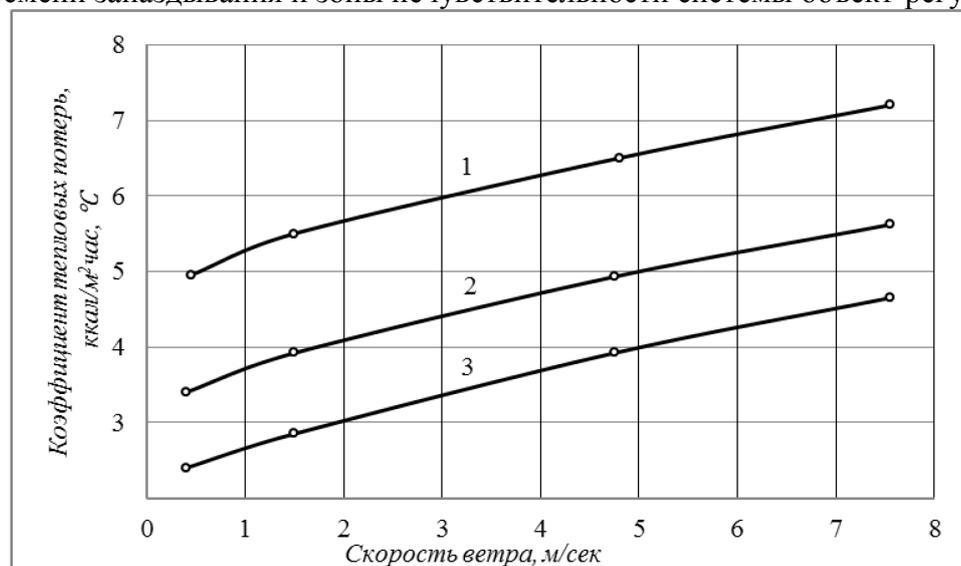


Рис. 1 – Зависимости коэффициента тепловых потерь парников от скорости ветра и степени утепления рам матами

Расчет процесса регулирования температуры в парниках производим методом припасовывания. Уравнения объекта регулирования (парника) представляют собой экспоненциальную функцию с запаздывающим аргументом. Современная технология выращивания овощных культур базируется на условии постоянного поддержания благоприятного микроклимата в теплицах. Как показывает практика, ручной режим контроля температуры и влаги при промышленном производстве малоэффективен. Автоматизация климатических систем на защищенном грунте дает экономический эффект соотношения израсходованного тепла к урожайности до 30 процентов. При этом параллельно улучшаются условия труда рабочих, и повышается культура производства как таковая. Неравенство релейного терморегулятора включают в себя заданное значение температуры и зону нечувствительности системы объект-регулятор. Для поддержания оптимального климата не только для побегов, но и для корней опытные садоводы рекомендуют воспользоваться системой капельного полива. В этом случае вода подается непрерывно и небольшими порциями. Жидкость поступает к корневой системе, обеспечивая питание и исключая засушливость грунта. Наличие такого оборудования позволяет грамотно использовать водные ресурсы и даже оставить носителей урожая на несколько дней без присмотра. Растения не будут испытывать жажду, несмотря на жару за стенами тепличного сооружения.

Три основные формы модели в пространстве состояний:

Непрерывная

$$X = AX + BU(t) + CF(t), \quad X(t_0) = X_0; \quad (1)$$

Дискретная

$$X[k + 1] = \Phi X[k] + BU[k] + CF[k], \quad X[0] = X_0; \quad (2)$$

Операторная

$$X(p) = W_U(p)U(p) + W_F(p)F(p), \quad (3)$$

где $A = [n \times n]$ – мерная динамическая матрица; n – динамический порядок модели; $X = [n \times 1]$ – мерный вектор состояния; $B = [n \times m]$ – мерная матрица управлений; m – число независимых управлений; $U = [m \times 1]$ – вектор управления; t – время; $C = [n \times r]$ – мерная матрица возмущений; r – число независимых возмущений; $F = [r \times 1]$ – мерный вектор возмущений; k – номер шага; $\Phi = [n \times n]$ – мерная матрица перехода на один шаг; $W_U(p) = \Phi(p)B$, $W_F(p) = \Phi(p)C$ – передаточные матрицы по управлению и возмущению, определенные через операторное изображение матрицы перехода.

Результаты моделирования сравним с реальным состоянием теплицы. По результатам этого сравнения можно вычислить матрицу точности

$$\Omega = \{M[(X[k] - X_m[k])(X[k] - X_m[k])^T]\}. \quad (4)$$

Считая, что вектор ошибок моделирования подчиняется закону Гаусса, запишем выражение для совместной плотности распределения вероятностей ошибок на основе параметров Φ , B , C модели и матрицы точности Ω :

$$\pi(\varepsilon | \Phi, B, C, \Omega) = (2\pi)^{-2} |\Omega|^{1/2} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} (X[k+1] - \Phi X[k] - BU[k] - Cf[k])^T \times \right. \\ \left. \Omega (X[k+1] - \Phi X[k] - BU[k] - Cf[k]) \right\}. \quad (5)$$

Выражения (9) и (10) позволяют, задавая допустимым вектором ошибок моделирования $\varepsilon_d^T = [|\varepsilon_{d1}|, |\varepsilon_{d2}|, |\varepsilon_{d3}|, |\varepsilon_{d4}|]$, рассчитывать доверительную для полученного результата идентификации

$$P(\varepsilon) = 2\Phi(\varepsilon^T \Omega \varepsilon), \quad (6)$$

где $\Phi(\cdot)$ – функция Лапласа, для которой составлены специальные таблицы [1-3].

Большое количество электроэнергии уходит на обогрев теплиц в зимнее время, в частности на обогрев культивационных помещений. Топливом могут быть не только отходы промышленных предприятий, но и горячая вода, биологическое топливо, горячая вода или пар котельных и электрическую энергию. В случае невозможности использования тепловых отходов, отсутствии местных топливных ресурсов или их высокой стоимости экономически целесообразно для обогрева парников применять электрическую энергию.

Список литературы

1. *Кокиева Г.Е.* Исследование физических процессов в оборудовании по модулю "Фиксированные нелинейные модели">//Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 6. с. 121-123.
2. *Кокиева Г.Е., Елтунова И.Б., Рабданова В.В.* Математическое компьютерное моделирование конструктивно-режимных и технологических параметров установки // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 4. с. 112-117.
3. *Корякин А.К., Кокиева Г.Е., Ноев Д.М.* Реализация метода технико-экономического сравнения вариантов энергосберегающих технологий//Агрэкоинфо. 2019. № 2 (36). с. 37.

05.13.06

Ч.Г. Машиев

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

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВ
В ЗОНЕ КОНТАКТА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ**

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.*

Многочисленными исследованиями установлено, что постоянное применение безотвальных приемов обработки почвы приводит к постепенной дифференциации пахотного слоя. Важную роль в увеличении пропашных культур играют сокращение сроков проведения междурядных обработок, повышения качества их выполнения. Один из важнейших механических процессов – изменение плотности почвы – играет существенную роль в получении урожая (рис. 1).



Рис. 1 – Схема последствий механического воздействия сельскохозяйственной техники на почву, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур

На рис.2 приведена абсолютного движения конца иглы активного игольчатого диска.

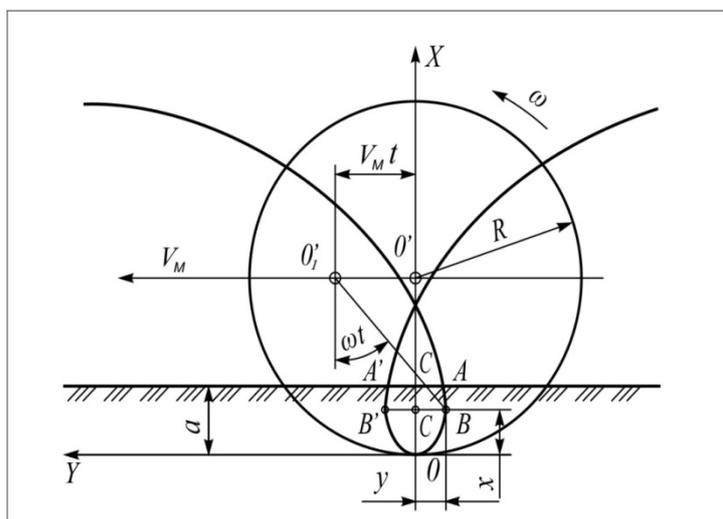


Рис. 2 – Траектория абсолютного движения конца иглы активного игольчатого диска

Выделенный до вхождения в контакт с колесом объем почвы $V_0 = bS_{ABCD}$ характеризуется объемом пор $V_{П0}$, объемом скелета и органической части $V_{Т0}$, влажностью W и плотностью γ .

При этом:

$$V_0 = V_{П0} + V_{Т0}. \quad (1)$$

В то же время, как это следует из расчетной схемы,

$$V_0 = kbR_n^2 \sin \varphi_{0n}, \quad (2)$$

где k – коэффициент, учитывающий глубину распространения деформации грунта; b – ширина зоны контакта, равная ширине протектора колеса.

Выделим из объема V_0 два элементарных v_1 и v_2 , каждый из которых до деформации можно представить как

$$v_0 = \frac{1}{n} kbR_n^2 \sin \varphi_{0n}, \quad (3)$$

где $n = \frac{1}{\Delta x_0} R_n \sin \varphi_{0n}$, при этом $\Delta x_0 = 1$.

Используя известное из механики грунтов соотношение между коэффициентом пористости ε_0 , объемом твердой (не изменяющей объема) части $V_{Т0}$ и объемом пор $V_{П0}$ [1-4]

$$\varepsilon_0 = V_{П0} / V_{Т0},$$

выражение (1) можно записать как

$$V_0 = V_{Т0} (\varepsilon_0 + 1). \quad (4)$$

С учетом ε_0 объем v_0 можно представить как

$$v_0 = \frac{V_{Т0} \Delta x_0}{R_n \sin \varphi_{0n}} (\varepsilon_0 + 1). \quad (5)$$

Объем деформированной части почвогрунта

$$\Delta v_1 = 1bR_n (\cos(\varphi + \Delta\varphi) - \cos \varphi_{0n}); \quad (6)$$

$$\Delta v_2 = 1bR_n (\cos \varphi - \cos \varphi_{0n}). \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7) следует, что изменение объема в зависимости от угла контакта определяется соотношением

$$\Delta v = \Delta v_2 - \Delta v_1 = 1bR_n \sin \varphi \Delta\varphi. \quad (8)$$

Так как длина элементарной дуги контакта $\Delta l = R_n \Delta\varphi$, а $\Delta l \sin \varphi = z_2 - z_1 = \Delta z$, то $\Delta z = R_n \sin \varphi \Delta\varphi$.

Поэтому $\Delta v = 1b\Delta z$.

Полагая, что

$$v_1 = v_{n_1} + v_{m_1};$$

$$v_2 = v_{n_2} + v_{m_2},$$

где

$$v_{m_1} = V_{Т0} \Delta x_0 / (R_n \sin \varphi_{0n}),$$

вычислим v_1 и v_2 и, вычтя первое значение из второго, найдем

$$\Delta v = \frac{V_{T0} \Delta x_0}{R_n \sin \varphi_{0n}} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2). \quad (9)$$

Тогда изменение деформации почвогрунта под колесом

$$\Delta z = k R_n \sin \varphi_{0n} \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_0 + 1}. \quad (10)$$

Таким образом, пористость почвы после прохода колеса уменьшается пропорционально глубине колеи. При этом фактором, снижающим воздействие на объем пор, будет увеличение радиуса кривизны передней части дуги контакта.

Основным фактором, сдерживающим дальнейший рост урожайности сельскохозяйственных культур при послойной обработке, является уничтожение стерни, снижение плодородия нижней части пахотного слоя из-за отсутствия оборота пласта и выноса его на поверхность. В результате уплотнения физическое состояние почвы ухудшается, а при каких-то условиях разрыхленности улучшается. Интенсификация работ по созданию новых сортов сельскохозяйственных культур требует должного материально - технического обеспечения, и в первую очередь, для выполнения полевых и лабораторных технологических процессов в селекции и первичном семеноводстве. В статье описывается механизированный почвозащитный технологический процесс и технические средства для возделывания сельскохозяйственных культур на склоновых эрозионно опасных землях. Уточнена методология совершенствования сельскохозяйственных машин для работы на склоновых эрозионно опасных землях. Обоснованы приемы повышения устойчивости движения сельскохозяйственных машин на склонах для улучшения качества выполнения технологических операции. Описан режим работы активного игольчатого диска.

Список литературы

1. Андреева Е.В. Обоснование параметров активных игольчатых ротационных дисков для посева по стерневому фону [Для селекционных делянок]. Домрачев В.А., Кем А.А., Сагалбеков У.М., Сагалбеков Б.У. // Техника в сел. хоз-ве.-2013.-N 2.-С. 10-11.-Библиогр.: с.11. Шифр П1511 / Е. В. Андреева // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2013. – № 3. – С. 752.
2. Вдовкин С.В. Исследование качества высева дисково-щёточного высевающего аппарата / С. В. Вдовкин, П. В. Крючин // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Международной научно-практической конференции, Кинель, 22–23 апреля 2015 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 259-262.
3. Домрачев В.А. Обоснование параметров активных игольчатых ротационных дисков для посева по стерневому фону [Для селекционных делянок]. Домрачев В.А., Кем А.А., Сагалбеков У.М., Сагалбеков Б.У. // Техника в сел. хоз-ве.-2013.-N 2.-С. 10-11.-Библиогр.: с.11.
4. Иванайский, С.А. Разработка комбинированных рабочих органов для поверхностной обработки почвы / С. А. Иванайский, А. Н. Зотов, В. П. Берестов // Инновационные достижения науки и техники АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Кинель, 12 декабря 2017 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 392-396.

05.13.06

А.С. Филатов, Г.А. Герасимова, С.В. Хамарова

Арктический государственный агротехнологический университет,
инженерный факультет,
Якутск, filatov.a.c@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ВИНТОВЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ-ЗЕРНОПОГРУЗЧИКОВ

В данной статье приводятся исследования способа повышения производительности винтового шнекового транспортера, позволяющим создать малогабаритную конструкцию путем увеличения его оборотов. Описана технология работы транспортеров-зернопогрузчиков, исследован механизм работы и описаны недостатки работы, а именно, в неполноценном обеспечении возможности переброски зерна на большие расстояния по пространственной трассе или усложняет технологическую схему. Кроме того, при работе во время погрузки напрямую из бурта требуется ручной труд или дополнительная техника.

Ключевые слова: *производительность, агропромышленный комплекс, транспортер-зернопогрузчик.*

В агропромышленном комплексе Дальнего Востока за последние годы произошли изменения, вызвавшие значительный спад его уровня развития, в том числе и в отраслях растениеводства. Ухудшилась материально-техническая база, отмечаются значительные колебания валовых сборов продукции. Уборка зерновых современными комбайнами начинается не ранее чем через 7-10 дней после достижения максимальной урожайности по сухой массе зерна. Для обеспечения устойчивости процесса уборки и обработки урожая зерновых культур в различных регионах страны необходим комплекс технологических, технических и организационных мероприятий, проведение которых должно предопределять экономически обоснованную степень риска с учетом природно-климатических и производственных условий. Наиболее рациональным способом повышения производительности винтового шнекового транспортера, позволяющим создать малогабаритную конструкцию, является увеличение его оборотов [1-6]. Производительность шнека зависит также от равномерности подачи зерна.

При использовании бункерных и им подобных питателей сыпучий материал поступает в транспортер через окно заборной камеры сверху и часть его отбрасывается восходящей ветвью винта. Поэтому материал попадает в шнек порциями, количественно зависящими от оборотов, угла наклона шнека к горизонту и коэффициента внутреннего трения материала. Однако все эти конструкции не обеспечивают возможность переброски зерна на большие расстояния по пространственной трассе или усложняют технологическую схему [2]. У большинства спиральных конвейеров не предусмотрено изменение расстояния и траектории передвижения материала. Кроме того, при работе с ними во время погрузки напрямую из бурта требуется ручной труд или дополнительная техника. При захвате зерна из насыпи с увеличением частоты вращения спирали происходит его разбрасывание, а внутри кожуха создается сопротивление осевому перемещению [3].

В результате чрезмерного перемешивания материала и проворачивания зерна внутри пружинного шнека. В связи с этим был достигнут предел увеличения производительности при существующем принципе транспортирования. Увеличение производительности с возрастанием оборотов винта (от 400 до 1100 оборотов в минуту) происходит до определенного момента, после которого обороты продолжают повышаться, а производительность падает (рис. 1). В зависимости от диаметра шнека D максимум производительности смещается. При угле наклона к горизонту 20° и влажности зерна 14-15%

он наблюдается: у шнека, имеющего $D = 100$ мм при 900-950 об/мин, $D = 125$ мм – 800-850 об/мин, $D = 150$ мм – 700-725 об/мин. Пользуясь экспериментальными данными, составим параметрическое уравнение траектории движения зерна:

$$\left. \begin{aligned} x &= R \cos \theta, \\ y &= R \sin \theta, \\ z &= \frac{S_3}{2\pi} \left(\theta + \frac{\pi}{6} \sin \theta \right), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где R – средний радиус кольцевой проекции зернового винта на плоскость XOY ; S_3 – шаг зернового винта; $\theta = \omega_3 t$ – угол поворота; ω_3 – угловая скорость зерна; t – время поворота. Выражение $\frac{\pi}{6} \sin \theta$ определено из условий: при $z = 0$ $y = 0$, при $z = \frac{S_3}{3}$ $y = R$. Из проекции траектории на плоскость ZOY , как и в опытах, следует, что угловые скорости восходящей и падающей ветвей зернового винта разные: при подъеме скорость ω_3 меньше чем при сбросе. При работе высокооборотного шнека осевая скорость зерна v_3 отстает от осевой скорости шнека v_z . Это отставание можно выразить коэффициентом k_v , который необходимо учитывать при расчете производительности высокооборотного транспортера:

$$k_v = \frac{v_3}{v_z}, \quad v_3 = k_v \frac{Sn}{60}, \quad (2)$$

где S и n – шаг и число оборотов шнека. Коэффициент k_v можно определить и через угловые скорости зерна $\omega_{з\text{ер}}$ и винта ω :

$$k_v = \frac{\omega_{з\text{ер}}}{\omega} \quad (3)$$

Величина k_v , полученная опытным путем для горизонтального винта и зерна влажностью 14-15% ($f = 0,35-0,40$) равна 0,57-0,60. При высоких оборотах шнека транспортируемый материал образует винтовую поверхность, восходящая AB и падающая BC , ветви которой (рис.1) имеют разные углы наклона к оси шнека Z ($\delta = 57-60^\circ$, $\gamma = 38-40^\circ$). За один оборот скоростного шнека восходящая ветвь его продвигает материал вдоль оси на две трети шага зернового винта S_a , а сбрасываемая – на одну треть. Первая ветвь стремится бросить материал вверх и вперед, вторая – круто вниз под винт [2-6]. Объясняется это тем, что на высоких оборотах сыпучий материал (зерно), отбрасываемый центробежной силой к внутренней поверхности трубы, заполняет пазы. Так как они расположены довольно близко друг от друга (через 30°), то у поверхности образуется тормозящий слой, под действием которого окружная составляющая скорости абсолютного движения зерна уменьшается, а осевая – возрастает.

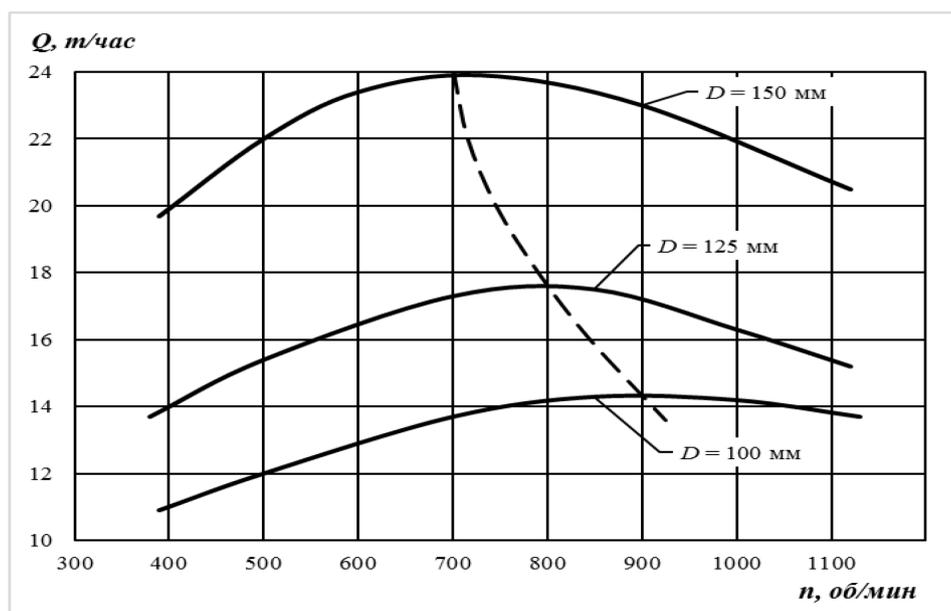


Рис. 1 – Изменение производительности скоростного шнека в зависимости от оборота и диаметра винта

Проанализируем поступление зерна в шнек в зависимости от оборотов винта. С некоторым допущением примем, что условие, при котором в заборную камеру пройдет наибольшее количество материала, выражается:

$$v_{\text{окр}} \leq v_{\text{ист}}, \quad (4)$$

где $v_{\text{окр}}$ – окружная скорость кромки винта шнека; $v_{\text{ист}}$ – скорость истечения зерна из бункера. При этом условии зерно верхней ветвью винта будет отбрасываться меньше, и оно поступит в шнек в основном за счет сбрасывающей ветви. Таким образом, дальнейшие исследования позволят найти новые пути повышения коэффициента скорости k_v и коэффициента ψ и создать скоростные высокопроизводительные и малогабаритные винтовые транспортеры-зернопогрузчики.

Список литературы

1. *Кокиева Г.Е., Федоров С.С.* Трансформация организационно-экономических форм и структур основных хозяйственных звеньев в сборнике: инновационная деятельность в АПК: Состояние, проблемы, перспективы. Сборник материалов научно-практической конференции "XIV Ларионовские чтения". 2020г. с. 175-180
2. *Кокиева Г.Е., Павлова А.И., Аммосов И.Н., Соколов Д.А., Сидоров Г.Н., Слепцов М.Р., Корякин А.А., Васильев А.Г.* Процесс аэрирования в аэраторе колонкового типа // Научно-технический вестник Поволжья. 2019г. № 3. с. 25-27.
3. *Манжесов В.И.* Технология хранения растениеводческой продукции./В.И. Манжесов, И.А. Попов, Д.С. Щедрин – М.: Колос, 2005. – 390 с
4. *Шуханов С.Н., Хараев Г.И.* Модернизация технического средства для разделения зерносоломистого вороха // Тракторы и сельхозмашины. - 2020. - № 5. - С. 33-36.
5. *Шуханов С.Н.* Совершенствование рабочего процесса зернометателей и зернопогрузчиков : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01. - М., 2012. - 285 с.

05.13.06

**А.Р. Хабиров, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев,
А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков, К.Г. Кашапов, С.В. Феофилактов**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, AZhSakhabutdinov@kai.ru

КОМБИНИРОВАННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ И ДИСКРЕТНЫЕ МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ ВНУТРИСКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ

В работе показана актуальность и поставлена научно-техническая задача развития комбинированных волоконно-оптических систем внутрискважинной телеметрии, основным направлением которого является калибровка и уточнение показаний термометрии, полученных с помощью распределенных непрерывных систем, методами и средствами дискретной термометрии, основанной на использовании адресных волоконных брэгговских структур.

Ключевые слова: внутрискважинные системы телеметрии; распределенные системы термометрии; дискретные системы термометрии и манометрии; адресные волоконные брэгговские структуры; комбинированные методы измерений.

Введение. Температура и давление являются важными параметрами многих скважинных процессов. Температурные измерения и измерения давления давно проводятся для мониторинга эксплуатационных характеристик добывающих скважин [1]. Впервые волоконно-оптическая система с распределенными датчиками температуры (РДТ) была установлена в скважине в 1996 году и данная технология развивается быстрыми темпами. Ведущими зарубежными компаниями, работающими с волоконно-оптическими системами термометрии, являются: Weatherford, Schlumberger, Shell, Halliburton, PETROBRAS, Baker Hughes, Yokogawa, и др. Обработка информации и последующая её визуализация выполняются с применением специального математического аппарата и программного обеспечения. Все указанные блоки за исключением оптического волокна сосредоточены в одном приборе, выполненном на базе промышленного компьютера. За последнее десятилетие в программу разработки систем рассматриваемого класса включились китайские, южнокорейские и российские фирмы: ГИРСОБТ, Laser Solutions, Омега, Петрофайбер, Т8 (Россия) и другие [2]. Судя по результатам патентного анализа за последние десять лет, каждая из названных компаний, как правило, развивает все направления построения РДТ систем и систем измерения давления, включая приоритетные для себя: Weatherford – на волоконных решетках Брэгга, Schlumberger – бриллюэновские системы, Halliburton – рамановские системы. Российские разработчики остановили свой выбор распределенных измерений (непрерывная телеметрия) также на рамановских, реже бриллюэновских и релеевских системах, и квази-распределенных измерений, – дискретная телеметрия, – на решетках Брэгга [3].

Основным плюсом внутрискважинной дискретной телеметрии следует считать возможность прямого замера основных параметров в главных сечениях. Минусами этих систем выступают замер в одной точке и, следовательно, необходимость пересчета параметров по глубине, а также относительно высокая стоимость. Кроме того, эти системы недостаточно надежны, как правило, они исправно работают не более 3–6 месяцев, нередко возникают проблемы и с проверкой точности работы датчиков.

Внутрискважинная непрерывная телеметрия предполагает замеры давления, температуры и других параметров, включая вибрацию, по всей длине оптоволоконного кабеля и позволяет производить постоянный прямой замер показателей в любых сечениях. К минусам таких систем можно отнести необходимость пересчета показателей по плотности, газу и другим параметрам, недостаточную надежность, невозможность ремонта оптоволоконного кабеля и высокую стоимость.

Иерархия комбинированных систем внутрискважинной телеметрии. Учитывая разносторонние отзывы специалистов о характеристиках различных систем, основное внимание в диссертации уделено комбинированным волоконно-оптическим системам для внутрискважинной телеметрии, одновременно реализующим различные принципы измерений. Их иерархия представлена на рис. 1.

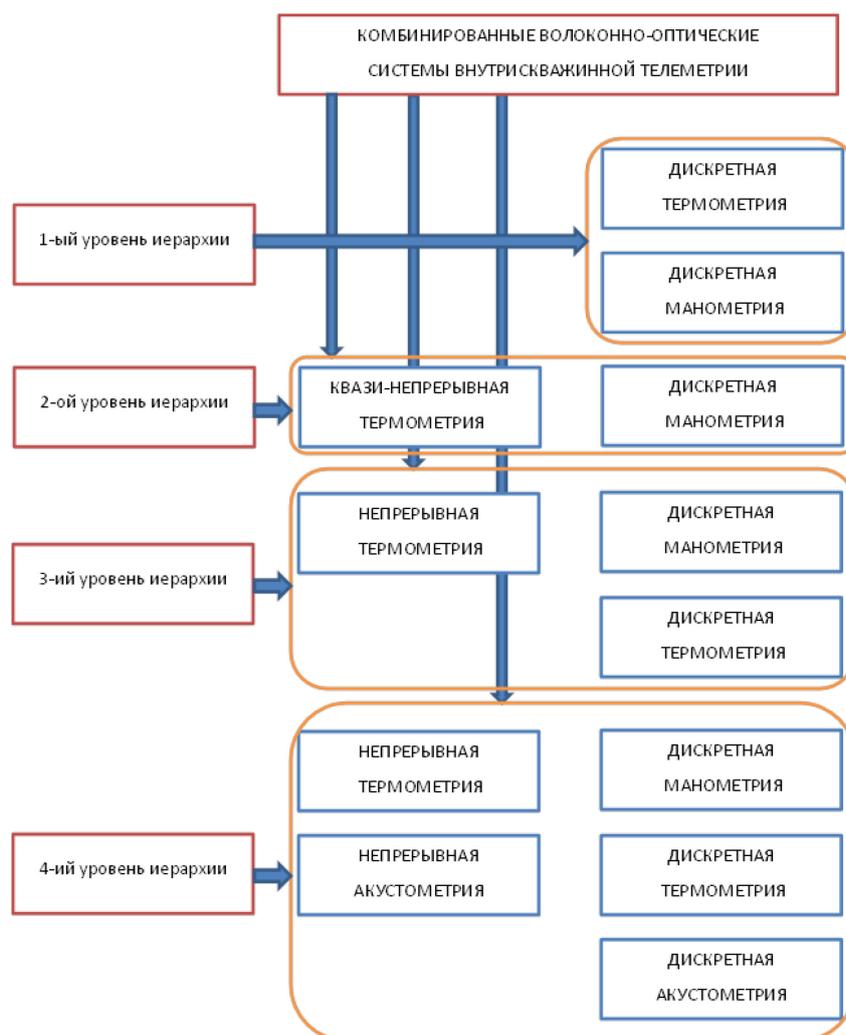


Рис. 1 – Иерархический классификатор комбинированных систем внутрискважинной телеметрии

Первый уровень иерархии комбинированных систем – дискретное измерение температуры и давления, с использованием полученных данных о температуре для уточнения или компенсации данных о давлении.

Второй уровень иерархии комбинированных систем – квази-непрерывное измерение температуры в сочетании с дискретным измерением давления в контрольных точках, с использованием полученных данных о температуре для уточнения или компенсации данных о давлении.

Третий уровень иерархии комбинированных систем – измерение температуры (реже давления) средствами непрерывной телеметрии, с уточнением данными дискретной телеметрии.

Четвертый уровень иерархии комбинированных систем – измерение температуры (реже давления), акустических вибраций и т.д. средствами всех указанных типов непрерывной телеметрии с уточнением данными дискретной телеметрии.

При этом следует учесть, что основное внимание, все-таки, уделяется измерению температуры, и таких датчиков в многосенсорных системах на порядок больше. Кроме того, показания дискретных волоконно-оптических термометров используются как компенсирующие при измерении давления как дискретно, так и в бриллюэновских и, даже, в рамановских распределенных измерениях.

Основной задачей, решенной в [4, 5], явилась задача формирования измерительной системы, построенной на принципах адресных измерений, в основу которой положены адресные волоконные брэгговские структуры (АВБС). В работах предложено два теоретических подхода к формированию адресных волоконных брэгговских структур с инвариантной (при воздействии температуры или деформации) разностной частотой. Первым подходом является использование классической ВБР с внесенными в ее периодическую структуру двух дискретных фазовых сдвигов, второй подход предполагает использование двух сверх узкополосных идентичных друг другу ВБР, разнесенных по частоте.

Первый тип может быть использован на прохождение сигнала, второй – на его отражение. Предложенная идея заключается в том, что в оптический отклик адресной волоконной брэгговской структуры содержит две узкополосные частотные компоненты, разность между спектральным положением которых лежит в радиочастотной области спектра и служит ее уникальным адресом, два других параметра – амплитуда и центральная частота такой структуры заключают в себе информацию о наложенном на АВБС физическом воздействии, в том числе акустическом [6]. По первому параметру осуществляется мультиплексирование АВБС на основе адресных волоконных брэгговских структур, по второму и третьему их опрос как сенсорных элементов.

Заключение. Таким образом, в работе показана актуальность темы и поставлена научно-техническая задача, заключающаяся в разработке комбинированных волоконно-оптических систем внутрискважинной телеметрии, основным обстоятельством развития которых является калибровка и уточнение показаний термометрии, полученных с помощью распределенных непрерывных систем, методами и средствами дискретной термометрии, основанной на использовании АВБС. Как наиболее перспективный, выбран путь с использованием двухкомпонентных АВБС, а также простых и дешевых в реализации способов их радиофотонной интерогации, которые должны быть специально разработаны с учетом процедур прецизионного измерительного преобразования температуры, давления и акустических вибраций по амплитудным параметрам огибающей биений спектральных составляющих зондирующего излучения, прошедших через окна прозрачности или отраженных от двух сверхузкополосных идентичных ВБР в структуре АВБС. Перспективным конструкторским решением является изготовление АВБС и интерогатора в виде фотонной интегральной схемы на оксиде кремния в защищенном исполнении.

*Работа выполнена в рамках проекта «Приоритет-2030»,
выполняемых КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.*

Список литературы

1. *Феофилактов С.В.* Высокоточные системы погружной телеметрии для "жестких" условий эксплуатации // *Инженерная практика*. 2013. №11. С. 61-65.
2. *Морозов О.Г. и др.* Вопросы применения концепции программно-определяемых сетей для систем внутрискважинной волоконно-оптической телеметрии // *Нелинейный мир*. 2014. №10. С. 83-90.
3. *Морозов О.Г. и др.* Полигармонические методы определения температуры на абонентских узлах пассивных оптических сетей // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2014. Т. 1, № 2. С. 77–81.
4. *Сахабутдинов А.Ж. и др.* Волоконные брэгговские решетки с двумя фазовыми сдвигами как чувствительный элемент и инструмент мультиплексирования сенсорных сетей // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4343.
5. *Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж.* Адресные волоконные брэгговские структуры в квазираспределённых радиофотонных сенсорных системах // *Компьютерная оптика*. 2019. Т. 43. № 4. С. 535-543.
6. *Феофилактов С.В. и др.* Волоконно-оптический датчик вибрации «Виб-А» // *Инженерный вестник Дона*. 2018. № 4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5207.

05.13.06

**А.Р. Хабиров, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев,
А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков, К.Г. Кашапов, С.В. Феофилактов**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, AZhSakhabutdinov@kai.ru

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВНУТРИСКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАБОЙНЫХ ЗОН

В работе представлена комбинированная волоконно-оптическая система внутрискважинной телеметрии, основным назначением которой является точечный мониторинг забойной зоны скважин по температуре и давлению, основанный на использовании адресных двухкомпонентных волоконных брэгговских структур. Предложена процедура калибровки датчиков указанной системы и показана возможность ее расширения за счет установки дополнительного датчика на центробежный насос.

Ключевые слова: забойная зона скважины, внутрискважинные системы телеметрии; дискретные системы термометрии и манометрии; адресные двухкомпонентные волоконные брэгговские структуры; калибровка совмещенных датчиков по температуре и давлению.

Введение. На сегодняшний день в топливно-энергетическом комплексе активно используются внутрискважинные стационарные информационно измерительные системы (СИИС) для управления и мониторинга добычи нефти. Применение СИИС позволяет создавать интеллектуальные скважины и непрерывно проводить гидродинамических исследования (ГДИС) для технологий мониторинга добычи и контроля разработки. Интеллектуальная скважина – адаптивная система повышения дебита скважины и продления срока службы насоса путем управления погружным оборудованием, на основе непрерывного анализа данных, получаемых от внутрискважинной ИС в реальном масштабе времени [1]. Традиционный способ проведения ГДИС, который состоит в остановке скважины и помещения в нее геофизического оборудования становится дорогим и постепенно теряет актуальность перед использованием ГДИС на основе обработанных данных СИИС. Мониторинг месторождения также может быть обеспечен сбором и обработкой данных, но уже по нескольким скважинам [2, 3], в которых используются комбинированные системы волоконно-оптической внутрискважинной телеметрии (КСВТ).

КСВТ на основе сдвоенных адресных двухкомпонентных волоконных брэгговских структур (ДВБС) для обеспечения мониторинга забойных зон нефтяных скважин. Система может быть использована для определения температуры и давления забойной зоны с возможностью взаимной калибровки датчиков. Обобщенная конструкция и внешний вид совмещенного внутрискважинного датчика давления и температуры, на основе сдвоенной ДВБС [4] представлены на рис. 1 и рис. 2.



Рис. 1 – Скважина одновременно-раздельной добычи с набором сдвоенных ДВБС

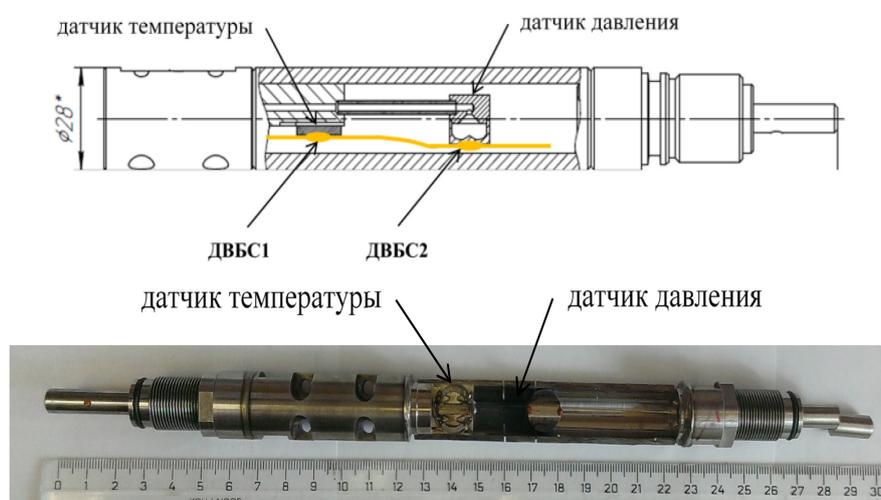


Рис. 2 – Сдвоенный внутрискважинный датчик давления и температуры на ДВБС

В сдвоенном сенсоре (рис. 2) одна из ДВБС является датчиком температуры, а вторая – датчиком давления (или деформации). На ДВБС₁ воздействует только температурное поле, а на ДВБС₂ – и давление и температура. Предполагается, что в области установки ДВБС₁ и ДВБС₂ сенсоров температура одинакова, что обеспечивается конструкцией совмещенного датчика. В представленную малосенсорную сеть на основе совмещенных внутрискважинных датчиков могут быть добавлены так же датчики на ДВБС для мониторинга состояния погружного насоса (рис. 1) [1].

Использование совмещенных оптоволоконных датчиков оправдано по многим причинам, основной из них является то, что ДВБС в оптическом волокне, используемая в качестве чувствительного элемента таких систем, крайне чувствительна к любым температурным воздействиям. Компенсировать влияние температуры на комплексированный оптический

отклик от ДВБС за счет оптической, электронной или механической схем не удастся. Совмещенная система, состоящая из независимого датчика температуры и датчика измеряемой физической величины, предназначена для того, чтобы учесть влияние изменения внешней температуры на показание датчика давления. В совмещенной системе датчик «давления и температуры» температура воздействует на оба датчика одинаково, а на датчик давления кроме этого воздействует еще и давление [5].

Смещение центральной частоты ДВБС₁ и ДВБС₂ при только температурном воздействии может быть не одинаково, поскольку датчик температуры закреплен свободно, а конструкция датчика давления обеспечивает передачу внешнего механического воздействия на оптическое волокно. Для датчика давления строится аппроксимирующий полином, который зависит от двух переменных – смещения центральной частоты датчика температуры и датчика давления. Калибровка датчика давления состоит в определении коэффициентов полинома методом наименьших квадратов.

Калибровка датчиков производится с использованием сертифицированного оборудования, позволяющего задавать и поддерживать требуемые значения – задатчиков давления и температуры. Температура и давление меняются с дискретным шагом во всем измерительном диапазоне, в каждой точке измеряются смещения центральных длин волн датчиков давления и температуры. Для каждого близких (или равных) значений давления и температуры, измерение смещения центральных длин волн может быть проведено сколько угодно количество раз:

$$\{\Delta\lambda_{Ti}, \Delta\lambda_{Pi}, T_i, P_i\}, i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где i – порядковый номер измерения, $\Delta\lambda_{Ti}$ – смещение центральной длины волны датчика температуры, $\Delta\lambda_{Pi}$ – смещение центральной длины волны датчика давления; T_i – температура, P_i – давление контрольного измерения. Количество измерений N выбирается из требований к подробности покрытия всего диапазона измерений как по давлению, так и по температуре, чем больше измерений будет проведено во всем диапазоне, чем равномернее эти измерения будут распределены, тем точнее будут аппроксимирующие зависимости температуры и давления.

На основании данных (1) необходимо построить функциональную зависимость температуры, как функции смещения центральной длины волны датчика температуры, и давления, как функции смещения центральных длин волн датчиков температуры и давления, то есть, зависимость температуры будет искать в виде функции одной переменной $T = f(\Delta\lambda_T)$, а зависимость давления как функции двух переменных $P = g(T, \Delta\lambda_P) = g(T(\Delta\lambda_T), \Delta\lambda_P)$.

Функция давления в зависимости от смещения центральной длины волны при постоянной температуре описывается полиномом третьей степени от $\Delta\lambda_P$:

$$P = a_3 \cdot (\Delta\lambda_P)^3 + a_2 \cdot (\Delta\lambda_P)^2 + a_1 \cdot \Delta\lambda_P + a_0. \quad (2)$$

Зависимость температуры (T) – полиномом второй степени от $\Delta\lambda_T$:

$$T = f(\Delta\lambda_T, c_2, c_1, c_0) = c_2 \cdot (\Delta\lambda_T)^2 + c_1 \cdot \Delta\lambda_T + c_0. \quad (3)$$

Логично предположить, что для каждого значения температуры коэффициенты $a_i, i = \{0, 1, 2, 3\}$ в аппроксимации (2) будут зависеть от температуры, причем, эта зависимость будет иметь вид (3). Тогда (2) правильно будет переписать в виде:

$$P = F(\Delta\lambda_P, a_k) = a_3(t) \cdot (\Delta\lambda_P)^3 + a_2(t) \cdot (\Delta\lambda_P)^2 + a_1(t) \cdot \Delta\lambda_P + a_0(t), \quad (4)$$

где

$$a_n(t) = c_{2,n}(\Delta\lambda_T)^2 + c_{1,n}\Delta\lambda_T + c_{0,n}. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4) и раскрыв скобки, получим выражение:

$$P = F(\Delta\lambda_T, \Delta\lambda_P) = \begin{cases} c_{2,3} \cdot \Delta\lambda_T^2 \cdot \Delta\lambda_P^3 + c_{2,2} \cdot \Delta\lambda_T^2 \cdot \Delta\lambda_P^2 + c_{2,1} \cdot \Delta\lambda_T^2 \cdot \Delta\lambda_P + \\ c_{2,0} \cdot \Delta\lambda_T^2 + c_{1,3} \cdot \Delta\lambda_T \cdot \Delta\lambda_P^3 + c_{1,2} \cdot \Delta\lambda_T \cdot \Delta\lambda_P^2 + \\ c_{1,1} \cdot \Delta\lambda_T \cdot \Delta\lambda_P + c_{1,0} \cdot \Delta\lambda_T + c_{0,3} \cdot \Delta\lambda_P^3 + c_{0,2} \cdot \Delta\lambda_P^2 + \\ c_{0,1} \cdot \Delta\lambda_P + c_{0,0} \end{cases}, \quad (6)$$

описывающее зависимость давления от смещения центральных длин волн двух датчиков – давления и температуры.

Осталось определить 12 входящих в (6) неизвестных константы $\{c_{m,n}\}$, $m = \{2, 1, 0\}$, $n = \{3, 2, 1, 0\}$, которые находятся из условий наименьших квадратичных отклонений от калибровочных данных (1).

Заключение. По результатам подтверждающих экспериментов получены максимальные относительные погрешности 0,05% от полной шкалы измерения температуры в 110 °С и 0,08% от полной шкалы измерения в 500 атм. Предложенная методика позволяет говорить о том, что подход к совместной калибровке датчиков давления и температуры обеспечивает высокую степень точности, малые вносимые погрешности и должен быть применим к калибровке совмещенных датчиков, особенно, используемых в оптоволоконных измерениях. Перспективным конструкторским решением является изготовление блока интеррогатора двоярных датчиков РДВОД (рис. 1) в виде фотонной интегральной схемы на оксиде кремния в защищенном исполнении.

*Работа выполнена в рамках проекта «Приоритет-2030»,
выполняемых КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.*

Список литературы

1. *Феофилактов С.В. и др.* Технология измерения продуктивности пластов при одновременно-раздельной эксплуатации скважин с применением электроцентробежных насосов в ООО «ЛУКОЙЛ - Западная Сибирь» // Нефтяное хозяйство. 2017. №8. – С. 108-111.
2. *Морозов О.Г. и др.* Вопросы применения концепции программно-определяемых сетей для систем внутрискважинной волоконно-оптической телеметрии // Нелинейный мир. 2014. №10. С. 83-90.
3. *Морозов О.Г. и др.* Полигармонические методы определения температуры на абонентских узлах пассивных оптических сетей // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. Т. 1, № 2. С. 77–81.
4. *Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж.* Адресные волоконные брэгговские структуры в квазираспределённых радиофотонных сенсорных системах // Компьютерная оптика. 2019. Т. 43. № 4. С. 535-543.
5. *Сахабутдинов А.Ж. и др.* Процедура решения задач калибровки совмещенных датчиков давления и температуры // Нелинейный мир. 2015. Т. 13. № 8. С. 32-38.

05.13.06

В.Д. Яковлева

Арктический государственный агротехнологический университет,
Инженерный факультет,
Якутск, usdyak@mail.ru

РЕШЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В данной статье отмечается, что оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур с целью получения высоких и стабильных урожаев хорошего качества – одна из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством. Достижение этой цели невозможно без серьезных знаний о свойствах почвы, биологических особенностях культур, способах и формах применяемых удобрений и их взаимодействии между собой и с другими объектами окружающей среды.

Ключевые слова: удобрения, минеральное питание, комплексная механизация.

Применение высококонцентрированных простых и сложных удобрений позволит сократить объем погрузочно-разгрузочных работ, что особенно важно в связи с намечаемым расширением использования авиации для разбрасывания удобрений. Чтобы возместить эти потери, нужно рационально использовать минеральные и органические удобрения. Удобрения содержат основные элементы питания растений: фосфор (P), калий (K), азот (N) и вещества, которые улучшают физические, химические и биологические свойства почвы и тем самым способствуют повышению урожайности культурных растений [1-5]. В перспективе показатели качества, такие, как неравномерность распределения питательных веществ $Q_{нп}$, доза D и допуски на них, в каждом конкретном случае должны определяться в результате максимизации чистого дохода от внесения удобрений:

$$\Pi = MU(D, Q_{нп}) - P_{уд}(D, Q_{нп}) - aD - Z - F(D, Q_{нп}), \quad (1)$$

где M – цена единицы продукции; $U(D, Q_{нп})$ – урожайность сельскохозяйственной культуры; $P_{уд}(D, Q_{нп})$ – удельные приведенные затраты на приготовление и внесение удобрений с дозой D и качеством распределения $Q_{нп}$; a – затраты на применение удобрений, независимые от качества и способа их внесения; Z – расходы, независимые от показателей D и $Q_{нп}$; $F(D, Q_{нп})$ – издержки низкого качества внесения удобрений с дозой D и неравномерностью $Q_{нп}$. В общем виде функциональную зависимость показателя качества распределения удобрений на участке поля шириной B_p , обработанного одним агрегатом, при двух смежных проходах можно представить так:

$$Q_{нм} = 100\sqrt{D[q(x, y), \Pi(y), l] / \{q_{ср}[q(x, y), \Pi(y)l]\}}; \quad (2)$$

$$q_{ср} = \frac{1}{(B_0 - \Pi)l} \int_0^l \left[\int_{B_0/2}^{B_0 - \Pi} q(x, y) dx + \int_{B_0 - \Pi}^{B_0} [q(x, y) + q(x - B_0 + \Pi, 2l - y)] dx + \int_{B_0}^{3/2 B_0 - \Pi} q(x - B_0 + \Pi, 2l - y) dx \right] dy; \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
D[q(x, y)] = & \frac{1}{(B_0 - \Pi)l} \int_0^l \left| \int_{B_0/2}^{B_0 - \Pi} [q_{\text{ср}} - q(x, y)]^2 dx \right. \\
& + \int_{B_0}^{B_0 - \Pi} [q_{\text{ср}} - q(x, y) - q(x - B_0 + \Pi, 2l - y)]^2 dx \\
& \left. + \int_{B_0}^{3/2 B_0 - \Pi} [q_{\text{ср}} - q(x - B_0 + \Pi, 2l - y)]^2 dx \right| dy
\end{aligned} \quad (4)$$

где $\Pi(y)$ – перекрытие смежных проходов агрегата; $B_0 = 2|x_1|$, x_1 – решение уравнения $q(x, y)|_{y=0} = 0$.

Зная для каждого конкретного случая величины $Q_{\text{нмо}}$, λ , B_p , l , L , можно определить зависимости

$$Q_{\text{нм}} = F(Q_{\text{нм}}, \lambda, B_p, l, L); \quad (5)$$

$$D = D(Q_{\text{нм}}, \lambda, B_p, l, L). \quad (6)$$

Так, при заданных значениях $Q_{\text{нмо}}$, λ , L и ограничении величины $Q_{\text{нм доп}}$ рабочая ширина захвата B_p зависит от длины гона l , т.е. для каждой длины гона должна быть своя рабочая ширина захвата. Может случиться так, что начиная с некоторой длины гона $l_{\text{доп}}$, нельзя найти такого перекрытия, при котором показатель неравномерности удовлетворял бы условно $Q_{\text{нм}} \leq Q_{\text{нм доп}}$. Чтобы обеспечить нужное качество внесения удобрений в этом случае машина должна работать на гонах с длиной, удовлетворяющей условию $l \leq l_{\text{доп}}$ или же необходимо устанавливать ограничение на нестабильность дозы или величину $Q_{\text{нмо}}$, а соответственно и на конструктивные параметры рабочих органов машин для внесения удобрений [1-9].

Тогда эффект в рублях от внесения 1 т удобрений с учетом затрат на их приготовление, внесение, стоимости компоста, прибавки урожая и затрат на его транспортирование можно представить в виде:

$$\Pi = (M - T)[a_1 + a_2 D^2 (1 + Q_{\text{нм}}^2)] - \Pi_{\text{уд пр}}(Q_N) - \Pi_{\text{уд вн}}(Q_{\text{нм}}) - \Pi_{\text{см}} - F(D, Q_{\text{нм}}), \quad (7)$$

где M – цена единицы продукции, руб. на 1 т; T – затраты на транспортирование единицы продукции, руб. на 1 т; a_1 , a_2 – эмпирические коэффициенты, характеризующие функцию отзывчивости данной сельскохозяйственной культуры на удобрения; $\Pi_{\text{см}}$ – цена единицы массы компоста, руб. на 1 т.

Оптимальные показатели качества приготовления удобрений (компостов) и их распределение по полю $Q_{\text{нм}}$ находятся в результате максимизации эффекта при условии:

$$\varphi(Q_N, Q_{\text{нм}}, Q_{\text{нн}}) = Q_N Q_{\text{нм}} + Q_N^2 + Q_{\text{нн}} = 0. \quad (8)$$

Отыскание условного максимума можно свести к исследованию на обычный максимум функции Лагранжа $L = \Pi + \lambda \varphi$.

Найденные в результате решения задачи значения Q_N^* , $Q_{\text{нн}}^*$ и $Q_{\text{нм}}^*$ будут оптимальными для ванной технологии приготовления и внесения компостов.

Знание значений Q_N^* , $Q_{\text{нм}}^*$ позволит по-новому подойти к задаче контроля и управления качеством технологического процесса приготовления и внесения удобрений. Предположив, что для данных конкретных условий нашли зависимость (10) и подставив в нее $Q_{\text{нм}}^*$, получим:

$$Q_{\text{нм}} = F(Q_{\text{нмо}}, \lambda, B_p, l, L). \quad (9)$$

Учитывая, что для конкретных условий $Q_{\text{нмо}} = \text{const}$, $\lambda = \text{const}$, $l = \text{const}$, $h = \text{const}$, оптимальную рабочую ширину B_p находим из уравнения

$$Q_{\text{нм}}^* = F(B_p). \quad (10)$$

Аналогично определяются оптимальные режимы работы смесительной установки, если известна зависимость Q_N^* , например, от частоты вращения ее ротора или продолжительности

перемешивания. Поддержание рабочей ширины захвата разбрасывателя, оптимальных режима работы смесителя и времени смешивания позволят при условии постоянства остальных показателей и параметров обеспечить необходимое качество внесения удобрений.

Рассмотренный подход к выбору критериев качества распределения удобрений, на основе функции отзывчивости, позволяет по-новому подойти к обоснованию параметров дозирующих и распределяющих рабочих органов машин для локального внесения.

Список литературы

1. *Кокиева, Г.Е., Гоголева, И.В. Ноев, Д.М. Друзьянова, В.П.* Автоматизация работы рабочих органов комбинированного орудия для предпосевной обработки почвы // Научно-технический вестник Поволжья. 2019г. № 11. С. 68-70.
2. *Кокиева Г.Е., Павлова А.И., Черкашина М.И.* Интенсивность процесса микробного синтеза при заквашивании кормов // Южно-сибирский научный вестник. 2019г. № 1 (25). с. 198-202.
3. *Кокиева Г.Е.* Инновационные пути управления отраслями жизнеобеспечения в Арктике // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 3. с. 63-65.
4. *Кокиева Г.Е., Савватеева И.А., Дмитриева Т.Г.* Математическое моделирование аппарата для культивирования микроорганизмов с подводом кислорода, содержащим механическое перемешивающее устройство // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018г. – № 9. – с. 48-50.
5. *Кокиева Г.Е., Елтунова И.Б., Рабданова В.В.* Математическое компьютерное моделирование конструктивно-режимных и технологических параметров установки // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 4. с. 112-117.
6. *Кокиева Г.Е., Войнаш С.А.* Обоснование рационального восстановления деталей // Известия тульского государственного университета. технические науки. 2020. № 2. с. 412-417.
7. *Шуханов С.Н., Ханхасаев Г.Ф.* Системы машин в земледелии Бурятии : учеб. пособие. - Улан-Удэ : Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2006. - 26 с.
8. *Шуханов С.Н., Ханхасаев Г.Ф.* Учебное пособие по технологии современного производства. - Улан-Удэ : Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2006. - 50 с.
9. *Шуханов С.Н., Болоев, П.А.* Разработка ресурсосберегающих технологий эксплуатации и диагностики транспортных машин в условиях Восточной Сибири [Электронный ресурс] : моногр. – Электрон. текстовые дан. – Иркутск, 2016. – 150 с.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)**

05.13.11

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова

СарФТИ НИЯУ МИФИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ
В СИСТЕМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ**

В данной работе представлены результаты исследования платформы 1С:Предприятия в части кластеризации используемых технических средств. Дается подробное описание выбранной технологической платформы (далее ТП). Подробно описана работа агентов кластера серверов на ТП 1С. Представлены и детально разобраны варианты реализации кластера серверов ТП 1С.

Ключевые слова: кластеризация, 1С:Предприятие, кластер серверов, технологическая платформа, агент.

Технологическая платформа «1С:Предприятие» (далее ТП 1С) является одной из наиболее широко используемых платформ для автоматизации деятельности предприятия.

При одновременном подключении к платформе 1С более сотни пользователей, в работе технологической платформы могут возникать задержки в связи с перегрузкой аппаратного обеспечения. Так же, при использовании одного физического сервера для обработки как прикладной части ТП 1С, так и СУБД, возникают большие риски потери данных при сбое в аппаратной части системы.

1С:Предприятие - это специализированная объектно-ориентированная СУБД, предназначенная для автоматизации деятельности предприятия.

Кластер серверов ТП 1С – это логическое понятие, обозначающее совокупность процессов, которые обслуживают один и тот же комплект информационных баз[1].

Кластер серверов ТП 1С является основным компонентом технологической платформы и обеспечивает взаимодействие между системой управления базами данных и пользователем в случае варианта клиент-серверной работы. Кластер дает возможность организовать бесперебойную, устойчивую к отказам, конкурентную работу для значительного количества пользователей с объемными информационными базами.

Основные возможности кластера серверов [1]:

- возможность функционировать как на нескольких, так и на одном компьютере (рабочих серверах);
- взаимодействие всех процессов кластера между собой, с клиентскими приложениями и сервером баз данных осуществляется по протоколу ТСР/IP;
- процессы кластера, могут быть запущены и как сервис и как приложение;
- и т.д.

Один из компьютеров, входящих в состав кластера серверов, является центральным сервером кластера. Центральный сервер, помимо обслуживания клиентских соединений, управляет работой всего кластера и хранит реестр кластера.

При установке соединения клиентское приложение обращается к центральному серверу кластера. Центральный сервер, на основе анализа статистики загруженности рабочих процессов, направляет клиентское приложение к конкретному рабочему процессу, который будет его обслуживать. Этот процесс может находиться как на центральном сервере, так и на любом рабочем сервере кластера[1].

На рисунке 1 представлены все элементы, которые задействованы в работе кластера серверов, а именно:

- процессы кластера серверов [2];
- агент сервера (ragent.exe);
- менеджер кластера (rmngr.exe);
- рабочий процесс (rphost.exe);
- хранилища данных:
- список кластеров;
- реестр кластера.

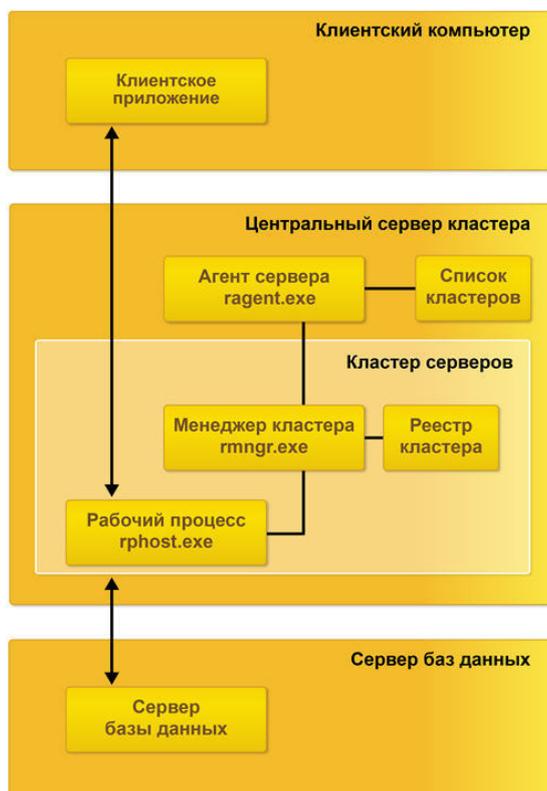


Рис. 1 – Структурная схема простейшего кластера серверов

Функционирование компьютера в составе кластера обеспечивается процессом ragent.exe, который называется агентом сервера [3]. Соответственно компьютер, на котором запущен агент сервера, называется рабочим сервером. Одной из функций агента сервера является ведение списка кластеров, расположенных на данном рабочем сервере.

Агент сервера и список кластеров не входят в состав кластера серверов, а лишь обеспечивают работу сервера и кластеров, которые расположены на нем.

Непосредственно кластер серверов включает в себя такие элементы, как: один или несколько процессов rmngr.exe; реестр кластера; один или несколько процессов rphost.exe.

Процесс rmngr.exe называется менеджером кластера. Этот процесс управляет функционированием всего кластера. В составе кластера может существовать несколько процессов менеджера кластера. Один из этих процессов всегда является главным менеджером кластера, остальные - дополнительными менеджерами.

Рабочий сервер, на котором функционирует главный менеджер кластера и располагается реестр кластера, называется центральным сервером кластера. Одной из функций главного менеджера кластера является ведение реестра кластера.

Процесс rphost.exe называется рабочим процессом. Рабочий процесс обслуживает непосредственно клиентские приложения, взаимодействует с сервером баз данных и в нем, в частности, могут исполняться процедуры серверных модулей конфигурации.

ТП 1С:Предприятие поддерживает следующие варианты кластеров:

- Отказоустойчивый кластер серверов (резервирование кластера серверов, резервирование рабочих серверов);
 - Масштабируемый кластер серверов (использование нескольких менеджеров, использование нескольких рабочих процессов, использование нескольких рабочих серверов).
- Архитектурная схема отказоустойчивого кластера серверов представлена на рисунке 2.



Рис. 2 – Отказоустойчивый кластер серверов

При выходе из строя активного кластера активным становится следующий работоспособный кластер группы. При восстановлении работоспособности кластера, который находится в группе раньше активного, активность передается ему после автоматической синхронизации данных. На рисунке 3 представлена структурная схема варианта отказоустойчивого кластера серверов 1С с резервированием рабочих серверов.

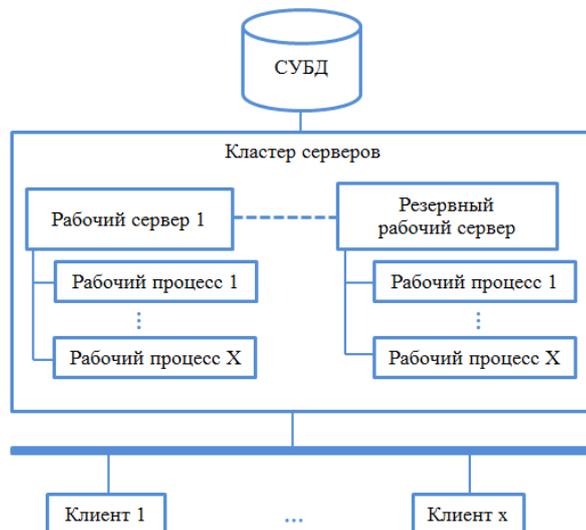


Рис. 3 – Резервирование рабочих серверов

Резервные сервисы запускаются автоматически в количестве, необходимом для обеспечения заданной отказоустойчивости. В реальном режиме времени выполняется репликация активного сервиса на резервные.

Варианты резервирования СУБД PostgreSQL представлены на рисунке 4.

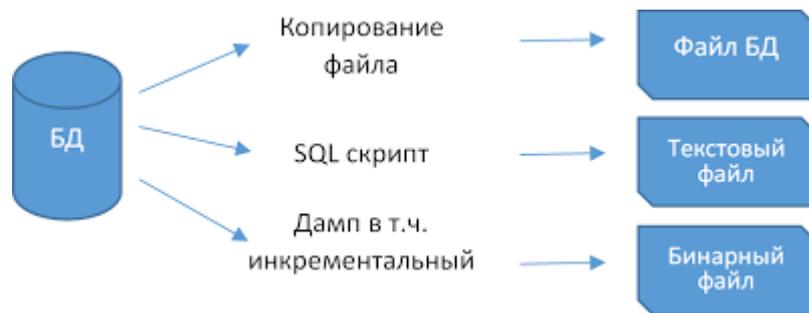


Рис. 4 – Варианты резервирования СУБД PostgreSQL

Масштабирование кластера серверов может осуществляться несколькими способами:

- за счет увеличения количества менеджеров кластера и распределения между ними сервисов;
- за счет увеличения количества рабочих процессов, функционирующих на конкретном рабочем сервере;
- за счет увеличения количества рабочих серверов, входящих в состав кластера.

Все функции, выполняемые менеджером кластера, разделены на несколько сервисов. Эти сервисы могут быть назначены различным менеджерам кластера, что позволяет распределить всю нагрузку между несколькими процессами.

Увеличение количества рабочих серверов, входящих в кластер, позволит использовать большее количество рабочих процессов (обслуживать большее количество клиентских соединений), не увеличивая при этом нагрузку на каждый конкретный рабочий процесс.

Список литературы

1. 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8. URL: <http://v8.1c.ru> (дата обращения: 29.09.2020г.);
2. 1С-Архитектор бизнеса. URL: <https://programmist1s.ru> (дата обращения 08.08.2021г.);
3. KoderLine. Обслуживание и внедрение 1С. URL: <https://www.koderline.ru> (дата обращения: 15.09.2021г.).

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

¹А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, ¹Р.М. Галиев канд. техн. наук,
²Э.М. Мухаметдинов канд. техн. наук, ¹В.М. Нигметзянова канд. педагог. наук,
¹Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук

Набережночелнинский институт
ФГАОУ ВО «Казанский (Поволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,

¹кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,

²кафедра «Сервис транспортных систем»,

Набережные Челны, aleks-jb@mail.ru

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК
В ПРИВОДЕ КОЛЁС ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ**

Статья освещает вопросы нагруженности основных деталей межколёсного дифференциала грузового автомобиля. Проведён анализ факторов, определяющих долговечность работы дифференциала. Предложена расчётная методика определения конструктивных параметров полуосевых шестерён с учётом влияния внешних эксплуатационных факторов.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, ведущий мост, зубчатое колесо, картер дифференциала, антифрикционная шайба, условия эксплуатации.

Эксплуатация грузовых автомобилей происходит в сложных дорожных и природно-климатических условиях. Узлы и детали трансмиссии подвержены воздействию нагрузок различного вида, что приводит к сокращению срока службы, отказам и неисправностям. Наиболее сложное нагружение возникает в узлах, относящихся к неподрессоренной части автомобиля и открытых воздействию внешних факторов (потоков холодного воздуха, атмосферных осадков, дорожных загрязнений). К таким узлам относятся межколёсные дифференциалы, обеспечивающие распределение крутящих моментов по ведущим колёсам.

Условия работы межколёсного дифференциала отличаются от других узлов трансмиссии рядом особенностей. Во-первых, нагруженность деталей существенно зависит от режима движения автомобиля, состояния опорной поверхности и величины внутреннего трения. Во-вторых, дифференциал, как и весь ведущий мост, относится к неподрессоренной части автомобиля и подвергается воздействию вибрационных и динамических нагрузок [1, 2]. В-третьих, начало движения автомобиля в холодное время года выполняется, как правило, без предварительного прогрева узлов трансмиссии, что приводит к ухудшению условий смазки деталей, изменению установленных зазоров, люфтов и натягов, повышению хладноломкости и дополнительным потерям мощности в приводе [3].

В итоге происходит изнашивание рабочих поверхностей деталей, особенно тех, которые работают в условиях трения скольжения, как, например, торцевая поверхность полуосевой шестерни (рис. 1) и опорная поверхность чашки дифференциала.

Интенсивность износа может определяться как режимом нагружения трансмиссии, как и дополнительными факторами, например, абразивным действием пыли и мелких частиц дорожных загрязнений. Существенным фактором ограничения долговечности дифференциала является смятие рабочих поверхностей полуосевых шестерён, антифрикционных шайб и чашек дифференциала.

В отличие от опорных поверхностей сателлитов, имеющих, как правило, сферическую поверхность, полуосевые шайбы и чашки дифференциала взаимодействуют на плоских контактных поверхностях, что может привести к их радиальному смещению в процессе эксплуатации. Такое смещение способствует интенсификации износа и дальнейшему нарушению относительного положения деталей дифференциала.

Основным силовым фактором, определяющим величину напряжения смятия рабочих поверхностей, является усилие, передаваемое на полуосевые шестерни от ведомого колеса главной передачи через сателлиты.



Рис. 1 – Полуосевая шестерня межколёсного дифференциала в контакте с сателлитами

При рассмотрении условий взаимодействия зубчатых колёс дифференциала исходят из предположения, что каждый сателлит передаёт крутящий момент одновременно двумя зубьями на две сопряжённые с ним полуосевые шестерни [1]. Такое нагружение соответствует случаю прямолинейного движения автомобиля, когда в приводе отсутствует кинематическое рассогласование.

Однако следует принимать во внимание, что согласно исследованиям отечественных учёных причины возникновения кинематического рассогласования в межосевом приводе достаточно разнообразны [4]. Вероятность вращения сателлитов в режиме прямолинейного движения существует вследствие возможного различия в радиусах качения колёс, а также движения по неровностям дороги. Соответственно изменяются и условия нагружения зубчатых колёс.

Необходимо также учитывать, что при малом трении в межколёсном дифференциале и проскальзывании одного из ведущих колёс на опорной поверхности с малым коэффициентом сцепления происходит раскручивание полуоси. Интенсивное вращение сателлита и соответствующей полуосевой шестерни не сопровождается передачей крутящего момента, ограничиваемого условиями сцепления. В то же время угловое перемещение отстающей полуоси и полуосевой шестерни является незначительным.

В случае блокировки дифференциала поворот сателлитов невозможен и крутящие моменты распределяются в соответствии с условиями сцепления ведущих колёс [5]. Поэтому полуосевые шестерни могут воспринимать существенно большую нагрузку, чем та, которая рассчитывается, исходя из равного распределения крутящего момента сателлитами.

Определение усилий, действующих в контакте зубьев сателлитов и полуосевых шестерён, имеет значение не только для последующих расчётов зубчатых колёс на изгибную и контактную прочность. Нагрузка на поверхность контакта полуосевой шестерни с антифрикционной шайбой и через неё, с опорной поверхностью чашки дифференциала, также зависит от усилий, передаваемых сателлитами.

Расчётная методика, разрабатываемая авторами статьи и позволяющая оценить долговечность дифференциала, должна учитывать условия эксплуатации и состояние деталей [6]. Применительно к полуосевой шестерне окружное усилие, передаваемое сателлитом, определяется по формуле:

$$P_{psh} = \frac{M_{e\max} \cdot u_{kp\max} \cdot u_{gp} \cdot k_d}{d_{opsh} \cdot n_{sat}}$$

где $M_{e\max}$ - максимальный крутящий момент двигателя; $u_{kp\max}$ - передаточное число коробки передач на низшей передаче; u_{gp} - передаточное число главной передачи; k_d - коэффициент динамичности; d_{opsh} - делительный диаметр полуосевой шестерни; n_{sat} - число сателлитов.

Напряжение смятия, действующее на опорную поверхность чашки дифференциала, находится по формуле:

$$\sigma_{sm} = \frac{P_{\Sigma psh}}{F_{op}} = \frac{4 \cdot P_{psh} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\omega} \cdot \operatorname{Sin}(0,5 \cdot \delta_{psh}) \cdot n_{sat}}{\pi \cdot (D_{op}^2 - d_{op}^2) \cdot k_s}$$

где $P_{\Sigma psh}$ - суммарное усилие, действующее на полуосевую шестерню от сопряжённых сателлитов; F_{op} - расчётная площадь опорной поверхности чашки дифференциала; α_{ω} - угол профиля зуба; δ_{psh} - угол основания делительного конуса полуосевой шестерни; D_{op} , d_{op} - внешний и внутренний диаметры опорной поверхности чашки дифференциала; k_s - коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения опорной поверхности.

Выбор конструктивных параметров межколёсного дифференциала грузового автомобиля с учётом предлагаемых зависимостей позволяет, по мнению авторов статьи, повысить долговечность деталей и уменьшить вероятность отказов. Достоверность предложенной расчётной методики подтверждена данными экспериментальных исследований.

Список литературы

1. *Осепчугов В.В.* Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с. – Текст: непосредственный.
2. *Гусаков Н.В.* Конструкция автомобиля. Шасси / Н.В. Гусаков, И.Н. Зверев, А.Л. Карунин [и др.] // Под общ. ред. А.Л. Карунина. – Москва: МАМИ, 2000. – 528 с. – Текст: непосредственный.
3. *Барыкин А.Ю.* Оценка затрат энергии в процессе зимней эксплуатации ведущего моста грузового автомобиля / А.Ю. Барыкин, Р.Х. Тахавиев. – Текст: непосредственный // Энергосбережение. Наука и образование: сборник докладов Международной конференции. - Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2017. - С. 52-57.
4. *Аксенов П.В.* Многоосные автомобили. 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1989. – 280 с. – Текст: непосредственный.
5. *Дифференциалы колёсных машин / А. Ф. Андреев [и др.]; Под общ. ред. А.Х. Лефарова.* – Москва: Машиностроение, 1987. - 176 с., ил. – Текст: непосредственный.
6. *Барыкин А.Ю.* Оценка факторов, определяющих условия эксплуатации привода колёс / А. Ю. Барыкин, М. М. Мухаметдинов. – Текст: электронный // Архитектурно-строительный и дорожный комплексы: проблемы, перспективы, новации. Материалы Международной научно-практической конференции, 7-9 декабря 2016. – Омск: СиБАДИ, 2016. - С. 541-545. – Режим доступа <http://bek.sibadi.org/fulltext/ed2224.pdf>

05.13.18

**О.Ю. Долматов, М.М. Балачков, М.Д. Юрченко,
М.С. Кузнецов, А.А. Пермикин, В.И. Бойко**

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет,
ИЯТШ, ОЯТЦ,
Томск, kms@tpu.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ БОРИДА ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧАЕМОГО МЕТОДОМ СВ-СИНТЕЗА

В работе рассматриваются защитные свойства от полей ионизирующего излучения перспективного борида вольфрама – соединения, получаемого методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Продемонстрированы зависимости плотности потока нейтронов различных энергий от толщины защиты. Установлено, что для эффективного ослабления потока необходимо добавить в систему замедлитель. Отмечено, что при послойном добавлении полиэтилена, наблюдается существенное улучшение защитных свойств экрана.

Ключевые слова: *СВ-синтез, борид вольфрама, математическое моделирование, защитный экран.*

Одним из самых перспективных и многообещающих направлений современной науки и техники являются ядерные технологии. Однако при работе с объектами использования ядерных технологий зачастую возникает взаимодействие персонала и техники с ионизирующим излучением (ИИ), представляющим опасность.

Для предотвращения пагубного воздействия ИИ на персонал используются защитные экраны, снижающие потоки излучения до безопасных уровней. Традиционно такие экраны изготавливаются из нескольких слоев различных элементов, каждый из которых выполняет определенные свойства: традиционно в качестве защитных материалов используют тяжёлые металлы для защиты от γ -квантов, водородосодержащие вещества, бериллий, углерод – для замедления нейтронов; бор, кадмий, гафний и другие поглотители – для поглощения замедлившихся нейтронов.

Из-за необходимости повышения уровня безопасности с развитием ядерных технологий, важным требованием является повышение эффективности защитных материалов. Одним из перспективных направлений является производство труднополучаемых соединений легких и тяжелых элементов, эффективно защищающих от различных типов ИИ. Таким материалом могут является бориды вольфрама.

Данные соединения можно получать методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [1]. Однако перед получением материалов необходимо оценить его защитные свойства путем математического моделирования. Одним из наиболее опасных типов излучения, присутствующих на объектах использования ядерных технологий, является нейтроны из-за широкого спектра вызываемых ими эффектов при взаимодействии с веществом. Поэтому первоначально рассматриваются защитные свойства в контексте ослабления нейтронных потоков.

Моделирование процесса ослабления происходило с помощью решения следующей системы дифференциальных уравнений ослабления плоскопараллельного пучка нейтронов в 26-групповом приближении:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\Phi^1}{dx} = -(\Sigma_a^1 + \Sigma_3^1) \cdot \Phi^1; \\ \frac{d\Phi^2}{dx} = -(\Sigma_a^2 + \Sigma_3^2) \cdot \Phi^2 + \Sigma_3^{1 \rightarrow 2} \cdot \Phi^1; \\ \dots \\ \frac{d\Phi^{25}}{dx} = -(\Sigma_a^{25} + \Sigma_3^{25}) \cdot \Phi^{25} + \sum_{k=1}^{24} \Sigma_3^{k \rightarrow 25} \cdot \Phi^k; \\ \frac{d\Phi^{26}}{dx} = -\Sigma_a^{26} \cdot \Phi^{26} + \sum_{k=1}^{25} \Sigma_3^{k \rightarrow 26} \cdot \Phi^k; \\ \Phi^1(0) = \Phi_0^1; \\ \Phi^2(0) = \Phi_0^2; \\ \dots \\ \Phi^{25}(0) = \Phi_0^{25}; \\ \Phi^{26}(0) = \Phi_0^{26}; \end{array} \right. \quad (1)$$

где Φ^i – плотность потока в i -й группе нейтронов; i – номер, рассчитываемой энергетической группы; $\Sigma_{a,3}^i$ – макроскопические сечения поглощения и замедления для i -ой группы нейтронов соответственно; $\Sigma_3^{k \rightarrow i}$ – макроскопические сечения замедления из k -й группы в i -ю; k – номер группы от первой до i -й не включая i -ю; x – расстояние, пройденное пучком нейтронов в защитном материале; Φ_0^i – начальная плотность потока нейтронов в i -ой группе.

Для численного решения была использована конечноразностная схема, приводящая к решению уравнений в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Phi_n^i &\approx \Phi_{n-1}^i \cdot e^{-\alpha^i \cdot \Delta x} + \Delta x \cdot \sum_{k=1}^i \Sigma_3^{k \rightarrow i} \cdot \Phi_{n-1}^k; \\ \Sigma_a^i + \Sigma_3^i &\equiv \alpha^i, \end{aligned} \quad (2)$$

где Φ_n^i – плотность потока нейтронов после прохождения n -го участка защиты; n – номер участка защиты; Δx – расстояние, пройденное пучком нейтронов в n -ом слое защиты (при моделировании выбиралось одинаковым для одного и того же материала).

Для получения адекватных результатов с физической точки зрения, а именно: плотность потока нейтронов всегда должна быть неотрицательной, выбранная конечноразностная схема требует выполнения условия:

$$\begin{aligned} \Delta x \cdot \alpha^{i,k} &< 1; \\ \alpha^i - \alpha^k &\equiv \alpha^{i,k}. \end{aligned} \quad (3)$$

Макроскопическое сечение рассчитывается следующим образом:

$$\Sigma = \sigma \cdot N = \sigma \cdot \frac{\rho \cdot N_A}{\mu}, \quad (4)$$

где σ – микроскопическое сечение нуклида; N – ядерная концентрация нуклида; ρ – плотность вещества; N_A – постоянная Авогадро; μ – молярная масса нуклида.

Если вещество представляет собой смесь или соединение, то для расчёта суммарного макроскопического сечения можно воспользоваться формулой:

$$\Sigma = \frac{\rho \cdot N_A}{\mu} \cdot \sum_m \sigma_m \cdot p_m \cdot g_m, \quad (5)$$

где m – нуклид; p – количество атомов в химическом соединении; g – доля или обогащение нуклида в смеси изотопов.

Данной системой уравнений учитывается поглощение нейтронов различных энергий материалом защиты, а также межгрупповые переходы, обусловленные реакциями упругого и неупругого рассеяния. В качестве величин сечений реакций для нейтронов каждой из групп взяты констант БНАБ-64 [2].

При моделировании защиты от нейтронов различных энергий с помощью многогруппового приближения ослабления пучка нейтронов выяснилось, что рассматриваемый материал хорошо защищает от нейтронов энергий от тепловых до 0,5 кэВ, но практически не ослабляет поток быстрых нейтронов (рисунок 1).

Свёртка в три группы производилась простым суммированием:

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{б}} &= \sum_{i=1}^{11} \Phi^i; \\ \Phi_{\text{пр}} &= \sum_{i=12}^{23} \Phi^i; \\ \Phi_{\text{т+нт}} &= \sum_{i=24}^{26} \Phi^i, \end{aligned} \tag{6}$$

где $\Phi_{\text{б}}$, $\Phi_{\text{пр}}$, $\Phi_{\text{т+нт}}$ – плотность потока быстрых, промежуточных и тепловых и надтепловых нейтронов соответственно.

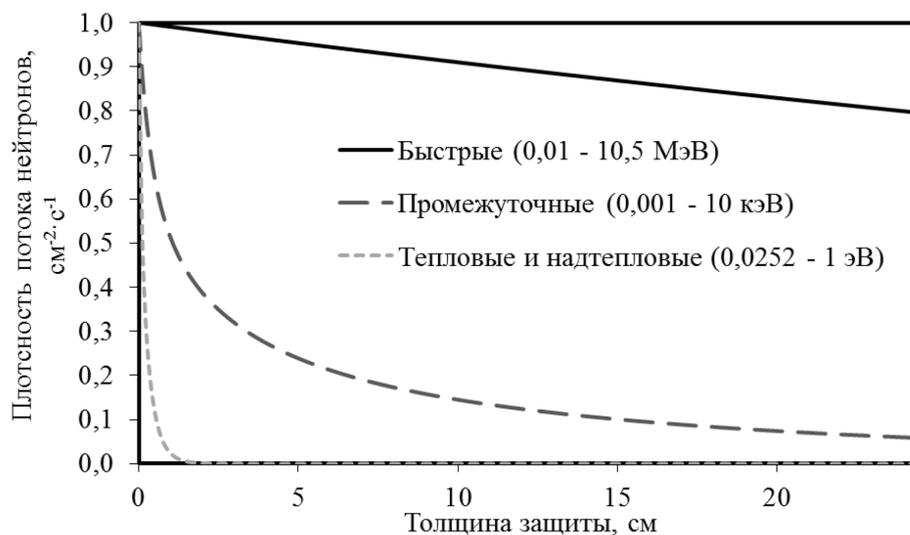


Рис. 1 – Ослабление плотности потока нейтронов с расстоянием в материале из WB

Далее с помощью модели проверялось ослабление нейтронного потока от стандартного америций-литиевого источника, спектр которого взят из работы [3]. Спектр приводился к группам нейтронов из БНАБ-64 суммированием долей нейтронов исходного спектра, попадающих в одинаковые интервалы энергий БНАБ-64:

$$\delta_i = \sum_{E_{\min,i}}^{E_{\max,i}} \bar{\delta}_{\tilde{E}}, \tag{7}$$

где δ_E – доля нейтронов i -ой группы, испускаемых источником; $E_{\max, \min,i}$ – максимальная и минимальная энергия i -ой группы нейтронов; $\bar{\delta}_{\tilde{E}}$ – нормированная доля нейтронов с энергией \tilde{E} ; \tilde{E} – энергия нейтронов из [3].

Доли, представленные в работе [3] не нормированы на ширину регистрирующего канала, поэтому их необходимо предварительно поделить на энергетическую ширину соответствующего канала, которая равна разнице энергий предыдущего и рассматриваемого канала, а затем произвести нормировку на единицу:

$$\delta'_{\tilde{E}} = \frac{\tilde{\delta}_{\tilde{E}}}{\tilde{E} - \tilde{E}'}; \quad (8)$$

$$\tilde{\delta}_{\tilde{E}} = \frac{\delta'_{\tilde{E}}}{\sum_{\tilde{E}=\tilde{E}_{\min}}^{\tilde{E}_{\max}} \delta'_{\tilde{E}}},$$

где $\tilde{\delta}_{\tilde{E}}$ – ненормированная на ширину канала доля нейтронов с энергией \tilde{E} [3]; $\delta'_{\tilde{E}}$ – нормированная на ширину канала доля нейтронов с энергией \tilde{E} ; \tilde{E} – предыдущая, относительно рассматриваемой \tilde{E} , энергия нейтронов в [3]; $\tilde{E}_{\min, \max}$ – минимальная и максимальная энергии нейтронов в [3] соответственно.

Из представленного на рисунке 2 графика (спектр нормирован на единицу) видно, что моноборид вольфрама плохо справляется с задачей, вследствие недостаточного замедления быстрых нейтронов, поэтому необходимо сначала снизить энергию нейтронов до тепловой области, в которой существенную роль играет поглощение на ядрах бора.

Для решения данной проблемы было предложено чередовать слои из полиэтилена высокой плотности (10 см) и борида вольфрама (2 см). Результаты расчетов представлены на рисунке 3.

Начальная плотность потока рассчитывалась для лабораторного источника мощностью $5 \cdot 10^4$ н/с, на расстоянии 50 см от него:

$$\Phi_0 = \frac{S^n}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (9)$$

где Φ_0 – плотность потока нейтронов, создаваемая источником на расстоянии r ; r – расстояние до источника; S^n – выход нейтронов равный $(5,0 \pm 0,5) \cdot 10^4$ с⁻¹.

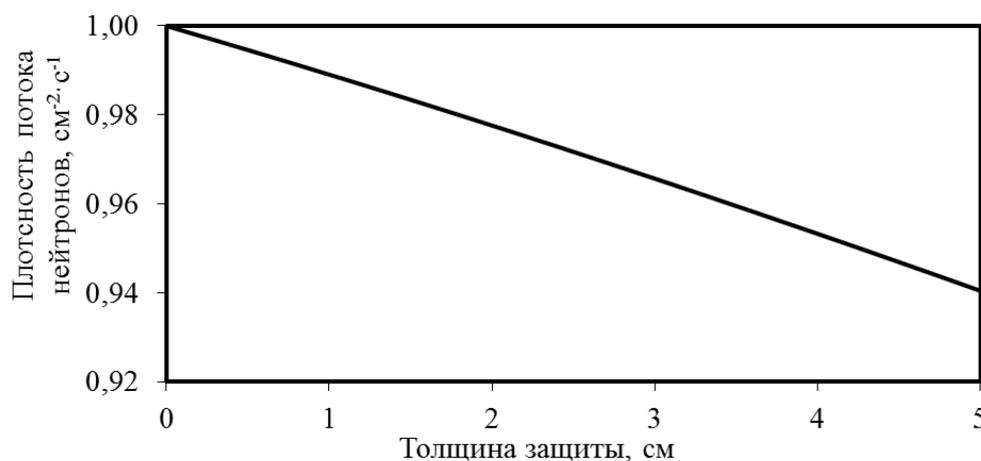


Рис. 2 – Ослабление нейтронов от источника со спектром, соответствующим Am²⁴¹-Li



Рис. 3 – Ослабление плотности потока нейтронов спектра источника с расстоянием в композитном материале

Как можно видеть, чередование слоев из полиэтилена и борид вольфрама существенно улучшает защитные свойства полученного экрана. Наличие в системе полиэтилена позволяет более эффективно замедлять быстрые нейтроны, поглощаемые в последствии ядрами бора. На графике хорошо виден процесс замедления нейтронов в полиэтилене (уменьшение плотности потока быстрых нейтронов с одновременным ростом плотности потока промежуточных и тепловых) с последующим поглощением тепловых и части промежуточных ядрами бора в слое борид вольфрама (быстрые нейтроны поглощаются менее эффективно).

Однако построенная модель ослабления нейтронного потока имеет ряд недостатков, главным из которых является то, что никаким образом не учитывается отражение от слоев чередующихся материалов. Поэтому необходима верификация полученных зависимостей.

Для этих целей использовался пакет MCU, отлично зарекомендовавший себя для расчетов процессов, происходящих в реакторах с участием нейтронов и гамма-квантов.

В модели последний слой защиты располагался на расстоянии 50 см от источника. Для учёта уменьшения плотности потока из-за закона обратных квадратов была произведена следующая нормировка для результатов расчёта:

$$\Phi^i(50) = \frac{\Phi^i(26+x) \cdot (26+x)^2}{50^2} \cdot S^n. \tag{10}$$

Так как для расчетов в MCU используется метод Монте-Карло, необходимо набрать достаточную статистику для достоверности результатов. В данной работе рассматривалось 10⁴ поколений нейтронов по 5·10⁴ нейтронов в каждом.

Результаты расчетов в программе MCU представлены на рисунке 4. Полученные на рисунке 4 закономерности позволяют говорить о наличии отражения нейтронов от слоев материалов, о чем свидетельствует пик в области 8-10 см. Вследствие высокого вклада отражения от слоев полиэтилена (хороший замедлитель), лишь малая часть от первоначального количества достигает рубежа 15 см – отражаясь от второго слоя полиэтилена происходит поглощение в бориде вольфрама.

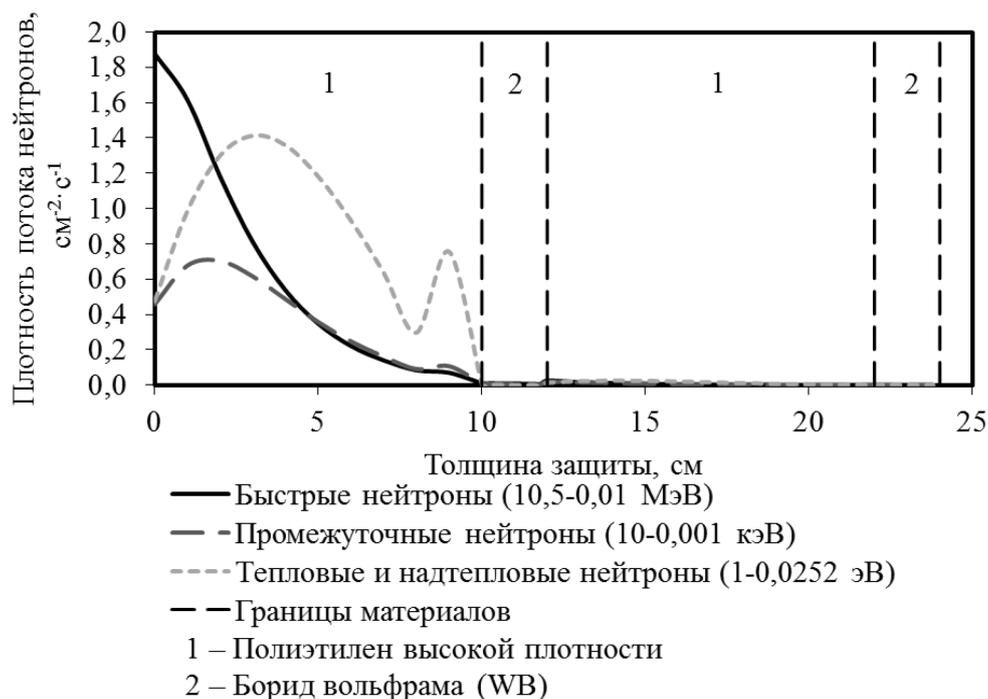


Рис. 4 – Ослабление плотности потока нейтронов спектра источника с расстоянием в композитном материале при расчёте в MCU

Таким образом, в данной работе заложены основы по созданию защитных экранов из борида вольфрама методом СВ-синтеза. Для оценки защитных свойств материалов построены несколько математических моделей ослабления нейтронного потока с использованием констант БНАБ, а также в пакете MCU. Установлено, что плотность потока нейтронов, при прохождении 24 см защиты, ослабляется минимум в 100 раз, согласно расчётам 26-ти группового приближения, и максимум в 10000 раз, при расчёте в MCU, что говорит о перспективности дальнейших исследований предложенной композиции и борида вольфрама в частности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 19-43-703022/20.

Список литературы

- 1 Мержанов А.Г., Мукасян А.С. Твердопламенное горение. - М.:ТОРУС ПРЕСС, 2007. - 336 с.
- 2 Абагян Л.П. Групповые константы для расчёта ядерных реакторов / Л.П. Абагян, Н.О. Базазянц, И.И. Бондаренко, М.Н. Николаев. – М.: Атомиздат, 1964. – 137 с.
- 3 Weinmann-Smith R. et al. Variations in AmLi source spectra and their estimation utilizing the 5 Ring Multiplicity Counter //Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. – 2017. – V. 856. – P. 17-25.

05.13.18

А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин, В.К. Ильин, А.А. Синявин, Д.С. БальзамовКазанский государственный энергетический университет,
Казань, haybullina.87@mail.ru**ВЫБОР МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКАХ ТРУБ**

В настоящей работе приводятся результаты численного моделирования теплообмена в пучке труб при его поперечном обтекании. Математическая модель представлена в программе Ansys Fluent. Рассмотрены модели турбулентности: SST, RNG k-ε SWF, RNG k-ε EWF и SST k-ω с различным сеточным разбиением. Полученные результаты сравнены с экспериментальными данными.

Ключевые слова: *математическое моделирование, модель турбулентности, теплообмен, пучок труб.*

Последние десятилетия для расчетов теплообменного оборудования стали широко применяться численные методы, реализованные в различных программных продуктах вычислительной гидродинамики. Использование численных методов позволяет отказаться от дорогостоящих экспериментальных исследований. Позволяет рассчитать гидродинамические и теплообменные характеристики теплообменного оборудования, которые затруднительно получить при проведении эксперимента. Несмотря на продвижения в этой области, наиболее важной и сложной проблемой является поиск оптимальных моделей турбулентности. От выбора модели турбулентности зависит необходимая вычислительная мощность и точность расчета [1].

Целью работы является численное моделирование теплообмена в пучке труб при его поперечном обтекании с различными моделями турбулентности. Численное исследование проводится в Ansys Fluent [2].

В представленной работе проводилось численное 2D-моделирование стационарного течения однофазной несжимаемой ньютоновской среды в коридорном пучке труб. Коридорный пучок представлял собой семирядный пучок труб ограниченный половинками трубок сверху и снизу. Диаметр трубок составлял 0,01 м. Поперечный и продольный шаг составлял 0,013 м. Вязкость рабочей среды соответствовала $8,5 \cdot 10^{-3}$ Па·с, плотность 996,6 кг/м³, теплопроводность 0,612 Вт/м·°К, теплоемкость 4176,3 Дж/кг·°К.

Скорость на входе в пучок труб рассчитывалась в зависимости от числа Рейнольдса. Число Рейнольдса рассчитывалась по диаметру трубки и скорости в межтрубном пространстве. Температура центрального ряда трубок равнялась 301 К. Температура потока жидкости на входе соответствовала 300 К. Течение жидкости в пучке труб рассчитывалось на основе RANS моделей турбулентности [3]. При моделировании использовались 4 модели турбулентности (табл.1). Моделирование проводилось на 5 сетках: M1=50293 элементов, M2=96899 элементов, M3=192435 элементов, M4=155349 элементов, M5= 308447 элементов.

Таблица 1 – Модели турбулентности используемые в работе

№	Название
1	Модель переноса касательных напряжений SST
2	RNG k-ε модель со стандартной пристеночной функцией (RNG k-ε SWF)
3	RNG k-ε модель с расширенным пристеночным моделированием (RNG k-ε EWT)
4	SST k-ω модель

В таблицах 2–5 приведены значения числа Нуссельта, полученные в результате моделирования пяти различных сеток и экспериментальные данные. Значения числа Нуссельта получены для трубки шестого ряда пучка труб.

Таблица 2 – Значения числа Нуссельта для модели турбулентности SST

Re	M1	M2	M3	M4	M5	Nu(эксп.)[4]
1000	17,8	15,8	15,4	15,2	14,3	38
5000	93,3	92,7	92,3	91,9	–	104,7
10000	159,9	156,7	155,9	154,2	–	162,1

Таблица 3 – Значения числа Нуссельта для модели турбулентности RNG k-ε SWF

Re	M1	M2	M3	M4	M5	Nu(эксп.)[4]
1000	69,7	62,3	55,4	47,8	42,7	38
5000	247,2	246,4	235,8	211,5	189,7	104,7
10000	374,2	399,8	409,1	388,6	363,2	162,1

Таблица 4 – Значения числа Нуссельта для модели турбулентности RNG k-ε EWF

Re	M1	M2	M3	M4	M5	Nu(эксп.)[4]
1000	44,5	44,4	44,2	43,7	43,8	38
5000	111,5	110,3	110,5	110,2	110,4	104,7
10000	161,0	158,2	158,0	158,2	157,7	162,1

Влияние сеточного разбиения на теплоотдачу пучка не значительно для моделей SST, RNG k-ε EWT и SST k-ω. Значение числа Нуссельта при увеличении элементов сетки с M2 до M3 в основном меняется в пределах 1–2%. Для модели турбулентности RNG k-ε SWF с увеличением количества элементов сеточного разбиения стабилизации значений Нуссельта не происходит.

Таблица 5 – Значения числа Нуссельта для модели турбулентности SST k-ω

Re	M1	M2	M3	M4	M5	Nu(эксп.)[4]
1000	18,3	16,8	16,9	16,7	16,1	38
5000	87,3	87,6	87,4	86,7	–	104,7
10000	143,7	142,2	141,2	140,2	–	162,1

На рис. 1–4 приведены зависимости числа Нуссельта от числа Рейнольдса для исследованных моделей турбулентности. Модель турбулентности SST (рис. 1) лучше совпадает с экспериментальными данными с увеличением числа Рейнольдса. При числе Рейнольдса 10000 различие с экспериментальными данными составило не более 5% для всех исследуемых сеток. Однако при числе Рейнольдса 1000 различие с экспериментальными данными более 100%.

Модель RNG k-ε SWF (рис. 2) существенно завишает интенсивность теплообмена по сравнению с экспериментальными данными. Среднее различие с экспериментальными данными во всем исследованном диапазоне составило более 100%. Данный результат очевиден поскольку k-ε модель со стандартной пристеночной функцией не предназначена для течений с переходными режимами и большими градиентами давления.

Модель RNG k-ε EWT (рис. 3) показала хорошее совпадение с экспериментальными данными во всем исследованном диапазоне. Отклонение с экспериментальными данными уменьшается с увеличением числа Рейнольдса. При числе Рейнольдса 1000 отклонение с экспериментальными данными составило не более 17% в зависимости от варианта сетки. При максимальном числе Рейнольдса отклонение с экспериментальными данными составило не более 3%.

Результаты полученные для модели турбулентности SST $k-\omega$ схожи с результатами полученными для модели SST. Модель SST $k-\omega$ лучше прогнозирует теплоотдачу с увеличением числа Рейнольдса. При максимальном числе Рейнольдса отклонение с экспериментальными данными составило не более 16%.

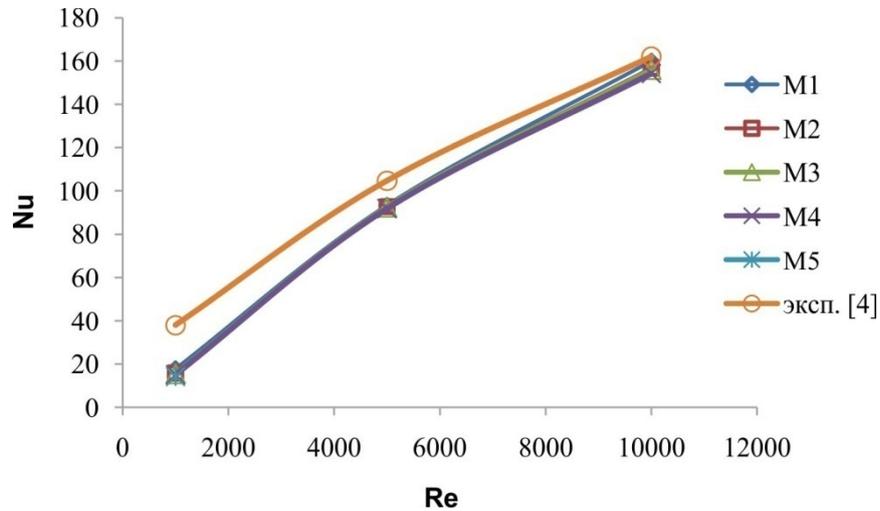


Рис.1 – Зависимость числа Nu от числа Re для модели турбулентности SST

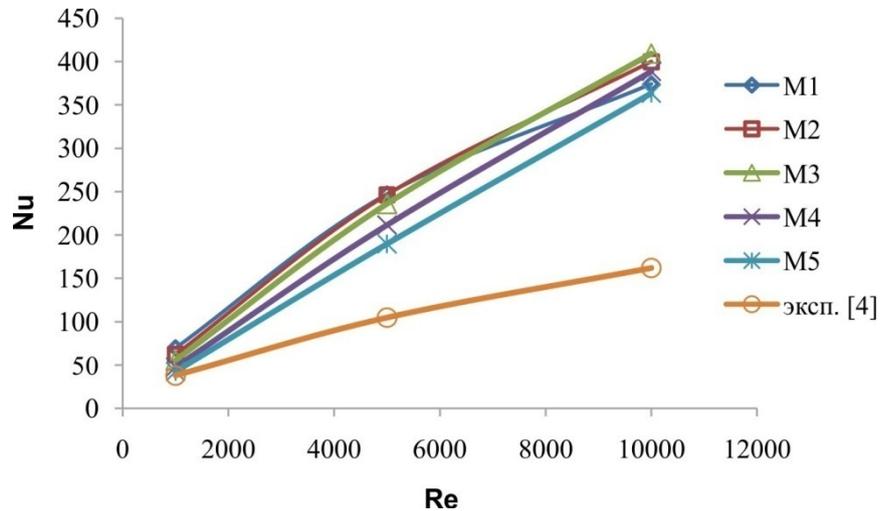


Рис.2. – Зависимость числа Nu от числа Re для модели турбулентности RNG $k-\epsilon$ SWF

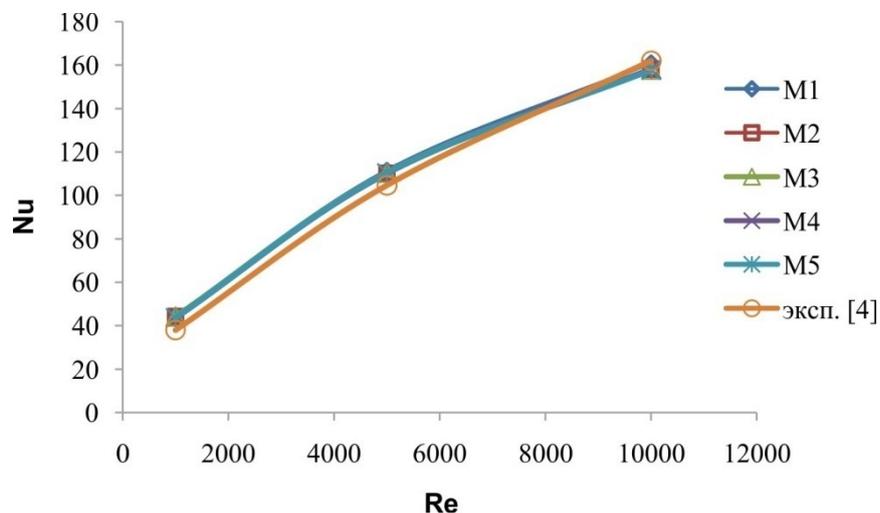


Рис. 3. – Зависимость числа Nu от числа Re для модели турбулентности RNG $k-\epsilon$ EWT

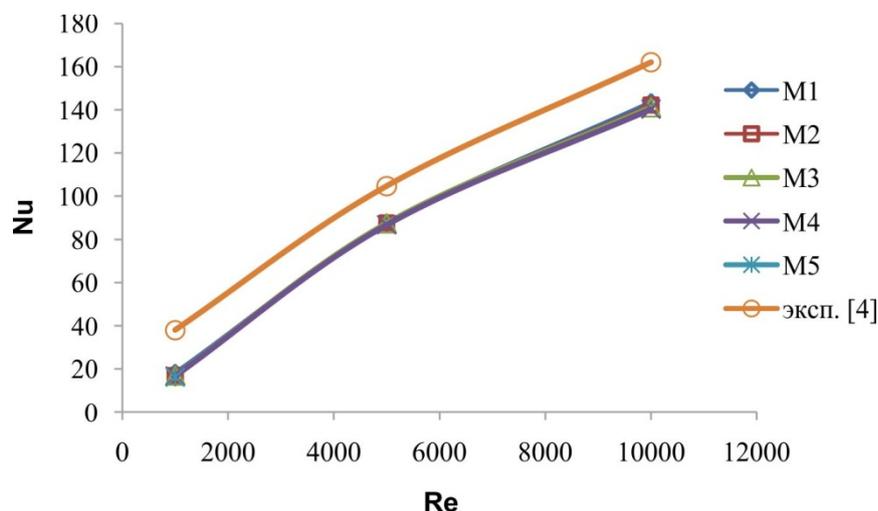


Рис. 4. – Зависимость числа Nu от числа Re для модели турбулентности SST k- ω

Среди рассмотренных моделей турбулентности наилучшее совпадение с экспериментальными данными показала модель RNG k- ϵ EWT (среднее расхождение с экспериментальными данными во всем исследованном диапазоне составило не более 7%). Наибольшее расхождение с экспериментальными данными показала модель RNG k- ϵ SWF.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, <https://rscf.ru/project/21-79-10406/>.

Список литературы

1. Волков К., Емельянов В. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. Litres, 2018. С. 368.
2. ANSYS FLUENT, ANSYS, Inc. Southpointe, 2018.
3. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений. Санкт-Петербург: Изд. Политехнический университет, 2009. С. 143.
4. Жукаускас А., Макарявичюс В., Шланчяускас А. Теплоотдача пучков труб в поперечном потоке жидкости. Вильнюс: Изд. Мокслас, 1968. С. 192.

05.13.18

А.Г. Шляхова канд. техн. наук, А.Т. Шляхов канд. физ.-мат. наук,
М.Ю. Филимонова канд. педагог. наук, Э.А. Маликов

Альметьевский государственный нефтяной институт

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА ПО СПЕКТРАМ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СВЕТОДИОДОВ

Предложена учебно - исследовательская установка для практикума по общей физике. С помощью дифракционного монохроматора МУМ в работе исследуется спектр излучения светодиодов на основе фосфида галлия. Экспериментально определена постоянная Планка.

Ключевые слова: светодиод, *p-n* – переход, монохроматор, спектр излучения, постоянная Планка.

Введение. В начале 60-х годов XX века основное внимание при исследовании электролюминесценции твердых тел уделялось изучению монокристаллов различных полупроводниковых соединений. Это направление работ особенно оживилось после того, как в 1962 году сотрудники Линкольнской лаборатории Массачусетского технологического института обнаружили, что простой кристаллический диод, состоящий из полупроводникового кристалла арсенида галлия, является очень эффективным источником инфракрасного излучения; и почти одновременно было получено лазерное излучение на этих диодах.

Надо отметить схожие достижения коллектива Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе, а именно, в 1971 году Ж.И. Алферову была вручена медаль Стюарта Баллантайна за разработку гетеролазера. В 2000 году Ж.И. Алферов стал лауреатом Нобелевской премии по физике: за разработку полупроводниковых гетероструктур.

Чтобы полнее понять эффект люминесценции необходимо немного углубиться в квантовую механику. Рассмотрим механизм возникновения люминесценции с точки зрения зонной теории твердых тел. Между валентной зоной и зоной проводимости, т.е. в запрещенной зоне полупроводника располагаются примесные донорные и акцепторные уровни энергии. Электроны и дырки полупроводника могут рекомбинировать с излучением фотона (кванта люминесцентного излучения). Можно представить себе четыре варианта таких процессов: переход электрона зоны проводимости к дырке валентной зоны (межзонная рекомбинация А), переход свободного электрона зоны проводимости к дырке акцепторного уровня (В), переход электрона донорного уровня к дырке валентной зоны (С), и переход между электроном в доноре и дыркой акцепторного уровня (Д) (рис.1).

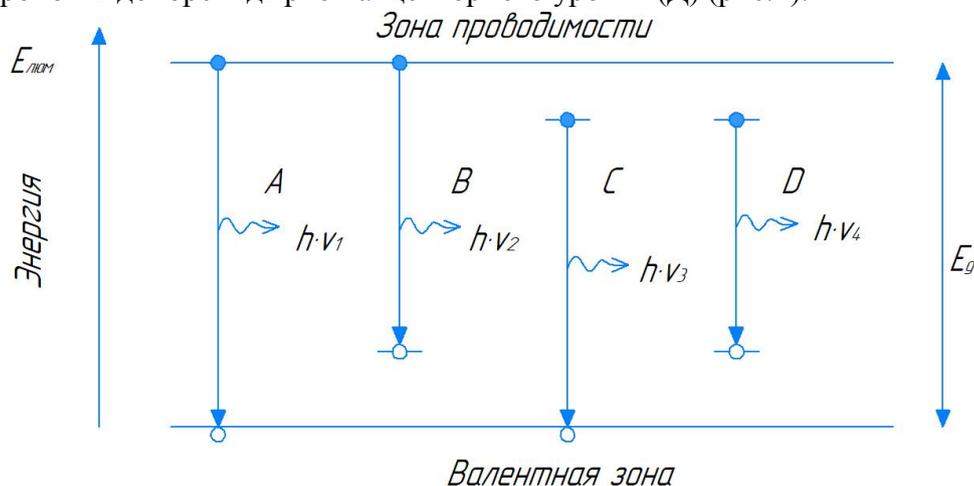


Рис. 1 – Схеме квантовых переходов при люминесценции

Наиболее удобным для практического осуществления электролюминесценции оказались светодиоды (р-п переходы), изготовленные из бинарных полупроводников типа фосфида или арсенида галлия. Фосфористый галлий дает зеленое, желто-зеленое или красное свечение [1], мышьяковистый галлий – инфракрасное [2].

Если к р-п переходу приложить внешнее напряжение, уменьшающее потенциальный барьер, то увеличится скорость диффузии электронов в р-область и дырок в п- область. В таком случае р-п- переход имеет прямое смещение. В переходном (пограничном) слое создаются благоприятные условия для рекомбинации всех четырех типов. Энергия образующих фотонов меньше и (или) равна зазору между зонами, т.е. ширине запрещенной зоны E_g (g-гар-зона). Исходя из закона сохранения энергии, работа (А) внешнего электрического поля, приложенного к р- п – переходу, равна ширине запрещенной зоны, которая определяется энергией фотона, излучаемого при межзонной рекомбинации.

$$A = eU = E_g = h\nu = hc/\lambda, \text{ где } h \text{ постоянная Планка.}$$

Экспериментально определяя длину волны (λ) межзонной люминесценции при фиксированном прямом напряжении (U), приложенном к светодиоду, можно рассчитать постоянную Планка.

Эксперимент. В качестве спектрального прибора мы использовали дифракционный монохроматор МУМ, предназначенный для спектральных исследований в диапазоне 200-800 нм. Принципиально - оптическая схема монохроматора приведена на рис. 2.

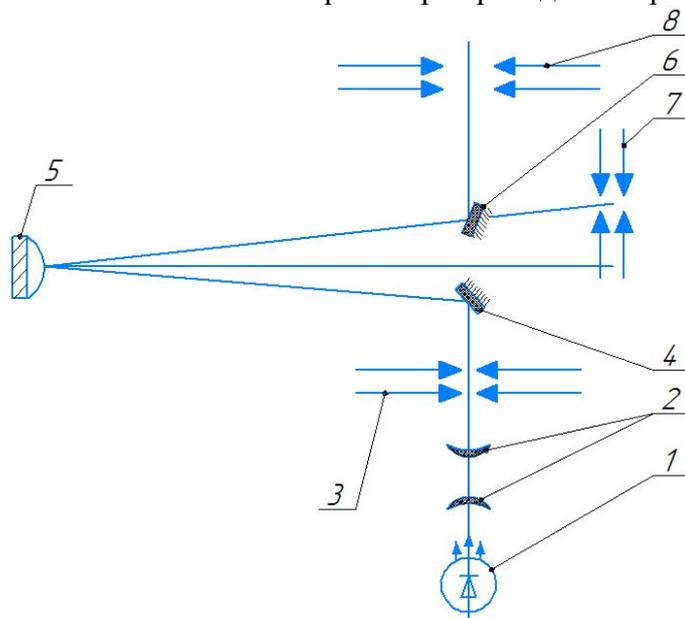


Рис. 2 – Оптическая схема монохроматора

Излучение от светодиода 1 через конденсор 2 попадает на входную щель 3 и посредством зеркала 4 заполняет вогнутую дифракционную решетку 5, которая играет роль фокусирующего и диспергирующего элемента. Дифрагированное решеткой излучение направляется в выходную щель 7 (при выведенном плоском зеркале 6) или в выходную щель 8 (при введенном зеркале 6). В последнем случае излучение направляется на фотоэлемент Ф-25. Возникший фототок проходит усилительный тракт и вызывает на его выходном резисторе падение напряжения, которое регистрируется цифровым вольтметром В7-38. При этом интенсивность излучения светодиодов пропорционально этому напряжению. Ширина входной и выходной щелей монохроматора равна 1мм. Измерение спектров проводилось шагом 10нм. Сканирование спектра осуществляется поворотом решетки 5 рукояткой, расположенной на торцевой стенке монохроматора, и цифровым механическим счетчиком, который регистрирует непосредственный отсчет длин волн в нм с точностью 0,2 нм.

Для исследования свечения светодиодов промышленного изготовления на основе фосфида галлия используется установка, блок-схема которой представлена на рис.3.

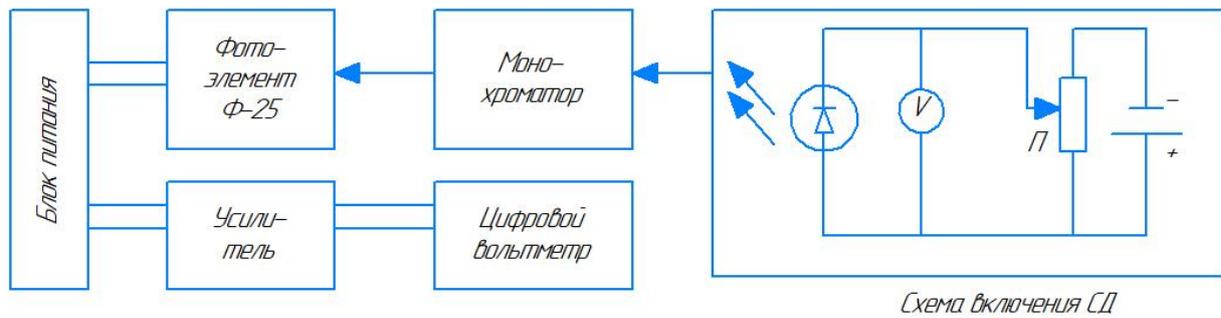


Рис. 3 – Блок-схема установки для регистрации спектров светодиодов

Соблюдая полярность, подключим один из трех светодиодов, например, желтый, к стабилизированному источнику питания на пределе до3В. Через светодиод пропускают прямой ток, напряжение на диоде изменяется с помощью потенциометра (П) и измеряется вольтметром. Осторожно, медленно вращая лимб потенциометра, выставим поочередно три различных напряжения U : 2,10; 2,15; 2,20 В. Выбор этих номинальных значений напряжений следует из анализа графика ВАХ светодиода. Визуально наблюдается желтое свечение светодиода.

Зафиксируем специальный держатель светодиода на входной щели монохроматора в оптимальном положении. Затем с помощью вращения торцевой рукоятки монохроматора, сканируем спектр излучения от $\lambda = 500\text{нм}$ до $\lambda = 700\text{нм}$ через каждые 10нм и одновременно фиксируем показания вольтметра В7-38, подключенного к фотоэлементу Ф-25. Данные занести в таблицу и построить график интенсивности излучения электролюминесценции светодиодов ($I_{эл}$ в % от максимума) от длины волны λ нм (рис.4). Спектр состоит из двух полос с максимумами на длинах волн, соответствующих близко к межзонной полосе излучения $\lambda_{max} = 570\text{нм}$ (2,18эВ) и примесной $\lambda_{max} = 650\text{нм}$ (1,91эВ). Светодиоды, изготовленные из чистого фосфида галлия, излучают зеленый свет с $\lambda_{max} = 555\text{нм}$ (2,23эВ), при легировании азотом максимум смещается в желтую часть видимого спектра(560-570) нм, если легирующая примесь цинк, то максимум располагается в красном диапазоне (650-700) нм.

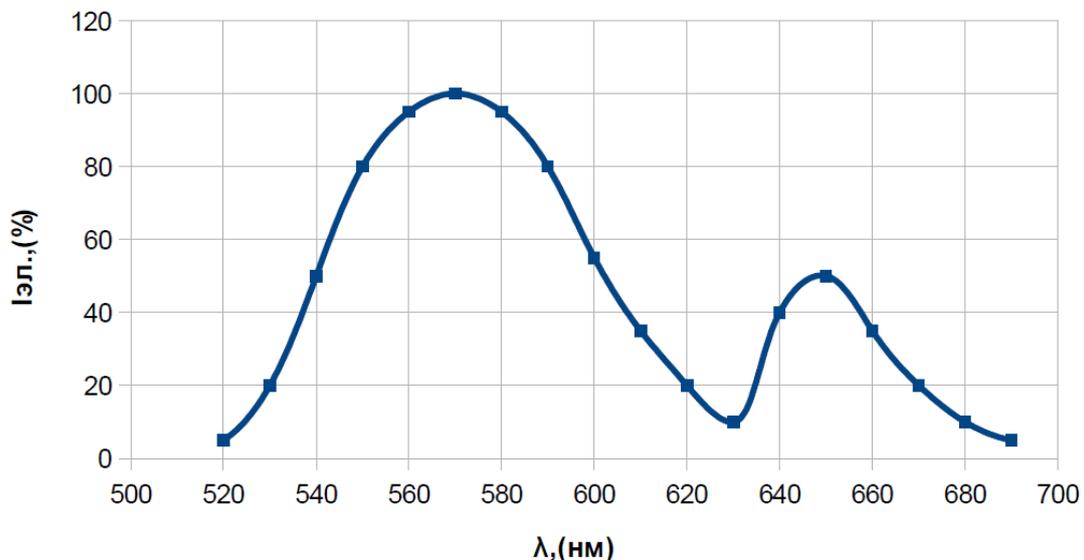


Рис. 4 – Спектр желтого свечения светодиода на основе фосфида галлия

Данные о длинах волн (λ_{max}) для межзонной полосы излучения, при изменении напряжения на светодиоде представлены в таблице. По формуле $h = \frac{e \cdot U \cdot \lambda}{c}$ определены значения постоянной Планка и рассчитана погрешность в ее определении. Где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Таблица – Результаты исследований по расчету постоянной Планка

U, (В)	λ_{\max} , (нм)	h, (Дж·с)	$\langle h \rangle$, (Дж·с)	Δh , (Дж·с)	ε , %
2,10	573	$6,42 \cdot 10^{-34}$	$6,56 \cdot 10^{-34}$	0,09	1,37
2,15	572	$6,56 \cdot 10^{-34}$			
2,20	570	$6,69 \cdot 10^{-34}$			

Выводы. Для современного уровня подготовки ученого-экспериментатора, кроме фундаментальных навыков [3], необходимо, студентам уже с первого курса иметь возможность учиться на все более сложном и современном оборудовании [4-8]. Разработанная установка для изучения работы светодиодов отличается надежностью и достоверностью в определении постоянной Планка.

Список литературы

1. *Гладун А.Д., Игошин Ф.Ф., Юрьев Ю.В.* Полупроводниковые источники света // Физическое образование в вузах, 2014.Т.20, №4, С. 8-14.
2. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т.* Экстремум электрофизических свойств от уровня легирования в арсениде галлия.// Научно-технический вестник Поволжья. 2018. №2. С.42-45.
3. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Гайнулова Л.А.* Математическое моделирование движения в центрально-симметрическом поле. // Научно-технический вестник Поволжья. 2019.№1. С.21-25.
4. *Баталов Р.И., Баязитов Р.М., Новиков Г.А., Шустов В.А., Осин Ю.Н., Шляхова А.Г.* Образование силицидов в системе Fe/Si под действием импульсных излучений. // Химическая физика и мезоскопия. 2009.т.11,№4,С.451-457.
5. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Шпилова О.А., Хасанишина Э.М.* Применение калориметрии в физическом практикуме. // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. №4. С.119-122.
6. *Кологривов В.Н.* Об измерении постоянной Планка (h) в практикуме общей физики. // Физическое образование в вузах. 2016. Т.22, №3, С.55-62.
7. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т., Мутугуллина И.А., Шпилова О.А., Филимонова М.Ю.* Термический анализ веществ: инновации и достижения // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. №2. С.80-85.
8. *Парфенов В.В., Закиров Р.Х., Хасанов А.Т.* Исследование спектров электролюминесценции светоизлучающих диодов./ Учебно - методическое пособие. Казань: КФУ. 2013.14с.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (05.13.19)**

05.13.19

С.Ю. Борзенкова, М.А. Сафронова, А.А. Сычугов

Тульский государственный университет,
институт прикладной математики и компьютерных наук,
кафедра информационной безопасности,
Тула, tehnol@rambler.ru

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ
В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

В работе представлена математическая модель применения ситуационного управления информационной безопасностью при прогнозировании развития нештатной ситуации в режиме реального времени.

Ключевые слова: *информационная безопасность, ситуационное моделирование, ситуационное управление и анализ.*

В практике управления информационной безопасностью сложных объектов важнейшим является принцип быстрого реагирования на нештатные ситуации в режиме реального времени. Его реализация обуславливает наличие жестких временных ограничений на весь комплекс процедур, включающий всесторонний анализ и выбор решения.

Одни из условий эффективного управления можно назвать процесс прогнозирования развития нештатной ситуации. Для прогнозирования развития нештатной ситуации существует множество динамических систем. В данной статье для прогнозирования нештатной ситуации предлагается использование ситуационного моделирования и построения на этой основе искусственной интеллектуальной системы для информационной и аналитической поддержки принимаемых решений.

Основным достоинством ситуационного моделирования является возможность прогнозирования развития различных ситуаций, в том числе нештатных, на основе заблаговременного моделирования множества различных вариантов ситуаций и накопления решений по каждому из них.

В основе метода ситуационного моделирования лежит принцип ситуационного управления, который включает в себя формирование полного множества возможных ситуаций, в которых может оказаться управляемый объект или процесс и выбор заранее подготовленных и проанализированных ситуаций для принятия решения в случае нештатной ситуации.

Ситуационный анализ целесообразно начать с определения полного множества ситуаций. В соответствии с системным подходом входными будем называть те управляемые параметры $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, $m = 1, M$ которые могут целенаправленно изменяться с помощью определенных регулирующих действий. Входными неуправляемыми параметрами назовем параметры $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$, $k = 1, K$ характеризующие состояние и отражающие воздействие окружающей среды на функционирование управляемого объекта (процесса).

В качестве выходных параметров используются величины, которые могут быть определены, обозначим множество $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $n = 1, N$.

При этом примем, что ситуация характеризуется совокупностью знаков (сигнатур) изменения значений выходных показателей $p_n \in P$ и неуправляемых параметров $u_k \in U$:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x > 0; \\ 0, & \text{если } x = 0; \\ -1, & \text{если } x < 0; \end{cases}$$

Для идентификации и кодирования ситуаций с применением двоичной системы с каждым параметром P_i свяжем две тенденции T_j и T_{j+1} . Индекс j отражает разряд кода ситуации, используемый для указания на то, что j -тая тенденция присутствует в описании ситуации, когда он принимает значение "1" (истина), или отсутствует, если j -тый разряд кода имеет значение "0", (ложь). Для определенности системы кодирования ситуаций примем, что все тенденции с нечетными j отражают уменьшение значения i -ого параметра, а с четными $j+1$ отражают увеличение значения этого же параметра. Применение двух разрядов для параметра объясняется тем, что при двоичном кодировании нет возможности отразить "-1".

Поэтому, если через dp_i обозначить изменение значения i -го параметра $dp_i = p_i^t - p_i^{t-1}$, то для идентификации тенденции к уменьшению параметра примем, что $T_j = \text{sign}(dp_i) = 1$ при $dp_i < 0$, а к увеличению $T_{j+1} = \text{sign}(dp_i) = 1$ при $dp_i > 0$; $T_j = 0$ и $T_{j+1} = 0$ при $dp_i = 0$.

Полное множество тенденций обозначим через $T = (T_1, T_2, \dots, T_{2(N+K)})$.

Если далее тенденции разделить на подмножества позитивных и негативных, то каждая ситуация, в которой может оказаться объект, может характеризоваться определенной совокупностью позитивных и негативных тенденций.

Очевидно, что для различных целей управления такое разделение может отличаться и чем больше позитивных тенденций и меньше негативных, тем лучше ситуация. , допустимой альтернативой будет любая из множества, способствующая появлению или усилению позитивных, либо нейтрализации или ослаблению негативных тенденций.

Разделим множество T на подмножества $TP \subset T$ и $TU \subset T$ с соблюдением условий $T = TP \cup TU; TP \cap TU = \emptyset$. Тенденции $T_j \in TP$ отражают наличие изменения параметров $P_{j+1/2}$ в сторону уменьшения для всех $j = 1, 3, 5, \dots, 2N - 1$. Для четных $j = 2, 4, 6, \dots, 2N$ тенденции $T_j \in TP$ отражают увеличение значения параметра $P_{j/2}$. Аналогично, $T_j \in TU$ отражают изменения параметров U . Причем $T_{2N+1} \neq 0$ указывает на уменьшение значения U ; $T_{2N+2} \neq 0$ указывает на увеличение значения параметра u_1 , и т.д. $T_{2N+2K-1} \neq 0$ указывает на уменьшение параметра u_k , а $T_{2N+2K} \neq 0$ на его увеличение.

$T_1, T_2, \dots, T_j, \dots, T_{2(N+K)}$ - элементы кортежа сигнатур выходных и неуправляемых параметров, формируемых по следующим правилам:

Для нечетных

$$j = 1, 3, 5, \dots, 2N - 1 \quad TP_j = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{(j+1)/2}^t - p_{(j+1)/2}^{t-1} < -\varepsilon \cdot p_{(j+1)/2}^H \\ 0, & \text{если } p_{(j+1)/2}^t - p_{(j+1)/2}^{t-1} > -\varepsilon \cdot p_{(j+1)/2}^H \end{cases}$$

для четных

$$j = 2, 4, 6, \dots, 2N \quad TP_j = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{j/2}^t - p_{j/2}^{t-1} > \varepsilon \cdot p_{j/2}^H \\ 0, & \text{если } p_{j/2}^t - p_{j/2}^{t-1} < \varepsilon \cdot p_{j/2}^H \end{cases}$$

Для нечетных

$$j = 2N + 1, 2N + 3, \dots, 2N + 2K - 1 \quad TU_j = \begin{cases} 1, & \text{если } u_{(j+1)/2}^t - u_{(j+1)/2}^{t-1} < -\varepsilon \cdot u_{(j+1)/2}^H \\ 0, & \text{если } u_{(j+1)/2}^t - u_{(j+1)/2}^{t-1} > -\varepsilon \cdot u_{(j+1)/2}^H \end{cases}$$

для четных

$$j = 2N + 2, 2N + 4, \dots, 2N + 2K \quad TU_j = \begin{cases} 1, & \text{если } u_{j/2}^t - u_{j/2}^{t-1} > \varepsilon \cdot u_{j/2}^H \\ 0, & \text{если } u_{j/2}^t - u_{j/2}^{t-1} < \varepsilon \cdot u_{j/2}^H \end{cases}$$

Параметр ε введен для обеспечения возможности изменения дискретизации процесса принятия решений с учетом динамических свойств управляемого процесса. Назовем его порогом чувствительности и будем задавать в относительных величинах (процентах) от

номинального (среднего) значения показателя $p_{j/2}^H$ или $p_{j+1/2}^H$. Если модуль изменения показателя меньше заданной доли от его номинального значения, то тенденция не будет фиксироваться. Это позволит не учитывать несущественные изменения значений параметров.

При описании ситуации кортежем T полное множество ситуаций при количестве выходных параметров N и неуправляемых параметров K будет 3^{N+K} и его мощность изменяется только в том случае, если изменится перечень анализируемых параметров U и P , т.е. если изменится структура управляемой системы.

Следующим этапом является формирование матрицы кодов ситуаций C :

$$C(2^{2N+2K}, 2N + 2K)$$

Она составляется с применением двоичного кодирования подобно тому, как кодируется в двоичной системе натуральный ряд целых чисел. При этом элементы матрицы C формируются по правилу:

$$c_{(lj)_2} = \sum_{l=1}^{2^{2N+2K}} \sum_{j=1}^{2N+2K} [c_{lj} + 1_2]_2$$

где l – индекс ситуации, \vec{c}_l – строка матрицы C представляет собой двоичный код ситуации, на что указывает нижний индекс 2.

Из матрицы C удаляются строки с совпадением единиц в 1 и 2; 3 и 4 ит.д. разрядах. Это можно выразить следующим условием:

$$\text{для нечетных } j = 1, 3, 5, \dots \text{ должно выполняться условие } c_{lj} \wedge c_{l,j+1} = 0$$

Каждая строка $c_l = (c_1, c_2, \dots, c_{2N+2K})$ матрицы C является кодом, единичные значения разрядов которого характеризуют ситуацию и отражают наличие соответствующих сигнатур изменений параметров P и U .

Следующая процедура ситуационного анализа предполагает ранжирование ситуаций с определенным набором тенденций. Для этого в соответствии с определенной целью $g_q \in G$ множество T разделяется на подмножества T^+, T^-, T^H так, что T^+ – включают позитивные для достижения цели g тенденции (сигнатуры); T^- – содержит негативные тенденции (сигнатуры); T^H – объединяет нейтральные в отношении достижения цели q тенденции (сигнатуры);

При этом $T^+ \subset T$; $T^- \subset T$; $T^H \subset T$ и должно обеспечиваться условие $T^+ \cap T^- \cap T^H = 0$.

Для каждой $T_j \in T^+$ экспертом определяется весовой коэффициент α_j в диапазоне $[0, +1]$ так, что $\sum_{T_j \in T^+} \alpha_j = 1$. Аналогично для каждой $T_j \in T^-$ определяется весовой коэффициент β_j в диапазоне $[0, -1]$ так, что $\sum_{T_j \in T^-} \beta_j = -1$ и для каждой $T_j \in T^H$ весовой коэффициент $\gamma_{T_j \in T^H} = 0$.

На основе матрицы кодов C и весовых коэффициентов $\alpha \vee \beta \vee \gamma$ формируется матрица V в виде

$$V(2^{2N+2K}, 2N+2K) = |V_{lj}| = \begin{cases} \alpha_j, \text{ если } T_j \in T^+ \\ \beta_j, \text{ если } T_j \in T^- \\ \gamma_j, \text{ если } T_j \in T^H \end{cases}$$

С помощью матрицы V определяется ранг l -той ситуации

$$r_l = \sum_{j=1}^{2N} v_{lj} \times c_{lj}$$

Используя значение r_l , все допустимые ситуации ранжируются по степени предпочтения для достижения цели g_q .

После выполнения формирования полного множества допустимых ситуаций необходимо выделить негативные ситуации, которые могут привести к возникновению нештатных ситуаций и определить какие действия могут нейтрализовать такие ситуации.

Таким образом, предложенная методика предназначена решать задачи прогнозирования нештатной ситуации в режиме реального времени при управлении информационной безопасностью и создания интеллектуальной системы поддержки решения.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта №19-07-01107\19.*

Список литературы

1. Борзенкова С.Ю., Селищев В.А., Чеуга О.В. Модель ситуационного управления при организации системы защиты информации. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. № 3 Изд-во ТулГУ, 2013. – 460-470 с.
2. Сафронова М.А. Ситуационный анализ и управление опасными производственными объектами: Автореф. дис. канд. техн. наук. –Тула, 2003. – 20 с.
3. Борзенкова С.Ю. Поддержка принятия управленческих решений на основе ситуационного анализа и управления: Автореф. дис. канд. техн. наук. –Тула, 2003. – 18 с.
4. SecutityLab.ru by Positive Technologies. Аналитические статьи по информационной безопасности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.securitylab.ru/analytics/>. - Загл. с экрана. - (дата обращения: 20.10.2021)

05.13.19

Е.В. Бурькова канд. педагог. наук, А.А. Рычкова канд. педагог. наук

Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра вычислительной техники и защиты информации,
Оренбург, evb99@yandex.ru, mansy@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

В работе представлены функциональная модель процесса обработки защищаемой информации в системах контроля и управления доступом, структурная модель угроз системы контроля и управления доступом.

Ключевые слова: угрозы безопасности, система контроля и управления доступом, структурная модель, функциональная модель.

Информационная безопасность объектов различного функционально-отраслевого назначения приобретает особую значимость в современных условиях развития информатизации и высокого уровня подготовки нарушителей. Система защиты объекта информатизации представляет собой комплекс инженерно-технических, программно-аппаратных и организационных мер и имеет сложную многоуровневую структуру. На каждом уровне такой системы реализуются средства защиты, выполняющие определенные функции, причем обязательным условием является соблюдение принципа интеграции компонентов.

Одним из первых рубежей защиты является системы контроля и управления доступом (далее - СКУД). Функциональные возможности современных СКУД разнообразны, не ограничиваются осуществлением допуска персонала, но выполняют функции контроля рабочего времени, перемещений персонала, анализа попыток проникновения незарегистрированных пользователей, создания разного уровня вложенных баз данных. Важной задачей является обеспечение защиты СКУД. Как и любое средство защиты в системе безопасности, СКУД также подвержено воздействию угроз, приводящих к различного рода сбоям, в результате которых предприятие может понести значительный ущерб.

Система контроля и управления доступом состоит из следующих основных компонентов: точка прохода (турникет, исполнительное устройство), считыватель, идентификатор, контроллер СКУД, база данных субъектов доступа и дополнительное программное обеспечение [1-4].

Для комплексного построения модели объекта защиты в виде формального описания процесса, связанного с обработкой защищаемой информации рассматривается методология функционального моделирования IDEF0, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов.

В ходе моделирования необходимо решить следующие задачи:

1. Выбор информационного процесса, в котором происходит обработка защищаемой информации. В качестве такого процесса рассматривается контроль доступа сотрудников предприятия к СКУД.

2. Построение модели "черного ящика" данного процесса в нотации IDEF0 (контекстная модель представлена на рисунке 1).

3. Декомпозиция модели на функции в нотации IDEF0 (рисунок 2).

4. Корректировка контекстной модели после декомпозиции на основе уточненных данных.

Все горизонтальные стрелки (входы) отражают информацию либо носитель информации. Примеры угроз, направленные на информационные элементы: разглашение или перехват

информации ограниченного доступа; несанкционированный доступ к документам; подделка документов; дезинформация; отказ в обслуживании.

Вертикальные стрелки (снизу) – исполнители. Примеры угроз, направленных на автоматизированные системы и человеческие ресурсы: несанкционированное отключение системы или её модуля; сбор информации о системе (её местонахождение, настройки и др.); повышение привилегий за счёт входа под чужой учётной записью; шантаж или подкуп сотрудника.

Вертикальные стрелки (сверху) – управление. Примеры угроз, направленных на управляющие, регламентирующие и нормативные данные, которыми руководствуются исполнители: внесение недеklarированных возможностей в программное обеспечение; разработка нормативных документов, не соответствующих законодательству; нарушение правил работы с конфиденциальной информацией [5].

В зависимости от реализуемых видов данных компонентов, необходимо рассматривать и потенциальные угрозы для работы СКУД.



Рис.1 – Функциональная модель процесса «Контроль доступа сотрудников предприятия к СКУД» в нотации IDEF0 (контекстная)

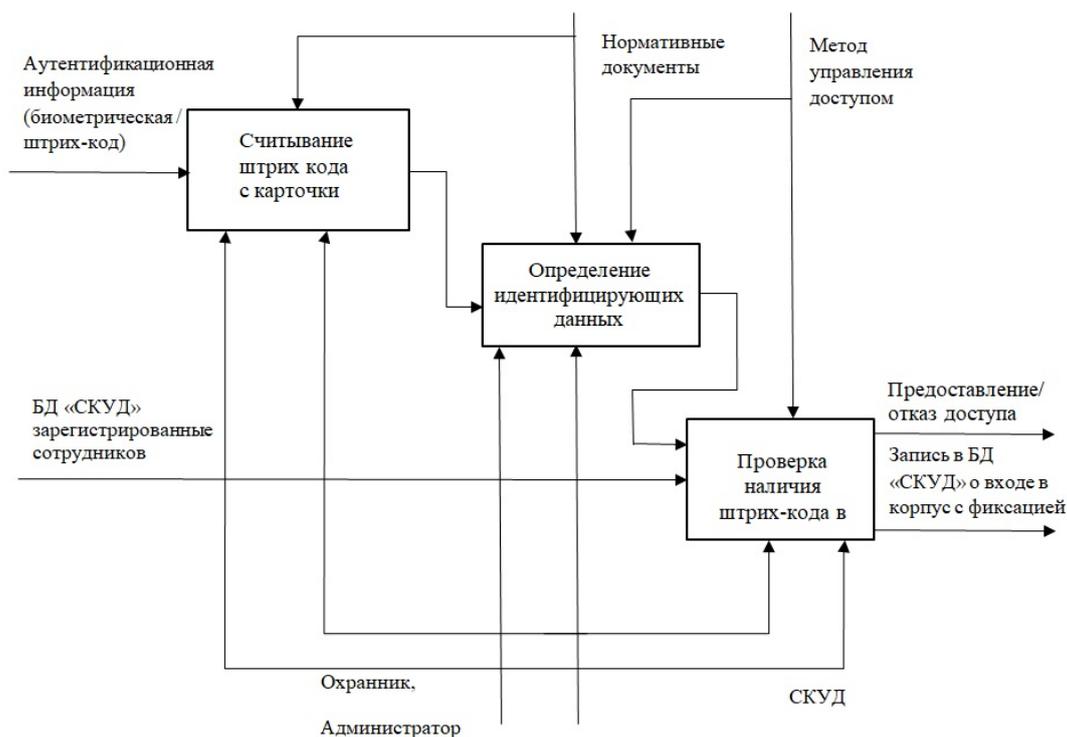


Рис. 2 - Декомпозиция процесса в нотации IDEF0 «Система контроля и управления доступа»

Все источники угроз безопасности, в том числе и для объектов СКУД, делятся на следующие: антропогенные, техногенные и стихийные. Техногенные источники внешние и внутренние – сбои и неисправности технических средств, сетей и коммуникаций, электроснабжения, средств информатизации, неправильная конфигурация программного обеспечения. Антропогенные источники реализуются нарушителями и могут быть преднамеренными и случайными, обусловленными непрофессионализмом сотрудников, обслуживающего персонала СКУД, а также от разработчиков системы [6,7].

При проектировании системы защиты необходимо провести анализ актуальных угроз безопасности. Все угрозы можно представить в виде структурной модели, в которой они распределены по уровням: физический уровень, сетевой уровень, уровень операционной системы, уровень системы управления базами данных (далее – СУБД). Соответственно на всех уровнях должны быть реализованы механизмы защиты, некоторые из которых могут нейтрализовать угрозы сразу на нескольких уровнях. Структурная модель угроз СКУД представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структурная модель угроз СКУД

Название уровня	Угрозы безопасности		
	Конфиденциальности	Целостности	Доступности
Физический уровень: штрих-код на карте; фотография на пропуске; турникет; считыватель	<ol style="list-style-type: none"> Кража карты сотрудника. Проход по чужой карте. Сбор нарушителем информации о модели турникета, считывателе 	<ol style="list-style-type: none"> Некорректное считывание штрих - кода считывателем. Несанкционированное отключение терминала. 	<ol style="list-style-type: none"> Отказ в обслуживании из-за повреждения штрих кода. Отказ в прохождении турникета, при несовпадении фото.
Сетевой уровень (модель OSI)	<ol style="list-style-type: none"> Побочные электромагнитные излучения от технических средств и линий передачи информации. Неисправность сетевых сервисов. Ошибки при маршрутизации. 	<ol style="list-style-type: none"> Изменение сетевых маршрутов. Нарушение целостности информации, передаваемой по линиям передачи данных. 	Отказ в обслуживании из-за перегрузки сетевого канала передачи данных.
Уровень операционно й системы (ОС)	<ol style="list-style-type: none"> Внедрение вредоносного программного обеспечения; Неисправность сервера; Ошибки пользователей. 	Модификация идентификационных/ аутентификационных данных	Блокирование входа в ОС.
Уровень системы управления базами данных (СУБД) и программного обеспечения (ПО)	<ol style="list-style-type: none"> Получение злоумышленником информации об алгоритме хэширования паролей, подбор паролей перебором. Несанкционированный доступ к базе данных на сервер. 	<ol style="list-style-type: none"> Некорректная работа с ИС и базой данных. Внесение недеklarированных возможностей на этапе разработки. 	Отказ в обслуживании из-за перегрузки сервера СКУД, отказ в обслуживании из-за неработоспособности считывателя.

Проектирование системы контроля и управления доступа предприятия основывается на комплексном построении модели объекта защиты с анализом и определением актуальных угроз безопасности, что позволит осуществить выбор мер и средств защиты на всех уровнях: физическом, сетевом, операционной системы, системы управления базами данных и программного обеспечения.

Список литературы

1. *Когельман Л.Г.* Модель системы защиты информации. Система контроля управления доступом / Л.Г. Когельман, Е.А. Артозей // *Современные информационные технологии.* – 2016. – № 23. – С. 94-98.
2. *Петров В.Р.* Нужна ли защита информации в СКУД? /В.Р. Петров // *Безопасность информационных технологий.* – 2011. – Т. 18. № 4. – С. 148-151.
3. *Милютин Е.М.* СКУД в обеспечении безопасности объектов. Критерии выбора / Е.М. Милютин, А.А. Гайдукова // *Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии,* 2019. - №2(14). С. 10-14.
4. *Калинин Р.А.* Тенденции развития СКУД: технологические «точки роста» / Р.А. Калинин // *Алгоритм безопасности,* 2018. № 4, С. 10-13.
5. *Бурькова Е.В.* Разработка модельного базиса для принятия решений в системе защиты персональных данных на основе теории игр [Электронный ресурс] / Е.В. Бурькова, А.Л. Коннов, А.А. Рычкова // *Научно-технический вестник Поволжья,*2021. - № 3. - С. 48-51. - 4 с.
6. *Бурькова Е.В.* Модель системы выбора средств физической защиты объекта информатизации / Е.В. Бурькова // *Информация и безопасность,* 2018. - Т. 21, № 2 (4). - С. 195-202.
7. *Бурькова Е.В.* Физическая защита объектов информатизации: учебное пособие / Е.В. Бурькова. – Оренбург. ОГУ. – 2017. - 157 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

М.В. Александрова, А.В. Чуваков,
Н.Г. Губанов, А.В. Иващенко

СОБЫТИЙНЫЙ МОНИТОРИНГ В УПРАВЛЕНИИ
ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ

Ключевые слова: анализ данных, управление инновационными проектами, мониторинг, поддержка принятия решений.

В статье представлен оригинальный подход к анализу инновационных проектов, основанный на мониторинге событий, которые сопровождают и характеризуют типичные проблемы исполнения. На основе предложенной модели разработана система поддержки принятия решений по мониторингу и управлению студенческими инновационными проектами, адекватная по объему, сложности, неопределенности и месту в портфолио. Решение иллюстрируется на примере типичного кейса, взятого из 30 реальных проектов, реализованных в период с 2019 по 2020 годы. Полученные результаты позволили улучшить проектную деятельность с учетом влияния неопределенности и человеческого фактора путем применения индивидуальной мотивации.

А.В. Вагнер, Д.В. Горбачев, А.Л. Коннов, О.В. Худорожков
МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ

Ключевые слова: искусственный интеллект, сверточная нейронная сеть, охраняемый объект, база знаний, ошибка обратного распространения.

Проводимое исследование направлено на решение задачи анализа формализованных данных в слабоструктурированных документах и заключается в распознавании содержательного аспекта документа и сохранение формализованных признаков в базе данных. Для анализа текстовой информации предлагается использовать систему искусственного интеллекта на основе сверточной нейронной сети. Обучение нейронной сети может быть выполнено на свободно распространяемом дата-сете. Критерий обученности сети – минимум ошибки обратного распространения.

Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов,
Р.Ф. Илдарханов, И.И. Салахов, Ф.Л. Назаров
АНАЛИЗ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО
РЕСУРСА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО
ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЕ

Ключевые слова: цилиндропоршневая группа, картерные газы, дизельный двигатель, датчик, грузовой автомобиль.

В статье проведено исследование процесса износа деталей цилиндропоршневой группы. В зависимости от степени их изношенности определяются диагностические параметры, по которым можно установить остаточный ресурс. Рассмотрена схема подключения дополнительных диагностических параметров двигателя современного грузового автомобиля для определения остаточного ресурса по давлению и расходу картерных газов.

И.Б. Гинзбург, А.А. Ермаков, С.Н. Падалко
ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ С
ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Ключевые слова: организация дистанционного обучения, платформа дистанционного обучения, веб-приложение для дистанционного обучения, разработка методов дистанционного обучения.

В статье описано, как эффективно организовать дистанционное обучение с использованием сети Интернет и специализированных веб-приложений с открытым исходным кодом для учащихся высших учебных заведений и слушателей курсов профессиональной переподготовки, изучающих информационные технологии и программирование. Рассматриваются задачи, которые требуют решения при организации дистанционного обучения информационным

M.V. Aleksandrova, A.V. Chuvakov,
N.G. Gubanov, A.V. Ivaschenko

EVENT-BASED MONITORING IN INNOVATION
MANAGEMENT

Keywords: data analysis, management of innovative projects, monitoring, decision-making support.

The paper presents an original approach to the analysis of innovative projects based on event-based monitoring that allows identification of typical problems. On the basis of the proposed model, a decision-making support system was developed for monitoring and managing student innovation projects, which is adequate in volume, complexity, uncertainty and place in the portfolio. The solution is illustrated by a typical case taken from 30 real-life projects implemented between 2019 and 2020. The results made it possible to improve project activities taking into account the influence of uncertainty and the human factor by applying individual motivation.

A.V. Vagner, D.V. Gobachev, A.L. Konnov, O.V. Hudorojkov
MODELS AND ALGORITHMS OF AUTOMATED
DOCUMENT RECOGNITION SYSTEM

Keywords: artificial intelligence, convolutional neural network, protected object, knowledge base, backpropagation error.

The research is aimed at solving the problem of analyzing formalized data in semi-structured documents and consists in recognizing the content aspect of the document and storing formalized features in the database. To analyze textual information, it is proposed to use an artificial intelligence system based on a convolutional neural network. Neural network training can be performed on a freely distributed data set. The criterion for network learning is a minimum of backpropagation error.

R.M. Galiev, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov,
R.F. Ildarkhanov, I.I. Salakhov, F.L. Nazarov
ANALYSIS AND METHOD OF DETERMINING THE
RESIDUAL LIFE AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE
BY CYLINDER-PISTON GROUP

Keywords: cylinder-piston group, crankcase gases, diesel engine, sensor, truck.

The article studies the wear process of cylinder-piston group parts. Depending on the degree of their wear diagnostic parameters are determined, by which the residual resource can be determined. Reviewed the additional diagnostic parameters connection scheme of a modern truck engine for determining the residual resource by pressure and crankcase gas consumption.

I.B. Ginzburg, A.A. Ermakov, S.N. Padalko
DISTANCE LEARNING OVER THE INTERNET USING
SPECIALIZED WEB APPLICATIONS

Keywords: distance learning organization, distance learning platform, distance learning web application, distance learning development methods.

The article describes how to effectively organize distance learning using the Internet and specialized open source web applications for higher educational institutions' and professional retraining courses' students studying information technology and programming. The problems that need to be solved when organizing distance learning in information technologies are considered. Ways of using various specialized web applications to effectively organize the process of distance learning are proposed.

технологиям. Предлагаются способы использования различных специализированных веб-приложений для эффективной организации процесса дистанционного обучения.

В.П. Калинина, В.И. Полуничев
ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Ключевые слова: реакторная установка малой мощности, атомная станция, опыт эксплуатации, перспективы развития. В работе отражена информация о специфике реакторных установок малой мощности. Описан опыт эксплуатации атомных станций малой мощности и выполнен краткий обзор разрабатываемых проектов.

А.А. Кораблева, А.С. Полякова, Л.В. Липинский
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИИ
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В
КОЭВОЛЮЦИОННОМ АЛГОРИТМЕ

Ключевые слова: коэволюция, перераспределение ресурсов, оптимум функции, дисперсия, критерий Уилкоксона. В данной работе предлагается три стратегии перераспределения ресурсов в коэволюционном алгоритме решения сложных задач оптимизации. Приводятся результаты тестирования данных стратегий на множестве тестовых функций и проверки полученных выборок по непараметрическому критерию Уилкоксона на принадлежность к одной генеральной совокупности.

С.А. Королева, А.С. Полякова, Л.В. Липинский
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОЛЛЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ

Ключевые слова: мешок слов, TF-IDF, N-grams, бэггинг, стекинг. Исследуется эффективность применения коллективных методов принятия решений при обработке текстовых данных разными способами векторизации для задачи классификации.

Г.В. Меркишин, Б.М. Породин
РАЗЛОЖЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРЯМОЙ
НА МАТРИЦЕ КВАДРАТНЫХ ОКОН

Ключевые слова: система, матрица, прямая, квадрат, область, окно.

В работе рассматривается алгоритм описания пространственного положения прямой на основе разложения ее изображения на матрице из двух апертур фотоприемников.

Н.А. Неустроев, И.М. Кузьмина, М.А. Иванова
ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ
ЦЕЛИ АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕНОГРАФИРОВАНИЯ

Ключевые слова: обучение нейронной сети, слои, перекрёстная энтропия, адекватность модели.

В работе представлены результаты изучения нескольких моделей долгой краткосрочной памяти и управляемых рекуррентных блоков, решающие задачу предсказания (классификации) следующего элемента текстовой последовательности — печатного знака.

А.В. Базан, Т.Г. Дмитриева, М.К. Охлопкова
АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ключевые слова: транспортная логистика, доставка грузов. В современном обществе происходит постоянное развитие и совершенствование транспортной отрасли, благодаря чему растет роль и распространение данной отрасли логистики, представляющей собой услуги по качественной и быстрой доставке грузов. Во многих развитых странах мира наблюдается тенденция к усилению роли подобных услуг. Расширение сферы применения логистики является одной из характерных тенденций современной экономики. Необходимым условием согласованной работы всех звеньев логистической цепи является наличие информационных систем — основы коммуникативной составляющей логистики.

V.P. Kalinina, V.I. Polunichev
OPERATING EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR THE
DEVELOPMENT OF SMALL MODULAR REACTORS

Keywords: small modular reactor, nuclear power plant, operating experience, development prospects. The paper reflects information on the specificity of small modular reactors. Operating experience of low-power nuclear power plants is described and a brief overview of the projects under development is performed.

A. A. Korableva, A. S. Polyakova, L. V. Lipinskiy
RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE STRATEGY
OF RESOURCE REALIGNMENT IN THE
COEVOLUTIONARY ALGORITHM

Keywords: coevolution, resource reallocation, optimal function, variance, Wilcoxon test. This paper proposes three strategies for resource redistribution in a co-evolutionary algorithm for solving complex optimization problems. The results of testing these strategies on a set of test functions and checking the obtained samples according to the Wilcoxon nonparametric criterion for belonging to the same general population are presented.

S. A. Koroleva, A. S. Polyakova, L. V. Lipinskiy
RESEARCHING THE EFFECTIVENESS
OF COLLECTIVE DECISION-MAKING METHODS
IN TEXTUAL DATA PROCESSING

Keywords: bag of words, TF-IDF, N-grams, bagging, stacking. The effectiveness of collective decision-making methods in processing textual data by different vectorization methods for the classification problem is investigated.

G. V. Merkishin, B. M. Porodin
DECOMPOSITION OF THE IMAGE DIRECT
ON THE MATRIX OF SQUARE WINDOWS

Keywords: system, matrix, line, square, region, window. The paper considers an algorithm for describing the spatial position of a straight line based on the decomposition of its image on a matrix of two photodetector apertures.

N. A. Neustroev, I. M. Kuzmina, M. A. Ivanova
APPLICATION OF RECURRENT NEURAL
NETWORKS FOR THE PURPOSE
OF AUTOMATION OF STENOGRAPHY

Keywords: neural network training, layers, cross-entropy, model adequacy. The work presents the results of studying several models of long short-term memory and controlled recurrent blocks that solve the problem of predicting (classifying) a graphic character, an element of a text sequence.

A. V. Bazan, T. G. Dmitrieva, M. K. Okhlopova
ANALYSIS OF TRANSPORT LOGISTICS SYSTEMS

Keywords: transport logistics, cargo delivery. In modern society, there is a constant development and improvement of the transport industry, thanks to which the role and spread of this logistics industry, which is a service for high-quality and fast delivery of goods, is growing. In many developed countries of the world, there is a tendency to strengthen the role of such services. The expansion of the scope of logistics is one of the characteristic trends of the modern economy. A necessary condition for the coordinated work of all parts of the logistics chain is the availability of information systems - the basis of the communicative component of logistics.

А.В. Готовцев, А.В. Базан
ГИС В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА

Ключевые слова: гис-технологии, транспортная сеть, программное обеспечение.

Геоинформационные системы и технологии (ГИС и Т) становятся ценным инструментом в управлении наземным и воздушным сегментами авиатранспорта, в железнодорожной транспортной инфраструктуре, в решении комплексных задач для территориально распределенных автотранспортных систем. Большинство применений ГИС, как на транспорте, так и в других областях, определяется их способностью связывать пространственную и описательную информацию и возможностью их совместного анализа.

О.А. Иващук, И.С. Константинов, В.И. Федоров,
Н.В. Щербинина, Ю.Н. Маслаков
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АПК

Ключевые слова: киберфизическая система, цифровая платформа, моделирование, агропромышленный комплекс, экологический мониторинг.

В статье представлены результаты моделирования киберфизической системы интеллектуального мониторинга и управления процессами и объектами агропромышленного комплекса (АПК), которая принципиально отличается от существующих решений: универсальностью по отношению к выбираемой территории, конкретным видам объектов и процессов АПК; адаптивностью и мобильностью; обеспечением оперативной реакции киберфизической системы и всех ее компонент на текущие изменения в объекте управления и в окружающей среде; интегрированным использованием современных цифровых технологий.

Н.И. Кондакова
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИИ
ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОГО БЕЛКА

Ключевые слова: безотходная технология, кормление сельскохозяйственных животных, рацион кормов.

Дефицит кормового белка является одним из основных факторов, сдерживающих повышение продуктивности животноводства. Полноценное кормление молочных коров предполагает оптимальное поступление в организм всех необходимых питательных веществ, что способствует хорошему здоровью, нормальному воспроизводству и высокой продуктивности. Для решения кормовой проблемы в животноводстве необходимо более широко использовать некондиционное сырье, органические отходы, обеспечивая их утилизацию в рамках безотходных технологий.

А.К. Корякин
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТЕПЛИЦЕ

Ключевые слова: температурный режим, микроклимат, теплица.

В статье описывается исследование автоматизации микроклимата в теплице. В овощеводстве защищенного грунта более половины эксплуатационных расходов связано с затратами на обогрев культивационных помещений. При невозможности использования тепловых отходов, отсутствии местных топливных ресурсов или их высокой стоимости экономически целесообразно для обогрева парников применять электрическую энергию. В качестве термочувствительных элементов используют контактные ртутные термометры, биметаллические или манометрические датчики температуры, а в качестве исполнительных органов применяют пускатели или контакторы.

A.V. Gotovtsev, A.V. Bazan
GIS IN THE FIELD OF TRANSPORT

Keywords: gis technologies, transport network, software. Geoinformation systems and technologies (GIS and T) are becoming a valuable tool in the management of ground and air segments of air transport, in railway transport infrastructure, in solving complex tasks for geographically distributed road transport systems. Most GIS applications, both in transport and in other fields, are determined by their ability to link spatial and descriptive information and the possibility of their joint analysis.

O.A. Ivaschuk, I.S. Konstantinov, V.I. Fedorov,
N.V. Shcherbinina, Y.N. Maslakov
MODELING A CYBER-PHYSICAL SYSTEM FOR
INTELLIGENT MONITORING AND ENVIRONMENTAL
SAFETY MANAGEMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL
COMPLEX

Keywords: cyber-physical system, digital platform, modeling, agro-industrial complex, environmental monitoring.

The article presents the results of modeling a cyber-physical system for intelligent monitoring and management of processes and objects of the agro-industrial complex (AIC), which fundamentally differs from existing solutions in universality in relation to the selected territory, objects and processes of the AIC, adaptability and mobility, which provide an operational response of the cyber-physical system and all its components on the current changes in the object of management and in the environment, by the integrated use of modern digital technologies.

N.I. Kondakova
RESEARCH OF NEW TECHNOLOGIES
FOR OBTAINING FEED PROTEIN

Keywords: waste-free technology, feeding of farm animals, feed ration.

The shortage of feed protein is one of the main factors hindering the increase in livestock productivity. Full-fledged feeding of dairy cows presupposes optimal intake of all necessary nutrients into the body, which contributes to good health, normal reproduction and high productivity. To solve the feed problem in animal husbandry, it is necessary to use substandard raw materials and organic waste more widely, ensuring their disposal within the framework of waste-free technologies.

A.K. Koryakin
RESEARCH AUTOMATION OF THE CONTROL OF AIR
TEMPERATURE IN A GREENHOUSE

Keywords: temperature regime, microclimate, greenhouse. The article describes the study of microclimate automation in a greenhouse. In the vegetable growing of protected soil, more than half of the operating costs are associated with the costs of heating the cultivation rooms. If it is impossible to use thermal waste, the absence of local fuel resources or their high cost, it is economically feasible to use electric energy to heat greenhouses. Mercury thermometers, bimetallic or manometric temperature sensors are used as thermosensitive elements, and starters or contactors are used as actuators.

Ч.Г. Машиев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ КОНТАКТА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ*Ключевые слова: игольчатый диск, пропашные культуры, технологический процесс.**В статье предложена методика математического описания распределения нагрузки машины по контактной поверхности колесного движителя с деформируемым грунтом.*

Ch.G. Mashiev

AUTOMATION OF THE SOIL COMPACTION PROCESS IN THE CONTACT ZONE WITH THE WHEEL DRIVE*Keywords: needle disk, row crops, technological process.**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.***А.С. Филатов, Г.А. Герасимова, С.В. Хамарова
ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ВИНТОВЫХ
ТРАНСПОРТЕРОВ-ЗЕРНОПОГРУЗЧИКОВ***Ключевые слова: производительность, агропромышленный комплекс, транспортер-зернопогрузчик.**В данной статье приводятся исследования способа повышения производительности винтового шнекового транспортера, позволяющим создать малогабаритную конструкцию путем увеличения его оборотов. Описана технология работы транспортеров-зернопогрузчиков, исследован механизм работы и описаны недостатки работы, а именно, в неполноценном обеспечении возможности переброски зерна на большие расстояния по пространственной трассе или усложняет технологическую схему. Кроме того, при работе во-время погрузки напрямую из бурта требуется ручной труд или дополнительная техника.***A.S. Filatov, G.A. Gerasimova, S.V. Khamarova
RESEARCH OF SMALL-SIZED
SCREW GRAIN CONVEYORS***Keywords: productivity, agro-industrial complex, grain loader conveyor.**This article presents studies of a way to increase the productivity of a screw conveyor, which allows you to create a small-sized structure by increasing its speed. The technology of operation of grain loaders is described, the mechanism of operation is investigated and the disadvantages of the work are described, namely, in inadequate provision of the possibility of transferring grain over long distances along a spatial route or complicates the technological scheme. In addition, manual labor or additional equipment is required when working during loading directly from the shoulder.***А.Р. Хабиров, А.Ж. Сахабутдинов,
И.И. Нуреев, А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков,
К.Г. Кашапов, С.В. Фефилактов
КОМБИНИРОВАННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ И
ДИСКРЕТНЫЕ МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ
ВНУТРИСКВАЖИННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ***Ключевые слова: внутрискважинные системы телеметрии; распределенные системы термометрии; дискретные системы термометрии и манометрии; адресные волоконные брэгговские структуры; комбинированные методы измерений.**В работе показана актуальность и поставлена научно-техническая задача развития комбинированных волоконно-оптических систем внутрискважинной телеметрии, основным направлением которого является калибровка и уточнение показаний термометрии, полученных с помощью распределенных непрерывных систем, методами и средствами дискретной термометрии, основанной на использовании адресных волоконных брэгговских структур.*A.R. Khabirov, A.Zh. Sakhabutdinov,
I.I. Nureev, A.N. Pikulev, V.V. Sadchikov,
K.G. Kashapov, S.V. Feofilaktov**COMBINED DISTRIBUTED AND DISCRETE METHODS FOR DEVELOPMENT OF DOWNHOLE TELEMETRY***Keywords: downhole telemetry systems; distributed thermometry systems; discrete thermometry and manometry systems; targeted fiber Bragg structures; combined measurement methods.**The paper shows the relevance and sets the scientific and technical problem of the development of combined fiber-optic downhole telemetry systems, the main direction of which is the calibration and refinement of thermometry readings obtained using distributed continuous systems, and methods and means of discrete thermometry based on the use of targeted fiber Bragg structures.*А.Р. Хабиров, А.Ж. Сахабутдинов,
И.И. Нуреев, А.Н. Пикулев, В.В. Садчиков,
К.Г. Кашапов, С.В. Фефилактов**КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВНУТРИСКВАЖИННОЙ
ТЕЛЕМЕТРИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАБОЙНЫХ ЗОН***Ключевые слова: забойная зона скважины, внутрискважинные системы телеметрии; дискретные системы термометрии и манометрии; адресные двухкомпонентные волоконные брэгговские структуры; калибровка совмещенных датчиков по температуре и давлению.**В работе представлена комбинированная волоконно-оптическая система внутрискважинной телеметрии, основным назначением которой является точечный мониторинг забойной зоны скважин по температуре и давлению, основанный на использовании адресных двухкомпонентных волоконных брэгговских структур. Предложена процедура калибровки датчиков указанной системы и показана возможность ее расширения за счет установки дополнительного датчика на центробежный насос.*A.R. Khabirov, A.Zh. Sakhabutdinov,
I.I. Nureev, A.N. Pikulev, V.V. Sadchikov,
K.G. Kashapov, S.V. Feofilaktov**COMBINED DOWNHOLE TELEMETRY SYSTEM FOR MONITORING OF BOTTOM ZONES***Keywords: bottom zone of downhole; downhole telemetry systems; discrete thermometry and manometry systems; addressable two-component fiber Bragg structures; calibration of combined sensors for temperature and pressure.**The paper presents a combined fiber-optic downhole telemetry system, the main purpose of which is point monitoring of the bottom zone of downhole by temperature and pressure, based on the use of addressable two-component fiber Bragg structures. A procedure for calibrating the sensors of this system is proposed, and the possibility of its expansion by installing an additional sensor on a centrifugal pump is shown.*

В.Д. Яковлева

РЕШЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ
ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ*Ключевые слова: удобрения,
минеральное питание, комплексная механизация.*

В данной статье отмечается, что оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур с целью получения высоких и стабильных урожаев хорошего качества – одна из основных задач, стоящих перед сельским хозяйством. Достижение этой цели невозможно без серьезных знаний о свойствах почвы, биологических особенностях культур, способах и формах применяемых удобрений и их взаимодействии между собой и с другими объектами окружающей среды.

А.В. Емельянов, С.С. Емельянова
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ
В СИСТЕМЕ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ*Ключевые слова: кластеризация, 1С:Предприятие, кластер серверов, технологическая платформа, агент.*

В данной работе представлены результаты исследования платформы 1С:Предприятия в части кластеризации используемых технических средств. Дается подробное описание выбранной технологической платформы (далее ТП). Подробно описана работа агентов кластера серверов на ТП 1С. Представлены и детально разобраны варианты реализации кластера серверов ТП 1С.

А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Э.М. Мухаметдинов,
В.М. Нигметзянова, Д.И. НуретдиновК ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
НАГРУЗОК В ПРИВОДЕ КОЛЁС ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ*Ключевые слова: грузовой автомобиль, ведущий мост,
зубчатое колесо, картер дифференциала, антифрикционная
шайба, условия эксплуатации.*

Статья освещает вопросы нагруженности основных деталей межколёсного дифференциала грузового автомобиля. Проведён анализ факторов, определяющих долговечность работы дифференциала. Предложена расчётная методика определения конструктивных параметров полуосевых шестерён с учётом влияния внешних эксплуатационных факторов.

О.Ю. Долматов, М.М. Балачков, М.Д. Юрченко,
М.С. Кузнецов, А.А. Пермикин, В.И. Бойко
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ
СВОЙСТВ БОРИДА ВОЛЬФРАМА, ПОЛУЧАЕМОГО
МЕТОДОМ СВ-СИНТЕЗА*Ключевые слова: СВ-синтез, борид вольфрама,
математическое моделирование, защитный экран.*

В работе рассматриваются защитные свойства от поля ионизирующего излучения перспективного борид вольфрама – соединения, получаемого методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Продемонстрированы зависимости плотности потока нейтронов различных энергий от толщины защиты. Установлено, что для эффективного ослабления потока необходимо добавить в систему замедлитель. Отмечено, что при послойном добавлении полиэтилена, наблюдается существенное улучшение защитных свойств экрана.

А.И. Хайбуллина, А.Р. Хайруллин,
В.К. Ильин, А.А. Сиявин, Д.С. Балзамов
ВЫБОР МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПУЧКАХ ТРУБ*Ключевые слова: математическое моделирование, модель
турбулентности, теплообмен, пучок труб.*

В настоящей работе приводятся результаты численного моделирования теплообмена в пучке труб при его поперечном обтекании. Математическая модель представлена в программе Ansys Fluent. Рассмотрены модели турбулентности: SST, RNG $k-\epsilon$ SWF, RNG $k-\epsilon$ EWF и SST $k-\omega$ с различным сеточным разбиением. Полученные результаты сравнены с экспериментальными данными.

V.D. Yakovleva

SOLUTION OF COMPLEX MECHANIZATION
OF MINERAL FERTILIZERS APPLICATION*Keywords: fertilizers, mineral nutrition, complex
mechanization.*

This article notes that the optimization of mineral nutrition of agricultural crops in order to obtain high and stable yields of good quality is one of the main tasks facing agriculture. Achieving this goal is impossible without serious knowledge about soil properties, biological features of crops, methods and forms of fertilizers used and their interaction with each other and with other environmental objects.

A.V. Emelyanov, S.S. Emelyanova.
STUDY OF CLUSTERING SOLUTIONS
IN SYSTEM 1С:ERP*Keywords: clustering, 1С:ERP, server cluster, technological
platform, agent.*

This paper presents the results of a study of the 1С:ERP platform in terms of clustering of the used technical means. A detailed description of the selected technological platform (hereinafter TP) is given. The work of agents of a cluster of servers on TP 1С is described in detail. The options for implementing a cluster of TP 1С:ERP servers are presented and analyzed in detail.

A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, E.M. Mukhametdinov,
V.M. Nigmatzyanova, D.I. NuretdinovTO THE ISSUE OF MODELING OPERATIONAL LOADS
IN THE DRIVE OF THE TRUCK WHEELS*Keywords: truck, drive axle, gear wheel,
differential housing, anti-friction washer, operating conditions.*

The article covers the issues of loading of the main parts of the inter-wheel differential of a truck. The analysis of the factors that determine the durability of the differential is carried out. A calculation method is proposed for determining the design parameters of half-axle gears, taking into account the influence of external operating factors.

O.Y. Dolmatov, M.M. Balachkov, M.D. Yurchenko,
M.S. Kuznetsov, A.A. Permikin, V.I. Boyko
MODELING OF THE PROTECTIVE PROPERTIES OF
TUNGSTEN BORIDE OBTAINED BY THE METHOD OF
SELFPROPAGATING HIGH TEMPERATURE SYNTHESIS*Keywords: Self propagating high temperature synthesis,
tungsten boride, radiation protection, mathematical modeling.*

In this paper considers the protective properties of tungsten boride obtained by self-propagating high-temperature synthesis. Dependences of the flux density of neutrons of various energies on the thickness of the shielding are demonstrated. It has been found that for effective deceleration it is necessary to add a moderator to the system. It is noted that with the layer-by-layer addition of polyethylene, a significant improvement in the protective properties of the shielding is observed.

A.I. Khaibullina, A.R. Khairullin,
V.K. Ilyin, A.A. Sinyavin, D.S. Balzamov
SELECTION OF A TURBULENCE MODEL FOR
MODELING HEAT TRANSFER IN TUBE BUNDLE*Keywords: mathematical modeling, turbulence model, heat
transfer, tube bundle.*

In this paper, we present the results of numerical simulation of heat transfer in tube bundles in cross flow. The mathematical model is presented in the Ansys Fluent. Turbulence models are considered: SST, RNG $k-\epsilon$ SWF, RNG $k-\epsilon$ EWF and SST $k-\omega$ with different grid. The obtained results are compared with experimental data.

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов,
М.Ю. Филимонова, Э.А. Маликов

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ПЛАНКА ПО СПЕКТРАМ
ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СВЕТОДИОДОВ.**

*Ключевые слова: светодиод, p-n – переход, монохроматор,
спектр излучения, постоянная Планка.*

Предложена учебно - исследовательская установка для практикума по общей физике. С помощью дифракционного монохроматора МУМ в работе исследуется спектр излучения светодиодов на основе фосфида галлия. Экспериментально определена постоянная Планка.

С.Ю. Борзенкова, М.А. Сафронова, А.А. Сычугов
**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ НЕШТАТНОЙ
СИТУАЦИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Ключевые слова: информационная безопасность, ситуационное моделирование, ситуационное управление и анализ.

В работе представлена математическая модель применения ситуационного управления информационной безопасностью при прогнозировании развития нештатной ситуации в режиме реального времени.

Е.В. Бурькова, А.А. Рычкова
**МОДЕЛИРОВАНИЕ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И
УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ**

Ключевые слова: угрозы безопасности, система контроля и управления доступом, структурная модель, функциональная модель.

В работе представлены функциональная модель процесса обработки защищаемой информации в системах контроля и управления доступом, структурная модель угроз системы контроля и управления доступом.

A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov,
M.Y. Filimonova, E.A. Malikov

**DETERMINATION OF THE PLANCK CONSTANT FROM
THE ELECTROLUMINESCENCE SPECTRA OF LEDS.**

Keywords: LED, p-n junction, monochromator, radiation spectrum, Planck constant.

A training laboratory work for a practical course in general physics is proposed. Using a diffraction monochromator MUM, the radiation spectrum of LEDs based on gallium phosphide is studied in this work. Planck's constant is determined experimentally.

S.Y. Borzenkova, M.A. Safronova, A.A. Sychugov
**DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL APPARATUS
FOR PREDICTING REAL-TIME DEVELOPMENT OF
EMERGENCY SITUATION**

Keywords: information security, situational modeling, situational management and analysis.

The paper presents a mathematical model of application of situational management of information security in predicting the development of an emergency situation in real time. It is proposed to describe the situation with a combination of trends of changes in unmanaged and output parameters, which makes it possible to guarantee the completeness of analysis of many situations.

E.V. Burkova, A.A. Rychkova
**MODELING OF INFORMATION SECURITY THREATS
IN ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS**
Keywords: security threats, access control and management system, structural model, functional model.

The paper presents a functional model of the process of processing protected information in access control and management systems, a structural model of threat sources of the access control and management system.

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

№11 2021

Направления:

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

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

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

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

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

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

www.ntvprt.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732

Подписано в печать 24.11.2021 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 24.11.2021

10,1 усл.печ.л. 12,4 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3790.

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»