

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№6 2020

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
2020**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №6 2020г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2020. – 126 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.ntvr.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.К. Половняк – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харламиди – д.х.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, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р.Х. Шагимуллин</i> ХИМИЧЕСКИЙ И ФИЗИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС В ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ. СООБЩЕНИЕ 2. ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ	7
05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ	
<i>Д.С. Горбатенко</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ РАБОТ	13
<i>Р.Р. Губайдуллин, В.А. Заболотный, Т.Р. Сахбиев, А.А. Тяжелова, О.Г. Морозов, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев, Л.М. Сарварова, Р.Ш. Мисбахов</i> АЛГОРИТМ ЗОНДИРОВАНИЯ ВЫСОКОДОБОТНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР	16
<i>В.А. Заболотный, Р.Р. Губайдуллин, Т.Р. Сахбиев, А.А. Тяжелова, О.Г. Морозов, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев, Л.М. Сарварова, Р.Ш. Мисбахов, А.А. Василец</i> АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СИММЕТРИЧНЫХ ВЫСОКОДОБОТНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР	20
<i>В.Н. Игнатьев, Г.С. Филиппов, В.А. Чирков</i> ВЛИЯНИЕ ВИДА ТОПЛИВА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОСПРОИЗВОДСТВА В РЕАТОРАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА	24
<i>С.С. Павлов, Ю.С. Порохненко, А.А. Уляхин</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГЕРОЕВ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ИГРЫ НА ОСНОВЕ КЛАССИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МЕТОДА К-СРЕДНИХ	28
<i>И.С. Полевищиков, В.С. Болылый, Е.Б. Кроха</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ОТЧЕТОВ О РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ	31
<i>В.И. Полуничев, С.А. Горбатов, Ю.А. Тимофеев</i> АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ПЕРВОГО КОНТУРА В РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ С ВОДО-ВОДЯНЫМ РЕАКТОРОМ	36
<i>Т.Р. Сметанин, Е.А. Гурьева, В.В. Андреев, Н.Г. Андреев</i> РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА «НЕЙТРОННЫЙ КОНВЕРТЕР»	40
<i>Ю.А. Тимофеев, С.А. Горбатов, В.И. Полуничев</i> НОДУЛЯРНАЯ КОРРОЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНЫХ ЗОН ИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ СУДОВЫХ РЕАКТОРОВ	46
05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ	
<i>Р.Р. Бакиров, И.С. Васильев, А.С. Хисматуллин</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОГО АММИАКА НА НАЛИВ	51
<i>А.А. Бачурин, Д.В. Лобанов</i> К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕРМИНА «ПРОЦЕНТ ГОРЕНИЯ» В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	54
<i>А.И. Горькавый, М.А. Горькавый, М.А. Мельниченко</i> КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ МОДУЛЕМ С ОПТИМАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ	57
<i>Б.М. Грицун, С.И. Ефремкин, А.В. Савиц</i> БИОРЕАКТОР С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ	62

<i>А.А. Ильинцева, М.А. Чесноков, С.В. Данилова, Е.В. Беляев</i> СИСТЕМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЦИИ СЭД И WMS СИСТЕМ	67
<i>М.З. Искандаров, Р.М. Хисамутдинов</i> ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СБОРОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ	70
<i>С.В. Латухов, К.Э. Никадимов</i> К ВОПРОСУ АНАЛИЗА СУДОЗАХОДОВ КАК ОБЪЕКТА ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В АКВАТОРИИ ПОРТА	75
<i>С.В. Леонтьев, А.Е. Никитина</i> КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА	80
<i>А.Д. Петриков, А.А. Силаев</i> МЕТОД ВЫБОРА РЕГУЛЯТОРА, ЕГО НАСТРОЙКИ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСТУПАЮЩЕЙ СМЕСИ В ТЕПЛООБМЕННИК	84
05.13.11 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ	
<i>С.Г. Лялин</i> ВЫБОР МЕТОДА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ	88
<i>Д.С. Ночевой, И.В. Перминов, С.В. Клименков</i> АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕМАТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ИЗ ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАММАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ	94
<i>М.Ю. Румянцева, П.В. Балакишин, А.А. Фильченков</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РУДЫ	99
05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ	
<i>Ф.А. Галимянов, П.В. Малов</i> КОНСТРУКТИВНЫЕ, НЕЗАВИСИМЫЕ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЫ ОБОБЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОБУЧАЕМЫХ МАШИН	102
<i>А.А. Дубанов, А.В. Урбаханов, Н.Б. Цыренжапов, А.Э. Севээн</i> ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОКРУЖНОСТЕЙ АПОЛЛОНИЯ ПРИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕТОДА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СБЛИЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ	105
05.13.19 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
<i>А.Ю. Крюкова, О.П. Соколова, Н.Н. Нагорнова, К.А. Пшеничный</i> СМЫСЛОВАЯ ЦЕЛОСТНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ И ЕЁ ПОДДЕРЖКА В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ	110
АННОТАЦИИ	118

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>B.N. Ivanov, R.N. Kostromin, R.Kh. Shagimullin</i> CHEMICAL AND PHYSICAL RESONANCE IN CHEMICAL PROCESSES AND TECHNOLOGIES. MESSAGE 2. TRIBOLOGICAL PROCESSES OF MECHANOCHEMICAL TECHNOLOGY	7
---	---

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

<i>D.S. Gorbatenko</i> MAKING SAFETY OF TRAFFIC IN PLACES OF PRODUCTION OF ROAD WORKS	13
<i>R.R. Gubaidullin, V.A. Zabolotny, T.R. Sakhibiev, A.A. Tyazhelova, O.G. Morozov, A.Z. Sakhabutdinov, I.I. Nuriev, L.M. Sarvarova, R.S. Misbakhov</i> PROBING ALGORITHM FOR HIGH-QUALITY FIBER-OPTICAL STRUCTURES	16
<i>V.A. Zabolotny, R.R. Gubaidullin, T.R. Sakhibiev, A.A. Tyazhelova, O.G. Morozov, A.Z. Sakhabutdinov, I.I. Nuriev, L.M. Sarvarova, R.S. Misbakhov, A.A. Vasilets</i> ALGORITHM OF TWO-FREQUENCY PROBING RADIATION FORMING FOR MONITORING SYMMETRIC HIGH-QUALITY FIBER OPTICAL STRUCTURES	20
<i>V.N. Ignatev, G.S. Filippov, V.A. Chircov</i> INFLUENCE OF FUEL TYPE ON CHARACTERISTICS OF FUEL REPRODUCTION IN REACTOR OF VARIOUS TYPE	24
<i>S.S. Pavlov, Y.S. Porokhnenko, A.A. Ulahin</i> DEVELOPMENT OF CLUSTERING MODELS OF HEROES IN MULTIPLAYER GAMES BASED ON CLASSICAL REPRESENTATIONS OF THE K-MEANS METHOD	28
<i>I.S. Polevshchikov, V.S. Bolilyy, E.B. Krokha</i> AUTOMATED SYSTEM FOR DEVELOPING REPORTS ON THE RESULTS OF TESTING COMPLEX SOFTWARE SYSTEMS	31
<i>V.I. Polunichev, S.A. Gorbatov, Y.A. Timofeev</i> ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF FIRST CIRCUIT PRESSURE COMPENSATION SYSTEMS IN REACTOR PLANTS WITH A PRESSURIZED WATER REACTOR	36
<i>T.R. Smetanin, E.A. Gureva, V.V. Andreev, N.G. Andreev</i> DESIGN CALCULATION OF NEUTRON CONVERTER LABORATORY COMPLEX	40
<i>Y.A. Timofeev, S.A. Gorbatov, V.I. Polunichev</i> NODULAR CORROSION OF ELEMENTS OF ACTIVE ZONES FROM ZIRCONIUM ALLOYS OF SHIP REACTORS	46

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

<i>R.R. Bakirov, I.S. Vasilev, A.S. Khismatullin</i> MODELING OF THE BLOCK OF MEASUREMENT OF FLOW OF LIQUID AMMONIA IN BULK	51
<i>A.A. Bachurin, D.V. Lobanov</i> TO THE QUESTION ABOUT THE ACTUALITY OF THE TERM "BURNING PERCENTAGE" IN MODERN SYSTEMS OF OUTDOOR LIGHTING	54
<i>A.I. Gorkavyy, M.A. Gorkavyy, M.A. Melnichenko</i> COMPENSATION OF PERTURBATIONS IN THE CONTROL SYSTEM OF MECHATRONIC MODULE WITH THE OPTIMAL REGULATOR	57
<i>B.M. Gritsun, S.I. Efremkin, A.V. Savchits</i> BIOREACTOR WITH AUTOMATIZED CONTROL SYSTEM FOR MICROALGAE CULTIVATION	62
<i>A.A. Ilintseva, M.A. Chesnokov, S.V. Danilova, E.V. Belyaev</i> SYSTEMATIZATION OF ENTERPRISE BUSINESS PROCESSES BY INTEGRATION OF EDMS AND WMS SYSTEMS	67
<i>M.Z. Iskandarov, R.M. Khisamutdinov</i> OPTIMIZATION MODEL OF PRODUCTION PROCESSES OF AUTOMOBILE ASSEMBLY SYSTEM	70

<i>S.V. Latukhov, K.E. Nikadimov</i> TO THE QUESTION OF ANALYSIS OF SHIPPING AS AN OBJECT OF INFLUENCE ON THE ENVIRONMENTAL ENVIRONMENT IN THE PORT AQUATORY	75
<i>S.V. Leontev, A.E. Nikitina</i> CONCEPTUAL MODEL OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CURING OF VARIOUS NOMENCLATURE PRODUCTS AT PRECAST CONCRETE FACTORIES	80
<i>A.D. Petrikov, A.A. Silaev</i> METHOD OF SELECTING THE REGULATOR, ITS SETTINGS AND ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE RESULTING SYSTEM FOR REGULATING THE TEMPERATURE OF THE INCOMING MIXTURE IN THE HEAT EXCHANGER	84

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

<i>S.G. Lyalin</i> SELECTING A FEATURE EXTRACTION METHOD FOR VOICE IDENTIFICATION	88
<i>D.S. Nochevnoi, I.V. Perminov, S.V. Klimenkov</i> AUTOMATED EXTRACTION OF SEMANTIC RELATIONS FROM TEXT BY USING GRAMMATICAL FEATURES	94
<i>M.Y. Rumiantceva, P.V. Balakshin, A.A. Filchenkov</i> APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR AUTOMATION OF PARTICLE ANALYSIS OF ORE	99

05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>F.A. Galimyanov, P.V. Malov</i> CONSTRUCTIVE, INDEPENDENT FROM THE DISTRIBUTION LIMITS OF THE GENERAL ABILITY OF TRAINED MACHINES	102
<i>A.A. Dubanov, A.V. Urbahanov, N.B. Tsyrenzhapov, A.E. Seveen</i> VISUALIZATION OF THE APOLLONIUM CIRCLE DURING GEOMETRIC SIMULATION OF THE METHOD OF PARALLEL APPROXIMATION ON THE PLANE	105

05.13.19 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

<i>A.Yu. Kryukova, O.P. Sokolova, N.N. Nagornova, C.A. Pshenichny</i> MEANING-BASED INTEGRITY OF INFORMATION AS SUPPORTED IN THE RELATIONAL DATABASE DESIGN	110
---	-----

ABSTRACTS	118
------------------	-----

¹Б.Н. Иванов д-р техн. наук, ²Р.Н. Костромин канд. техн. наук,
³Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук,

¹Казанский научно-исследовательский технологический университет,
²ООО «Миррико менеджмент»,

³Главный редактор журнала «Научно-технический вестник Поволжья»,
Казань, ivanovbn@rambler.ru, kostromin-rn@rambler.ru, shagimullin@ntvp.ru,

ХИМИЧЕСКИЙ И ФИЗИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС В ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ. СООБЩЕНИЕ 2. ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Статья продолжает и развивает цикл многолетних работ [1-15] по исследованию и рациональному применению общности и отличия физических и химических видов взаимодействия, применительно к важнейшим процессам химической технологии и универсальным приемам их осуществления.

Настоящая статья посвящена раскрытию некоторых теоретических и практических аспектов физического и химического резонансов в химико-технологических процессах.

Одним из наиболее важных, рациональных и универсальных направлений пользования химического резонанса представляется, по нашему мнению, трибохимические процессы (разного уровня структурности) механохимической технологии.

Ввиду сложности данной задачи параллельно разрабатываются варианты рационализации различных процессов механохимических технологий с помощью сочетаний физического и химического резонансов на основе несколько иных принципов [17].

Взаимодействия в жидкофазных ассоциатах, в основном, происходят на поверхностных слоях их ингредиентов. Упрощенно их можно интерпретировать «шип-пазовым» взаимодействием локальных максимумов и минимумов количеств движений и веществ в ассоциатах (как различающейся, так и одной природы). Количество этих экстремумов, в первую очередь, предопределяется размерами ассоциатов¹.

Химический резонанс заведомо проявляется реже физического, т.к. химических видов движения меньше физических. При этом химический резонанс, по уровню организации преимущественно являясь полевым видом движения, может возникнуть в результате и химического, и физического взаимодействия (электромагнитного, светового, электрострикционного трибофизического, трибохимического действия, ударного импульса и многих других).

Именно корреляция тепловых, электрических и трибохимических явлений (как наиболее универсальных) и их свойств, позволяет объяснять, предсказывать и использовать механохимические процессы. В том числе физический и химический резонансы.

Поскольку резонансное взаимодействие, как и любое другое взаимодействие, представляет собой материальное вещественно-волновое движение, взаимосвязь между химическим и физическими резонансами, по сути, аналогична связи химических и физических взаимодействий. Общность проявляется в едином носителе², а основное отличие – в величине этого носителя, скорости и количества движения [5].

Поэтому, как правило, локальные физические и химические резонансы могут проявляться совместно. Причем, могут быть сочетания и положительных и отрицательных резонансов.

Под резонансными химическими технологиями (как действием) следует понимать способы получения продукции на базе явления химического резонанса.

¹ Последние предопределены природой (т.е. составом и строением) ассоциатов и параметрами условий осуществления исследуемых процессов.

² Парадокс в том, что носителем волны является вещество, а носителем вещества – волна.

Представим некоторые алгоритмы обоснования применения трибохимических резонансных технологий.

Данное обстоятельство обусловлено, в основном, следующими причинами:

- поиском прямых оценок сочетаний физических и химических резонансов;
- расширением с помощью механохимических приемов области использования химических технологий и повышением функциональных, экономических и экологических КПД последних. К тому же механохимические процессы включают в себя электрические и тепловые явления физической и химической природы.

Уже в эпоху палеолита (>11 тыс. лет до н.э.) человек сделал великое открытие – научился добывать огонь трением.

Явление электризации янтаря при его натирании тканью описал один из 7 мудрецов Эллады – Фалес из Милета (ок. 625-547 гг. до н.э.).

Уильям Гилберт (1544-1603 гг.) установил, что при трении электризуется не только янтарь, но и сапфир, алмаз, аметист, опал и др.¹

Преодоление трения поглощает ~ 30-40% всей вырабатываемой в мире энергии. Потери вследствие износа в промышленно развитых странах составляет ~ 5% национального дохода. Износ является причиной выхода из строя >80% деталей и механизмов.

Причину сопротивления относительно перемещению сопряженных тел Джон Лесли (1766-1832 гг.) видел в непрерывном формоизменении их поверхностей.

В 19-20 веках, прежде всего благодаря работам нашего соотечественника Н.П. Петрова (1836-1920 гг.), было установлено образование в трущихся поверхностях пограничных слоев в результате трибохимических процессов.

Позднее было замечено, что химические реакции и адсорбционно-десорбционные процессы при трении значительно отличаются от аналогичных статических термических процессов. Некоторые трибохимические реакции в условиях интенсивной деформации контактирующих тел (например, в вибротельницах) мало зависят от температуры. Углеводороды могут хемосорбироваться на «свежеобнаженных» (в результате трения) поверхностях металлов. В статических условиях такие реакции маловероятны или даже термодинамически не возможны.

В настоящее время принципиальное значение начинает принимать вопрос о механизме и способа передачи, генерируемого трением движения в реакционную зону, основу которой составляет трибохимический контакт.

Большинство исследователей связывают активацию контактной зоны, стимулирующую иницирование и интенсификацию трибохимических реакций, в первую очередь с процессами переноса электронов и с образованием анионов.

В частности, согласно концепции NJRAM реакции смазочных систем с поверхностями трения в наибольшей степени обусловлены двумя процессами передачи энергии трения в зоне реакции (в пограничном слое): фракционном подъеме интенсивности нового движения и взаимодействием эмитируемых при трении электронов низкой энергии электролитов² (от 1 до 10 эВ).

Для сравнения приведем следующие данные: эмитируемые при разрушении диэлектриков электроны механоэмиссии обладают энергией в десятки кэВ и ионизируют «молекулы» смазочных материалов с образованием анионов и анион-радикалов, вступающих во взаимодействие с участками поверхности металла, приобретающими (в результате эмиссии) положительный заряд.

Причем многие исследователи (в т.ч. и мы) наблюдали, в случае наличия в молекулах смазывающего материала серы и фосфора, что при ужесточении режима трения хемосорбционный комплекс разрушается и может вступать во взаимодействие с металлом, образуя сложный модифицированный пограничный слой с преобладанием неорганической составляющей.

¹ Указав при этом, что влажные тела плохо поддаются электризации трением.

² Естественно, оба процесса взаимосвязаны и, по нашему мнению, неотделимы друг от друга.

Еще больший интерес, чем явления избирательного переноса в пленке между поверхностями трущихся металлов, представляют трибологические процессы внутри самой органической системы. Поскольку, по нашему мнению, именно эти процессы обуславливают тот факт, что увеличение концентрации смазывающего реагента, может как уменьшать, так и увеличивать износ трущихся поверхностей.

Механизм трибохимических технологий на микроуровнях был рассмотрен нами на примере получения электретов (см. [14-16]).

В настоящей статье проиллюстрируем применение механохимии на примере производства асфальтобетонных смесей (АБС).

Дорожные покрытия, как показывает практика, разрушаются в течение нескольких месяцев (хотя по ГОСТ они должны выдерживать не менее 4 лет). При этом их долговечность не в последнюю очередь обусловлена качеством асфальтобетона и, прежде всего, водостойкостью покрытий и адгезией битума к поверхности каменных материалов (наполнителей асфальтобетона).

Для повышения адгезии, кроме физических сорбционных, необходимо наличие хемосорбционных процессов. Последнее достигается иницированием реакций органических кислот, содержащихся в битумах, с солями металлов, нанесенных на поверхность каменных материалов (см. табл. 1-3).

Порода, в которой в сорбированном состоянии содержится битум, представляет собой сложный конгломерат природных силикатов и металлосиликатов. В их структуре объединены различные модификации кварцитов (SiO_2), а также множество производных структур силикатов, содержащих субъединицы $(\text{SiO}_3)_n^{2n-}$ - цепного строения, $(\text{Si}_4\text{O}_{11})_n^{2n-}$ - ленточного строения, $(\text{Si}_2\text{O}_5)_n^{2n-}$ - сетчатого строения, вплоть до структур, характерных для природных цеолитов. Основной элемент структуры имеет вид своеобразной «корзинки» с четырьмя атомами кремния или алюминия и шестью атомами кислорода. Такие «корзинки» хорошо адгезируют атомы щелочных и щелочноземельных металлов, молекулы воды и являются одной из основных причин хорошего удерживания на их поверхности надмолекулярных образований углеводородов.

Таблица 1 Коллекторные свойства битумоносных пород Республики Татарстан

№№ п/п	Битумоносная порода	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{гр.}$	Содержание битума, % мас.	Извлекаемость, %	
				Термолиз	Экстракция
1	Ашальчинский песчаник	0,70	12,5	95	90
2	Сугушлинский песчаник	0,45	8,6	96	92
3	Шугуровский песчаник	0,30	5,6	98	95
4	Горский доломит	0,47	9,4	90	80

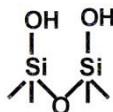
Улучшение свойств асфальтобетонных смесей (АБС) дает относительно низкочастотная виброакустическая предварительная обработка композитов АБС. В то время, как высокочастотная электромагнитная обработка образцов песчаника, пустой породы и АБС на радиоспектрометре РЯ-2301 с частотой облучения $\sim 16,0-17,0$ МГц и напряженностью магнитного поля 4000-7000 Э практического влияния не оказала.

Данные результаты подтверждают целесообразность сочетания различных типов обработки сложных систем.

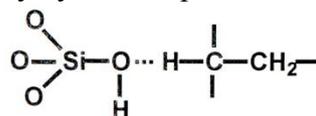
Модификация поверхности гравийных компонентов ионами алюминия существенно повышает физико-механические показатели асфальтобетонов и понижает их водонасыщение и набухание. Причем, при дополнительной волновой обработке эти характеристики улучшаются (видимо из-за приближения к резонансным для данных композиций частотам).

В этом случае асфальтобетон по своей структуре приближается к каркасному типу. Расход битума можно уменьшить до 4,0-4,5% без ухудшения физико-механических показателей асфальтобетона.

Для песчаников (силикатных пород) базовыми структурными единицами поверхности являются гидроксигруппы, связанные с силикатным каркасом:



В этом случае основным видом химической связи адсорбированных на поверхности породы коллектора ассоциатов молекул углеводорода является водородная связь:



Модифицировать поверхность минерального компонента можно, осадив на ней кластеры многозарядных катионов алюминия (III) или железа (III).

Наличие таких катионов, химически связанных с О–Н-группами силиката, позволяет прочно закрепить пленку битума за счет взаимодействия солей Al и Fe с нафтеновыми, асфальтогеновыми кислотами, что способствует улучшению физико-механических показателей асфальтобетонов. Взаимодействие активатора с карбонатными породами нежелательно, поскольку зачастую приводит к образованию гипсовой фракции, которая имеет низкие водостойкость и механическую прочность. Соли поливалентных металлов силикатные породы активируют лучше, чем карбонатные.

Таблица 2 Физико-механические свойства асфальтобетонных смесей в присутствии кубового остатка переработки шламов дизтоплива

Показатели	Требования ГОСТ 9128-84	Составы адгезива				
		битум БНД 60/90	битум - 1% добавка	битум - 3% добавка	битум - 5% добавка	
Плотность, кг/л	–	2,39	2,40	2,42	2,40	
Водонасыщение по объему, %	2-5	3,43	2,21	2,53	2,17	
Набухание, % не более	0,5	0,43	0,29	0,35	0,25	
Коэффициент водостойкости, не менее	0,9	0,92	0,88	0,93	0,80	
Прочностные показатели, МПа, не менее:	при 20°C	2,5	4,32	3,65	3,86	3,65
	при 50°C	0,9	1,00	1,45	1,23	1,55

* Состав смеси: песок Вятский – 30%, щебень Красноуфимский (фр. 5-20 мм.) – 45%, Чембулакский (фр. 0-15 мм.) – 25%, битум 6%

При оценке адгезионного действия добавок шлама к битуму использовался речной гравий размером 2-5 мм. Битум с добавкой и без нее наносили на поверхность гравия в условиях, близких к промышленной технологии изготовления асфальтобетона. Было определено, что адгезия исходного дорожного, битума к поверхности неактивированного гравия весьма незначительна. Битум покрывал 10% поверхности отдельными очаговыми вкраплениями. После обработки каменного, материала 1 %-м раствором активатора битум покрыл порядка 35% поверхности материала. Добавка дополнительного 2-3 % адгезива ведет почти к 100 %-му покрытию.

Целесообразность использования активаторов и адгезивов подтверждается данными таблицы 3.

Таблица 3 Физико-механические показатели асфальтобетонных смесей

Физико-механические показатели (ГОСТ 9126-84)	Производственный состав	Модельные составы	
		Добавка 2% СЖК* к битуму.	Обработка активатором в присутствии 2% СЖК
Плотность, кг/л	2,42	2,55	2,52
Водонасыщение по объему, %	5,2	3,5	2,1
Набухание по объему%	0,24	0,11	-
Коэффициент водостойкости	0,97	0,98	1,0
Прочностные показатели МПа при 20°С	2,98	3,88	4,05
20°С (водонасыщенный)	2,88	3,75	4,28
50°С	0,90	1,15	1,15

* СЖК представлены фракцией кислот C₁₈-C₂₂

РЕЗЮМЕ

Вышеизложенное подтверждает наши исходные положения [1-11, 13, 14] по использованию сочетания химических и физических методов обработки (в том числе, посредством механохимической технологии).

Образование локальных и глобальных резонансов способствует изменению природы трибологических процессов, что позволяет повышать КПД функционального назначения тех или иных технологических процессов.

Глобальный резонанс сопровождается множеством локальных резонансов и, естественно, не может быть селективным. Его целесообразно вызывать и использовать при создании состояния полного подобия¹.

Для априорной оценки соразмерности взаимодействий резонансов различной природы и силы необходимо знать средневзвешенные параметры резонансных частот и амплитуд индивидуальных веществ, их комплексов и смесей².

Список литературы

1. Качественный подход к оценке реакционной способности материальных образований. Сообщения 1-4. / Б.Н. Иванов // ВИНТИ, № 2335-В87, 1987; № 2336-В87, 1987; № 2337-В87, 1987; № 2338-В87, 1987;
2. Определение изменения энтальпии образования нефтей / Б.Н. Иванов, Я.И. Кравцов, А.В. Демин, Д.В. Процекальников, Х.Э. Харлампыди // Известия АН, М.: «Энергетика», 2001. – № 3. – С. 120-127.
3. Ассоциативность нефтесодержащих систем / Б.Н. Иванов, В.С. Минкин, Х.Э. Харлампыди, А.Р. Садыков // Химия и технология топлив и масел. -М. 2004.-№4.- С. 28-31.
4. Структурополагающие основы ассоциативных процессов нефтепереработки. Сообщения 1, 2 / Б.Н. Иванов, А.Р. Садыков, А.П. Суханов, П.П. Суханов // Нефтепереработка и нефтехимия. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004.-№6.-С. 23-27; 2004.-№9.- С. 17-19.
5. «Философский камень» жидкофазных процессов химической технологии. Часть I; Часть II / Б.Н. Иванов // Энергосбережение в Республике Татарстан. - Казань, 2005. -№ 21-22. - с. 20-24; 2006-2007. -№23-24 – с. 61-66.

¹ См. [17].

² В конечном счете это позволит успешно создавать модульные производственные установки.

6. *Онтология теоретических основ химической технологии / Б.Н. Иванов // Казань: КГТУ, 2006. – 72 с.*
7. *Исследование ассоциативной природы сложных жидкофазных органических систем тепловизионными методами / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, А.К. Мезиков, С.Ю. Горбунов, А.В. Дацков // Вестник казанского технологического университета – Казань: Отечество, 2007. - №3-4 – с.135-142.*
8. *Волновая природа процессов генезиса, добычи и подготовки нефти. Части 1-3 / Б.Н. Иванов // Вестник казанского технологического университета – Казань: Отечество, 2008. - №3 – с.97-115; №4 – с.100-120; №5 – с.138-157.*
9. *Волновые процессы и технологии добычи и подготовки нефти / Б.Н. Иванов, А.И. Гурьянов, А.М. Гумеров // АН РТ, Казань: ФЭН, 2009. – 400 с.*
10. *Общий базис основных методов увеличения нефтеотдачи / Б.Н. Иванов, Е.Л. Древницкая, Н.А. Лебедев // Нефтяное хозяйство. – М. – 2010. – № 3. – С.80-82.*
11. *Вещественно-волновая природа материальных систем и их взаимодействий – фундамент нанотехнологии / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, И.С. Антипин // Труды XI Международной научно-практической конференции «NANOTECH». – Казань: изд-во Каз. гос. технич. универ-та, 2010. – т. 1. – С. 91-96.*
12. *Влияние углеводородов различных групп на фазовую устойчивость этанолсодержащих топлив / Б.Н. Иванов, Р.Р. Шайхутдинов, М.И. Билалов / Химия и технология топлив и масел. – М., 2011. – №4. – С. 8-13.*
13. *Четвертая материальная форма проявления закона сохранения / Б.Н. Иванов, А.К. Мезиков // Энергетика Татарстана. – Казань, 2016. - № 2. – с. 62-67.*
14. *Гносеологические корни рациональной методологии получения электретных материалов / Б.Н. Иванов, В.С. Минкин, К.Г. Николаев, В.С. Желтухин, Р.Х. Шамигуллин // Научно-технический вестник Поволжья, Казань, 2017, № 5. - С. 9-15.*
15. *Шамигуллин. Методология рациональных технологий получения электретных материалов / Б.Н. Иванов, В.С. Желтухин, И.А. Гришанова, К.Г. Николаев, В.С. Минкин, Р.Х. // Научно-технический вестник Поволжья, Казань, 2017, № 6. - С. 10 – 17.*
16. *Химический и физический резонанс в химических процессах и технологиях. Сообщение 1. Особенности и перспективы применения / К.Г. Николаев, Б.Н. Иванов, Э.Р. Магдеев, Р.Х. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья, Казань, 2019, № 1. – с. 8-11.*
17. *Алгоритм рационального внутрислоевого преобразования высоковязких и битуминозных нефтей. Сообщение 1. Обоснование и постановка задач / Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р.Х. Шагимуллин, В.С. Минкин // Научно-технический вестник Поволжья, Казань, 2019, № 8. - С. 12 – 17.*

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

05.13.01

Д.С. Горбатенко

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

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ
В МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ РАБОТ**

В статье рассматривается проблематика обеспечения безопасности движения в местах производства дорожных работ. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий в местах производства работ. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности.

Ключевые слова: *безопасность движения, дорожно-транспортное происшествие, дорожные работы, временные средства организации движения, дорожный рабочий, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.*

Участок улично-дорожной сети (УДС), на котором проводятся работы по строительству, реконструкции, ремонту дороги, связанные с нахождением на проезжей части или обочинах дорожной техники и дорожных рабочих, именуется местом проведения дорожных работ. Работы выполняются в соответствии с проектом организации движения и ограждения места производства дорожных работ. На время проведения работ устанавливаются временные технические средства организации движения, а именно: ограждающие и направляющие устройства; оградительные шнуры и ленты; средства сигнализации и освещения; временные дорожные знаки на переносных опорах; временная дорожная разметка и прочие технические средства. В необходимых случаях используются светофорное или ручное регулирование [1].

Целью организации движения и ограждения мест производства дорожных работ является предотвращение дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в этих местах.

Проведенный анализ статистической информации об аварийности в местах производства дорожных работ на территории Московской области за 2013-19 гг. показал следующее.

Больше всего ДТП в местах производства работ отмечается в июле и августе (по 11 %), в январе, сентябре и декабре по 10 %, в мае 9 %, в феврале и ноябре по 8 %, в марте и июне по 5 %, и в апреле 4 % от среднегодовой аварийности в местах производства дорожных работ. Больше всего погибших в таких ДТП в сентябре и ноябре (по 26 %) и в марте (22 % от общего числа погибших в ДТП в местах производства работ).

В среднем 45 % от аварийности в местах производства работ - это столкновения, 28 % наезды на препятствия, 10 % наезды на пешеходов, 8 % наезды на стоящие дорожные транспортные средства (ТС), 6 % наезды на дорожных рабочих, и 3 % - опрокидывания транспорта и наезды на велосипедистов. Больше всего погибших в столкновениях (в среднем 40 %), в наездах на пешеходов (27 %), в наездах на стоящую дорожную технику и на препятствия (по 13 %) и в наездах на дорожных рабочих (7 % от числа погибших в ДТП в местах производства дорожных работ).

В среднем 7 % аварийности в местах производства работ происходит на улицах городов, 15 % - на автодорогах-магистральных, остальные на автодорогах общего пользования, из которых, в свою очередь, в среднем 80 % на автодорогах федерального значения, остальные на автодорогах территориального значения. Больше всего погибших (74 %) в ДТП в местах производства работ на федеральных автодорогах общего пользования.

В среднем в 70 % ДТП, произошедших в местах производства работ, фиксировалось отсутствие недостатков транспортно-эксплуатационного состояния дорог, т.е. требования к организации движения при проведении дорожных работ со стороны дорожных организаций были полностью выполнены. При этом именно в таких местах погибло в среднем 60 % от числа погибших в ДТП в местах производства работ. Количество ДТП и число погибших в таких местах по времени суток (темное или светлое) распределялось примерно поровну. В среднем в 3,5 % случаев ДТП в таких местах установлен факт нарушений правил дорожного движения (ПДД) пешеходами, в 2 % случаев – дорожными рабочими, а в остальных случаях – нарушения ПДД водителями. Самыми распространенными нарушениями ПДД водителями являлись несоблюдение скоростного режима (в среднем 40 %), неправильный выбор дистанции (30 %), несоблюдение очередности проезда (в среднем 20 %).

В ДТП в местах производства работ, где отсутствовали временные средства организации движения, помимо несоблюдения требований производства работ со стороны дорожных организаций, в среднем в 88 % ДТП был установлен факт нарушения ПДД водителями, и в среднем в 8 % ДТП – пешеходами. У водителей самыми распространенными нарушениями являлись несоблюдение скоростного режима (в среднем 50 %), нарушения требований дорожных знаков и сигналов светофора (25 %), и неправильный выбор дистанции (в среднем 15 %). В среднем 60 % аварийности в местах производства работ, где отсутствовали временные средства организации движения, происходили в темное время суток.

В среднем 8 % водителей, помимо нарушения ПДД, приведшего к ДТП, находились еще в алкогольном или наркотическом опьянении, 5 % водителей управляли ТС при отсутствии права на управление. В среднем 35 % и 30 % водителей, нарушивших ПДД, имели водительский стаж 10-20 лет и свыше 20 лет соответственно [2].

Анализ статистических сведений об аварийности в местах производства дорожных работ позволил выявить следующие закономерности возникновения ДТП в таких местах.

1. Несоблюдение требований по организации движения в местах производства работ со стороны дорожных организаций является весомой (но не основополагающей) причиной возникновения ДТП.

2. Основополагающей причиной возникновения ДТП в местах производства дорожных работ является пренебрежение водителями требований ПДД при проезде таких мест.

Основная причина этого заключается в том, что повседневный контроль и надзор за выполнением работ, организацией движения и движением в местах проведения дорожных работ со стороны надзорных органов, Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД) в частности, осуществляется крайне слабо.

Это объясняется следующим:

- дорожная организация, разработав проект организации движения в месте производства дорожных работ, не согласовывает его с ГИБДД, а лишь уведомляет ГИБДД о проведении работ, даже в том случае, если ремонтные работы займут более 5-ти суток;

- прошедшие масштабные сокращения численности ГИБДД не дают возможности осуществлять постоянный надзор за проведением дорожных работ и фактической организацией движения в местах работ, а также осуществлять контроль и надзор за движением транспорта.

В результате этого получается, что фактически контроль проведения дорожных работ начинает осуществляться только тогда, когда произойдет ДТП в месте производства работ, в котором пострадают (а может и погибнут) люди.

Отсюда следует, что основными направлениями профилактики аварийности в местах производства дорожных работ являются следующие:

- наличие у ГИБДД функции согласования проекта организации движения в местах производства дорожных работ до начала производства работ;

- внедрение системы видеонаблюдения за проведением дорожных работ, доступной не только заказчику работ - владельцу дороги, но и ГИБДД;

- обеспечение ответственности (административной или уголовной) за несоблюдение проекта организации движения;

- наличие в местах производства дорожных работ комплексов автоматической фиксации нарушений ПДД;

- обеспечение оптимальной фактической численности ГИБДД, достаточной для осуществления полноценного контроля за ремонтом, реконструкцией и обустройством УДС, и за дорожным движением;

- обеспечение высокого уровня и неотвратимости ответственности за несоблюдение ПДД.

Проведение данных мероприятий обеспечит безопасность движения в местах производства дорожных работ, при этом исходя из условий, что дорожный рабочий будет выполнять следующие требования [3]:

- во время работы быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других, за исключением производственных вопросов и обстоятельств, связанных с необходимостью предотвращения несчастного случая;

- не приступать к работе без ограждения рабочего места, установки требуемых знаков, сигналов, других условий, обеспечивающих охрану труда;

- пользоваться только выданными ему спецодеждой, жилетами, индивидуальными защитными и предохранительными средствами.

- не работать в темное время суток без надлежащего освещения, во время тумана, сильного дождя и снегопада, а также в нетрезвом состоянии.

Заключение. Предлагаемый набор профилактических мероприятий способен минимизировать вероятность возникновения ДТП с пострадавшими в местах производства дорожных работ.

Отсутствие недостатков транспортно-эксплуатационного состояния УДС является необходимым (но не достаточным) условием безопасности движения. Такие понятия как «ДТП» и «безопасность движения» ни в коем случае не должны восприниматься как некие «отраслевые» «профессиональные» понятия ГИБДД. Обеспечение безопасности движения является важной общественной задачей, в ее решение должны быть активно включены (и нести свою солидарную ответственность) администрации субъектов РФ, муниципальных образований, владельцы автодорог [4].

Список литературы

1. *Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б.* Организация дорожного движения. М. Транспорт, 2001, -248 с.;
2. Статистические данные о дорожно-транспортной аварийности на территории Московской области за 2013-19 г. М. УГИБДД ГУ МВД России по Московской области, 2013-19;
3. *Лукьянов В.В.* Безопасность дорожного движения. М. Транспорт, 2008, -106 с.;
4. *Кузнецов В.В., Горбатенко Д.С., Порташников О.М.* Математическое моделирование как основа разработки программ мероприятий по повышению безопасности движения на улично-дорожной сети. М.: Безопасность дорожного движения: сборник научных трудов, ФКУ «НЦ БДД МВД России», Выпуск № 18, 2019 г., с. 110-114.

05.13.01

**Р.Р. Губайдуллин, В.А. Заболотный, Т.Р. Сахбиев, А.А. Тяжелова,
О.Г. Морозов д-р техн. наук, А.Ж. Сахабутдинов д-р техн. наук,
И.И. Нуриев д-р техн. наук, Л.М. Сарварова, Р.Ш. Мисбахов**

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ,
Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, mitsuko.izanami@gmail.com

АЛГОРИТМ ЗОНДИРОВАНИЯ ВЫСОКОДОБОТНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В работе представлены результаты синтеза алгоритма зондирования высокодобротных волоконно-оптических структур с помощью полностью симметричного трехчастотного векторного анализатора сетей. На примере адресных волоконных брэгговских структур показана, что реализация алгоритма позволяет осуществить характеристику их амплитудно-частотных характеристик с разрешающей способностью в 1 фемтометр. Данная характеристика определяется модуляционным разносом боковых частот зондирующего излучения на 1,2 МГц, что дополнительно позволяет проводить обработку информационных сигналов в области минимальных шумов фотоприемника с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум измерений.

Ключевые слова: *оптический векторный анализатор; высокодобротные волоконно-оптические структуры; адресная волоконная брэгговская структура; симметричное модуляционное преобразование оптической несущей; трехчастотный зондирующий сигнал.*

Введение. Спектральную форму высокодобротных резонансных структур можно рассматривать как элементы или отражающей адресной волоконной брэгговской решетки (2λ -АВБС), или как окно прозрачности в пропускающей 2π -АВБС [1-2]. Они отличаются математической записью формы профиля.

Форма частотного отклика каждой из спектральных составляющих 2λ -АВБС, описывается законом Гаусса:

$$G(\omega) = A_{\max} \exp\left(-\omega^2/2\sigma^2\right), \quad (1)$$

где $G(\omega)$ – амплитуда элемента на частоте ω , A_{\max} – максимальная амплитуда на брэгговской частоте. Для кривой Гаусса параметр σ является параметром среднеквадратичного отклонения, который одновременно можно рассматривать и как параметр, определяющий добротность элемента.

Форма же частотного отклика каждой из спектральных составляющих 2π -АВБС описывается контуром Лоренца:

$$G(\omega) = A_{\max} \exp\left(-|\omega|/\sigma \cdot \ln(2)\right). \quad (2)$$

Исследование спектральной характеристики высокодобротных оптических структур (ВОС), в нашем примере АВБС, – одинарных или сдвоенных элементов – ведется на основе принципов зондирования симметричным трехчастотным сигналом недетерминированных ВОС с целью определения их разностной частоты, амплитуд и полной ширины на половине высоты левой и правой адресных частотных составляющих.

Алгоритм зондирования. Алгоритм получения спектральной характеристики ВОС приведен на рис. 1, а ниже по тексту дается подробное объяснение функционирования алгоритма.

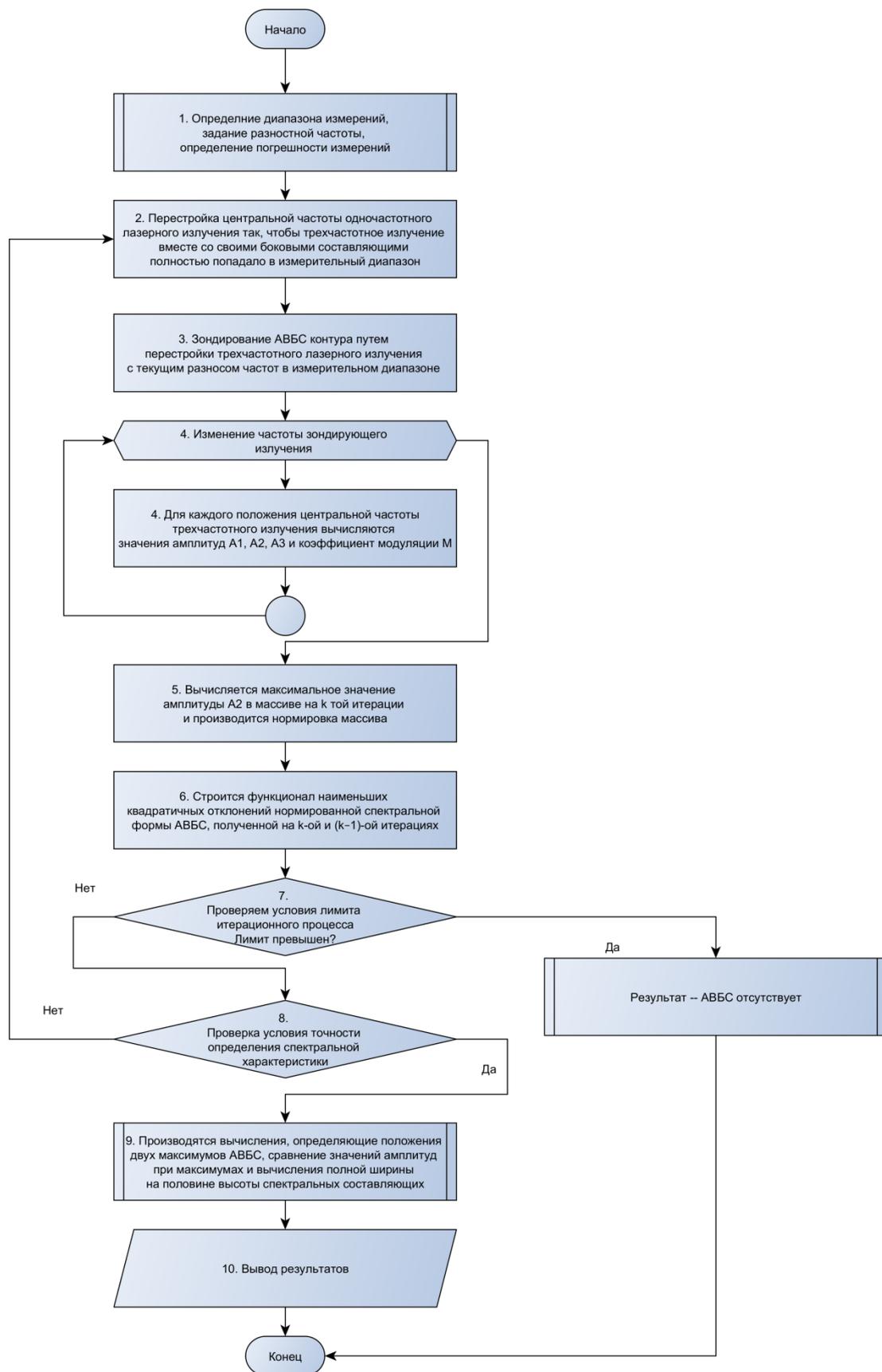


Рис. 1 – Алгоритм исследования спектральной характеристики ВОС на примере АВБС

1. Перед стартом итерационной процедуры определяются начальные параметры. Задается максимальный измерительный частотный диапазон от ω_{Min} до ω_{Max} , который априори полностью перекрывает частотный диапазон ВОС. Задается максимальная начальная

величина разности частот Ω_0 трехчастотного симметричного зондирующего сигнала и строится последовательность Ω_k значений разности частот итерационной процедуры:

$$\Omega_k = \frac{\Omega_{k-1}}{2}, \quad k = 1, 2, k_{\text{Max}} \quad (3)$$

Задается величина минимально допустимой погрешности определения спектральной формы ВОС – ε .

2. В оптико-электронной схеме, приведенной на рис. 1, перестройка центральной частоты одночастотного лазерного излучения настраивается таким образом, чтобы трехчастотное излучение вместе со своими боковыми составляющими полностью попадало в измерительный диапазон $[\omega_{\text{Min}}, \omega_{\text{Max}}]$.

Алгоритм, приведенный на рис. 1, определения спектральной характеристики недетерминированного ВОС-АВБС резонансного контура итерационный и основан на следующем принципе:

3. Производится зондирование ВОС-АВБС контура путем перестройки трехчастотного лазерного излучения с разностью частот Ω_k в измерительном диапазоне частот от ω_{Min} до ω_{Max} с шагом $\Delta\omega$, выполняя N независимых измерений, для каждого значения ω_i .

$$N = \text{int} \left(\frac{\omega_{\text{Max}} - \omega_{\text{Min}}}{\Delta\omega} \right), \quad \omega_i = \omega_{\text{Min}} + i \cdot \Delta\omega, \quad i = \overline{0, N} \quad (4)$$

4. Для каждого положения трехчастотного асимметричного лазерного излучения решается система уравнений с дополнительными ограничениями и вычисляются значения амплитуд A_1, A_2 и A_3 в каждой точке ω_i :

$$A_{1i}^k = A_1^k(\omega_i), \quad A_{2i}^k = A_2^k(\omega_i), \quad A_{3i}^k = A_3^k(\omega_i), \quad (5)$$

где верхний индекс k обозначает порядковый номер итерации.

Ограничения заключаются в том, что фактически АЧХ аппроксимируется ступенькой с шагом в 1 фм. Поскольку на таком спектральном расстоянии можно считать значения АЧХ одинаковыми для обеих боковых частот, будем говорить о полностью симметричном зондировании. При частоте модуляции в 0,6 МГц, разность боковых частот на выходе фазового модулятора составит 1,2 МГц (или 1 фм).

Полученные данные записываются в массив.

Значение амплитуды A_2 полностью описывает спектральную характеристику исследуемого ВОС-АВБС контура на k -той итерации.

5. Вычисляется максимальное значение амплитуды A_2 в массиве на k -той итерации и производится нормировка массива:

$$\widehat{A}_{2i}^k = A_{2i}^k / \max_{i=0, N} (A_{2i}^k) \quad (6)$$

Если решение системы уравнений получено не в каждой точке ω_i , то может случиться так, что форма контура может быть описана недостаточно точно. Если решение системы уравнений получено не в каждой точке зондирования, происходит переход на пункт 7.

6. Строится функционал наименьших квадратичных отклонений нормированной спектральной формы ВОС-АВБС, полученной на k и $(k-1)$ -ой итерациях:

$$\Theta_k(\Omega_k) = \sum_{i=1}^N (\widehat{A}_{2i}^k - \widehat{A}_{2i}^{k-1})^2 \quad (7)$$

Поскольку операции вычислений в (7) ведутся с нормированными величинами, то с ростом k и уменьшением Ω_k величина $\Theta_k(\Omega_k)$ будет стремиться к нулю:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (\Theta_k(\Omega_k)) \rightarrow 0 \quad (8)$$

7. Если превышено количество итераций ($k > k_{\text{Max}}$) или Ω_k меньше предельного значения (близко к нулю), делается вывод о том, что исследуемый профиль ВОС-АВБС отсутствует в измерительном плече оптико-электронной схемы, переход к пункту 10.

8. Проверяем условие сходимости итерационной процедуры, если $\Theta_k(\Omega_k) \geq \varepsilon$, то вычисляется следующее значение Ω_k и итерационная процедура продолжается, переход на пункт 2. Если выполняется условие $\Theta_k(\Omega_k) < \varepsilon$, то считаем, что спектральная форма профиля АВБС определена точно, переход к пункту 9.

9. На основе полученной спектральной характеристики, которая описывается массивом $A_2(\omega_i)$, делаются вычисления, определяющие положения двух максимумов АВБС, сравнение значений амплитуд при максимумах и вычисления полной ширины на половине высоты спектральных составляющих.

10. Вывод результатов исследования.

Заключение. На основе исследований возможности применения и резервов использования радиодифракционного трехчастотного симметричного метода опроса и зондирования резонансных контуров различного типа [3], был сделан ряд выводов.

Во-первых, предложенный метод применим для построения измерительных систем по построению спектральных характеристик сверх узких резонансных контуров различной спектральной формы.

Во-вторых, метод применим и для построения анализаторов спектра для исследования спектральной формы произвольных резонансных структур, поскольку в принципы самого метода не закладываются, какие бы то ни было, ограничения на форму исследуемого профиля при его зондировании. Единственное ограничение является то, чтобы ширина исследуемого контура удовлетворяла критерию разнеса частот трехчастотного симметричного метода, а разнос частот (удвоенный разнос) находился бы в радиочастотной части частотного спектра. Что автоматически выполняется для широких резонансных структур.

Характеристики ВОС определяются с модуляционным разнесом боковых частот зондирующего излучения на 1,2 МГц, что соответствует разрешающей способности в 1 фм и дополнительно позволяет проводить обработку информационных сигналов в области минимальных шумов фотоприемника с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум измерений в 3-7 раз [4].

Список литературы

1. Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж. Адресные волоконные брэгговские структуры в квазираспределённых радиодифракционных сенсорных системах // Компьютерная оптика. 2019. Т. 43. № 4. С. 535-543.
2. Аглиуллин Т.А., Анфиногентов В.И., Мисбахов Р.Ш., Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж. Многоадресные волоконные брэгговские структуры в радиодифракционных сенсорных системах // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 1. С. 6-13.
3. Сахбиев Т.Р., Морозов О.Г., Нуреев И.И., Сахабутдинов А.Ж., Касимова Д.И. Полигармонический мониторинг толщины тонких пленок // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 2. С. 53-55.
4. Айбатов Д.Л., Морозов О.Г., Садеев Т.С. Преобразование спектра оптического излучения в двухканальном модуляторе Маха-Цендера и ROF-фильтр на его основе // Нелинейный мир. 2010. Т. 8. № 5. С. 302-309.

05.13.01

**В.А. Заболотный, Р.Р. Губайдуллин, Т.Р. Сахбиев, А.А. Тяжелова,
О.Г. Морозов д-р техн. наук, А.Ж. Сахабутдинов д-р техн. наук,
И.И. Нуреев д-р техн. наук, Л.М. Сарварова, Р.Ш. Мисбахов, А.А. Василец**

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

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СИММЕТРИЧНЫХ ВЫСОКОДОБОТНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР

В работе представлены результаты синтеза алгоритма зондирования симметричных высокочастотных волоконно-оптических структур с помощью двухчастотного сбалансированного излучения с подавленной несущей. На примере волоконных брэгговских структур с фазовым π -сдвигом показана, что реализация алгоритма позволяет осуществить характеризацию их амплитудно-частотных характеристик с разрешающей способностью в единицы кГц. Данная характеристика определяется возможностью симметричной перестройки боковых составляющих по структуре с указанным шагом, применением сверхузкополосных EML лазеров, и подавлением несущей и составляющих высших порядков при формировании двухчастотного излучения по методу Ильина-Морозова.

Ключевые слова: *оптический векторный анализатор; симметричные высокочастотные волоконно-оптические структуры; симметричное модуляционное преобразование оптической несущей; двухчастотный зондирующий сигнал с подавленной несущей.*

Введение. Одним из возможных путей решения задачи повышения точности измерения амплитудных и фазовых параметров симметричных высокочастотных волоконно-оптических структур (СВВОС), является применение разбалансированного двухчастотного излучения с подавленной несущей в оптическом полосовом фильтре [1]. В данной работе нами предложено использовать амплитудно-фазовое модуляционное преобразование (АФМП) оптической несущей по методу Ильина-Морозова [2], характеризующееся высокими коэффициентом преобразования, спектральной чистотой и возможностью получения разностной частоты, равной частоте модуляции. В этом случае не требуются дополнительные фильтры и т.д.

Формирование симметричного излучения с подавленной несущей. Алгоритм указанного формирования можно осуществить за счет переключения фазы амплитудно-модулированного сигнала в момент достижения его огибающей нулевого значения [3-4].

Простейшим колебанием для амплитудной модуляции, удовлетворяющим требованиям двухчастотности, является колебание вида $S_1(t) = S_1 \cos(2\Omega t + \pi)$, где S_1 – его постоянная амплитуда, а π – начальная фаза. При этом фазу несущего колебания ω_0 будем коммутировать на π при прохождении огибающей амплитудно-модулированного колебания минимума. В случае амплитудной модуляции колебанием $S_1(t)$ коммутируемой несущей получим результирующее колебание, имеющее спектр следующего вида:

$$e(t) = \frac{2E_0}{\pi} \sum_n \left\{ \left[\frac{1}{n} - \frac{m}{2} \left(\frac{1}{n-2} + \frac{1}{n+2} \right) \right] \times \right. \\ \left. \times [\cos(\omega_0 + n\Omega)t - \cos(\omega_0 - n\Omega)t] \right\}, \quad (1)$$

где m – коэффициент амплитудной модуляции.

Из анализа соотношения видно, что первое слагаемое в больших квадратных скобках определяет спектр коэффициентов ряда Фурье коммутируемой несущей, а второе и третье описывают подавляющее воздействие на его составляющие модулирующим колебанием. Степень подавления зависит от коэффициента модуляции m . Приняв $E_3 = 0$, получим, что оптимальный коэффициент модуляции $m_{opt} = 5/9$, при этом результирующее колебание двухчастотно ($E_1=0,76E_0$), так как амплитуда спектральных составляющих $E_n \leq E_1/15$ для $n \geq 5$. При отсутствии в спектре третьей гармоники, пятая гармоника может не рассматриваться, поскольку она не попадает в полосу регистрируемых частот 2Ω . При изменении коэффициента модуляции в пределах $(0,85 - 1,15)$ m_{opt} коэффициент нелинейных искажений выходного колебания не будет превышать 1%.

Полного подавления боковых составляющих с $n \geq 3$ можно добиться при использовании для амплитудной модуляции колебания вида $S_2(t) = S_0 |\sin\Omega t|$. Тогда результирующее колебание будет иметь следующий спектр:

$$e(t) = \frac{2E_0}{\pi} (1-b) \sum_n \frac{1}{n} \{ \cos(\omega_0 + n\Omega)t - \cos(\omega_0 - n\Omega)t \} + \\ + \frac{\pi E_0 b}{4} \{ \cos(\omega_0 + \Omega)t - \cos(\omega_0 - \Omega)t \}, \quad (2)$$

где b – коэффициент амплитудной модуляции.

Амплитуда спектральных составляющих будет определяться коэффициентами ряда Фурье и для $n=1$ $E_1=[2E_0/\pi][1-b]+[\pi E_0 b/4]$, а для $n \geq 3$ $E_n=[2E_0/\pi n][1-b]$. При $b_{opt}=1$ спектр содержит две полезных составляющих на частотах $\omega_0+\Omega$ и $\omega_0-\Omega$, паразитные составляющие полностью подавлены. При изменении коэффициента модуляции в пределах $(0,7-1)$ b_{opt} коэффициент нелинейных искажений выходного колебания не будет превышать 1%.

Таким образом, двухчастотное излучение может быть получено с помощью тандемной схемы: амплитудного модулятора, работающего на линейном участке рабочей характеристики, и фазового. При этом для управления фазовым модулятором используется блок преобразования синусоидального сигнала с частотой Ω в меандр с частотой $\Omega/2$ для фазовой коммутации с соответствующими амплитудами управляющих напряжений. В зависимости от круга решаемых задач, возможны несколько вариантов реализации схемы.

Зондирование СВВОС. Спектрально чистое излучение может быть использовано для зондирования СВВОС в структуре оптического векторного анализатора сетей (ОВАС), представленного на рис.1.

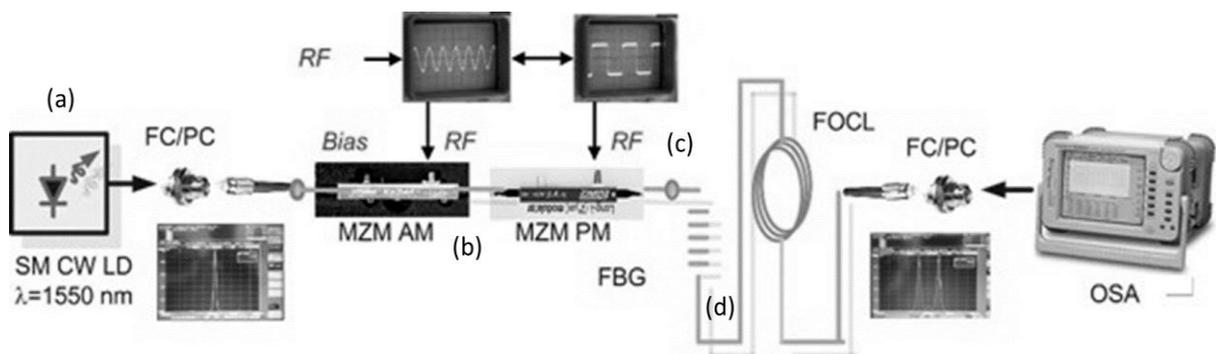


Рис. 1.– ОВАС для исследования СВВОС (FBG)

Амплитудный модулятор работает в точке квадратуры, фазовый модулятор коммутирует фазу полученного АМ-излучения на 180° при каждом прохождении его огибающей минимума. На выходе звена получены составляющие $J_1(z)=0,64$, $J_3(z)=0,06$, где z – модуляционный параметр.

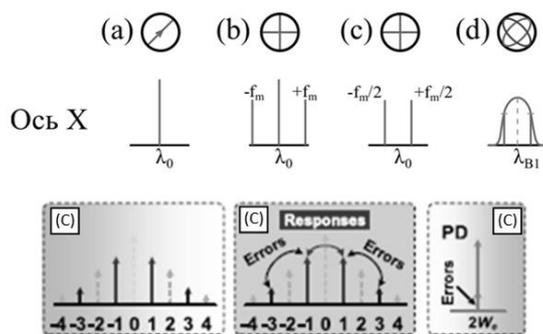


Рис. 2 – Поляризация и соответствующие спектры при тандемном АФМП

Максимальный коэффициент преобразования первой полезной составляющей равен 0,64. При коэффициенте преобразования 0,58 коэффициент нелинейных искажений не превышает 1%, т.е. амплитуда третьей гармоники может быть принята равной 0, что соответствует ситуации устранения погрешности измерений (Errors на частоте 2W), представленной на рис. 2 в нижнем ряду.

Есть еще два важных момента, которые стоит отметить, – это равенство амплитуд спектральных составляющих и противоположность их фаз, вне зависимости от расположения рабочей точки, и простоты перестройки частоты, что объясняется использованием одного модулирующего сигнала.

Данная схема формирователя полигармонического излучения с поляризационным мультиплексированием обладает следующим рядом преимуществ:

- возможность получения разностной частоты равной модулирующей;
- возможность полного подавления несущей и третьей гармоники;
- простота реализации.

Принцип измерения АЧХ ВБР с фазовым π-сдвигом. Двухчастотный сигнал на входе в FBG (рис. 1) можно записать в частотной области как

$$e(\omega) = \sum_n \left\{ 2\pi i^n \left[1 + (-1)^{n+1} \right] J_n(\beta) \delta \left[\omega - (\omega_0 + n\Omega / 2) \right] \right\}, \quad (3)$$

где ω_0 – несущая частота, предварительно настроенная на центр СВВОС.

После прохождения СВВОС поле преобразуется и примет вид

$$e(\omega) = \sum_n \left\{ 2\pi i^n \left[1 + (-1)^{n+1} \right] H(\omega_0 + n\Omega / 2) J_n(\beta) \delta \left[\omega - (\omega_0 + n\Omega / 2) \right] \right\}, \quad (4)$$

где $H(\omega_0 + n\Omega / 2)$ – АЧХ СВВОС на указанной частоте.

На выходе фотоприемника (на рис. 1 не показан, установлен в режиме измерений после FBG) получим во временной области

$$i_\Omega(t) = 2\eta \sum_n \operatorname{Re} \left\{ \begin{aligned} & 2\pi i^n \left[1 + (-1)^{n+1} \right]^2 H(\omega_0 + (n+1)\Omega / 2) \times \\ & H^*(\omega_0 + (n-1)\Omega / 2) J_{n+1}(\beta) J_{n-1}(\beta) \exp(i\Omega t) \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

Поскольку при формировании двухчастотного излучения несущая и все четные и нечетные высшие гармоники подавлены, то получим АЧХ СВВОС

$$H(\omega_0 + \Omega / 2) H^*(\omega_0 + \Omega / 2) = i_\Omega(t) / 8\eta J_1^2(\beta) \exp(i\Omega t). \quad (6)$$

Заключение. Стабильное и точное определение АЧХ СВВОС достигается путем зондирования симметричным двухчастотным излучением с подавленными несущей и нечетными высшими гармониками СВВОС, с дальнейшим определением амплитуды и фазы на двойной частоте модуляционной составляющей. В сравнении с общим классом разбалансированных двухчастотных ОБАС, ошибки, вызванные четным порядком гармоник, устраняются также путем применения метода АФМП Ильина-Морозова.

Характеристики ОБАС при измерении ВБР с фазовым π -сдвигом с шириной пропускания десятки МГц определяются с разрешающей способностью в единицы кГц. Данная характеристика определяется возможностью симметричной перестройки боковых составляющих по структуре с указанным шагом, применением сверхузкополосных ЕМЛ лазеров, и подавлением несущей и составляющих высших порядков при формировании двухчастотного излучения по методу Ильина-Морозова. Работа на удвоенной частоте модулирующего сигнала дополнительно позволяет проводить обработку информационных сигналов в области минимальных шумов фотоприемника с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум измерений в 3-7 раз [5].

Список литературы

1. Папазян С.Г., Морозов О.Г., Сахабутдинов А.Ж., Морозов Г.А., Ильин Г.И., Нуреев И.И., Садчиков В.В. Оптические векторные анализаторы на основе несимметричной двухполосной модуляции // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2019. Т. 22. № 4-2. С. 138-144.
2. Морозов О.Г., Айбатов Д.Л., Садеев Т.С. Синтез двухчастотного излучения и его применение в волоконно-оптических системах распределенных и мультиплексированных измерений // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2010. Т. 13. № 3. С. 84-91.
3. Морозов О.Г., Айбатов Д.Л., Просвирина В.П., Смирнов А.С. Амплитудно-фазовые методы формирования зондирующих излучений для систем анализа волоконно-оптических структур // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2007. Т. 10. № 3. С. 119-124.
4. Морозов О.Г. Амплитудно-фазовое преобразование частоты в системах временной и частотной рефлектометрии волоконно-оптических информационных и измерительных сетей // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2004. Т. 7. № 1. С. 63.
5. Айбатов Д.Л., Морозов О.Г., Садеев Т.С. Преобразование спектра оптического излучения в двухканальном модуляторе Маха-Цендера и ROF-фильтр на его основе // Нелинейный мир. 2010. Т. 8. № 5. С. 302-309.

05.13.01

В.Н. Игнатъев, Г.С. Филиппов, В.А. Чирков канд. техн. наук

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики имени академика Ф.М. Митенкова,
кафедра “Ядерные реакторы и энергетические установки”,
Нижний Новгород, ignatjew1996@gmail.com, filippov_grigori1@mail.ru, chirkov-va@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ВИДА ТОПЛИВА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОСПРОИЗВОДСТВА В РЕАТОРАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

В работе исследовано влияние вида топлива на процесс воспроизводства топлива в реакторах различного типа. Для оценки воспроизводства топлива был разработан алгоритм расчета и реализован в программе на языке программирования Python. Расчет был произведен по фундаментальным характеристикам нуклидов для разных топливных циклов оксидного и нитридного топлива. Показано, что при различных топливных циклах в различных реакторах происходит изменение характеристик воспроизводства.

Ключевые слова: *характеристика воспроизводства, топливный цикл, материалы активной зоны.*

В качестве основного делящегося вещества в современных реакторах используют уран $^{235}_{92}\text{U}$. Его количество в природной урановой руде составляет 0.7%, т.е. в процессе производства энергии мы можем сжечь всего лишь 0.7% нужного $^{235}_{92}\text{U}$ от общего его количества. Оставшаяся руда — это $^{238}_{92}\text{U}$, который при захвате нейтрона, превращается в $^{239}_{92}\text{U}$ и после двух бета распадов становится $^{239}_{94}\text{Pu}$.

В качестве основного делящегося материала, образующего критическую массу, может быть взят один из четно-нечетных нуклидов урана или плутония, либо их смесь, т.е. $^{233}_{92}\text{U}$, $^{235}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$. Соответственно, полученный плутоний можно рассматривать как вторичное ядерное горючее. Получается, что при сжигании топливной смеси $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{238}_{92}\text{U}$, мы можем нарабатывать вторичное ядерное горючее $^{239}_{94}\text{Pu}$, которое сможем использовать в дальнейшем [1].

Для воспроизводства топлива следующее поколение нейтронов должно привести к появлению, как минимум, одного делящегося ядра взамен погибшего. Это достигается путем грамотного подбора материалов биологической защиты активной зоны реактора для достижения минимально возможного числа «паразитных» захватов.

Попытаемся оценить величину коэффициента воспроизводства в реакторах различного типа. Составим полный баланс нейтронов в реакторе. Допустим, реактор достаточно велик, чтобы считать утечку нейтронов из него пренебрежимо малой, тогда число рождающихся нейтронов будет приблизительно равно числу поглощаемых.

Целью работы является изучение влияния различных топливных циклов и видов топлива, а также материалов, входящих в состав активной зоны, определение коэффициента воспроизводства по фундаментальным характеристикам нуклидов при которых воспроизводство топлива будет иметь максимальное значение, для последующего снижения отходов ядерной промышленности и замыкания топливного цикла.

Основываясь на уже существующих типах реакторов и их геометрии, был разработан алгоритм программы для первичной оценки характеристик воспроизводства топлива для трех типов реакторов: РБМК, ВВЭР, БН. Данная программа позволяет изменять геометрию и материалы активной зоны, чтобы теоретически рассчитать потенциально возможное воспроизводство топлива для каждого вида реактора и вычислить ее оптимальные показатели с учетом весогабаритных характеристик и технико-экономических показателей АЭС.

Для получения коэффициента воспроизводства был разработан алгоритм расчёта на базе языка программирования Python. Данная программа основывается на принципах расчета воспроизводства по фундаментальным характеристикам нуклидов, которые подходят для оценки воспроизводства топлива на стадии разработки реактора и являются постоянными показателями в определенных режимах работы реактора.

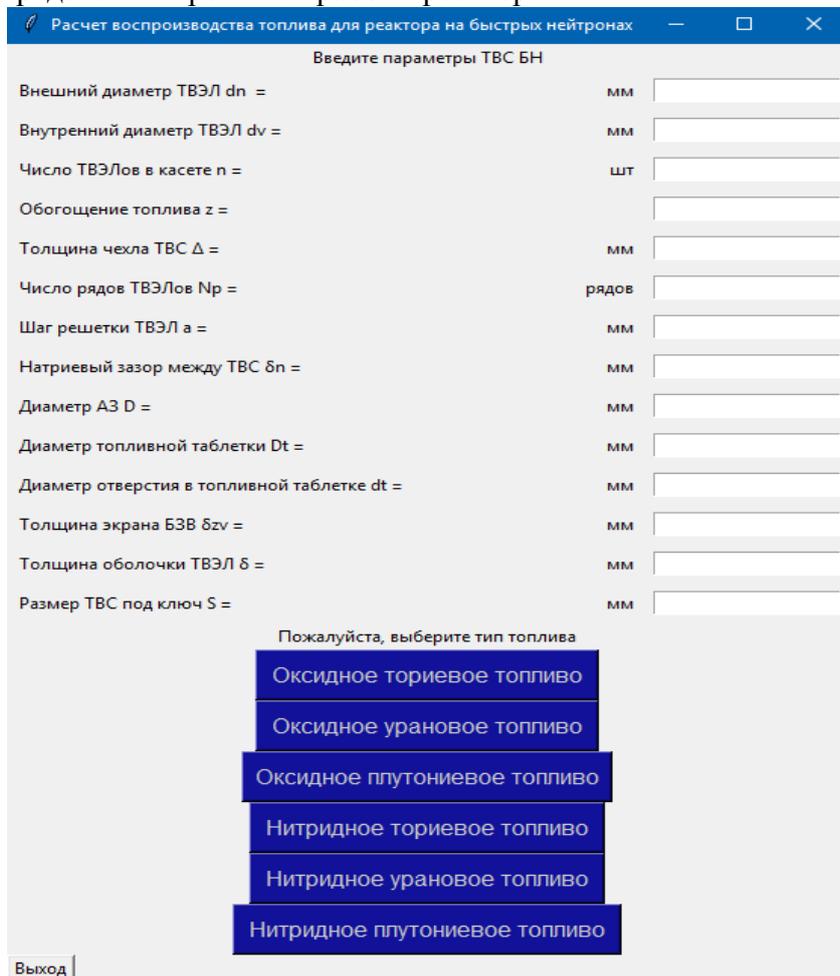


Рис. 1 – Интерфейс программы для расчета коэффициента воспроизводства реактора типа БН

Задаваясь геометрией активной зоны для каждого типа реактора и вводя ее в программу, интерфейс которой представлен на Рис. 1, алгоритм производит расчет объемных долей материалов входящих в состав активной зоны и ядерных концентраций.

Таблица 1 – Ядерные параметры элементов, входящих в активную зону реактора ВВЭР.

Элемент	ρ , ядер/см ³	σ_c , барн	σ_f , барн
$^{232}_{90}\text{Th}$	$5,908 \cdot 10^{21}$	7,56	0
$^{233}_{92}\text{U}$	$2,719 \cdot 10^{20}$	585	526
$^{235}_{92}\text{U}$	$2,918 \cdot 10^{20}$	687	582
$^{238}_{92}\text{U} - \text{UO}_2$	$6,341 \cdot 10^{21}$	2,71	0,000272
$^{238}_{92}\text{U} - \text{PuO}_2$	$6,643 \cdot 10^{21}$		
$^{239}_{94}\text{Pu}$	$3,057 \cdot 10^{20}$	1065	750
O (циркалой – 2)	$7,972 \cdot 10^{18}$		
O (теплоноситель)	$1,327 \cdot 10^{22}$		
$O(\text{ThO}_2)$	$1,236 \cdot 10^{22}$	3,75	0
$O(\text{UO}_2)$	$1,327 \cdot 10^{22}$		
$O(\text{PuO}_2)$	$1,39 \cdot 10^{22}$		

<i>H</i>	$2,629 \cdot 10^{22}$	0,333	0
<i>Zr</i>	$5,208 \cdot 10^{21}$	0,185	0
<i>Sn</i>	$7,972 \cdot 10^{19}$	0	0
<i>Fe</i>	$1,063 \cdot 10^{19}$	2,53	0
<i>Cr</i>	$7,972 \cdot 10^{18}$	3,1	0
<i>He</i>	$8,111 \cdot 10^{17}$	0	0

Данные промежуточных расчетов приведены в Таблице 1. Далее программа производит оценку величины коэффициента воспроизводства в реакторах различного типа по полному балансу нейтронов.

Данные программы представлены в виде гистограммы на рис. 2. Стоит отметить, что данный метод расчета подходит для верхней оценки коэффициента воспроизводства реактора на этапе проекта, в связи с тем, что мы не учитываем утечку нейтронов из активной зоны и многое другое.

В современных реакторах на тепловых нейтронах с водяным и графитовым замедлителем, работающих в режиме конверторов $5 \rightarrow 9$, ПК меньше 0,7.

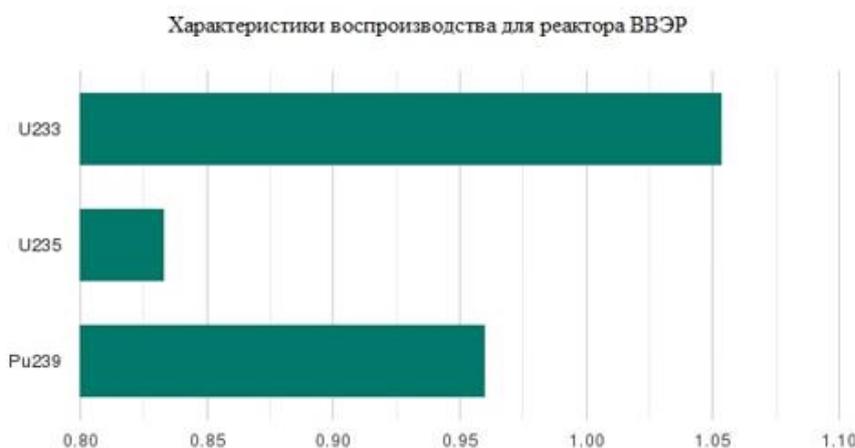


Рис. 2 – Характеристики воспроизводства оксидного топлива в реакторе типа ВВЭР

По данным расчета реактора РБМК получили следующие значения коэффициента воспроизводства, представленные на Рис. 3.

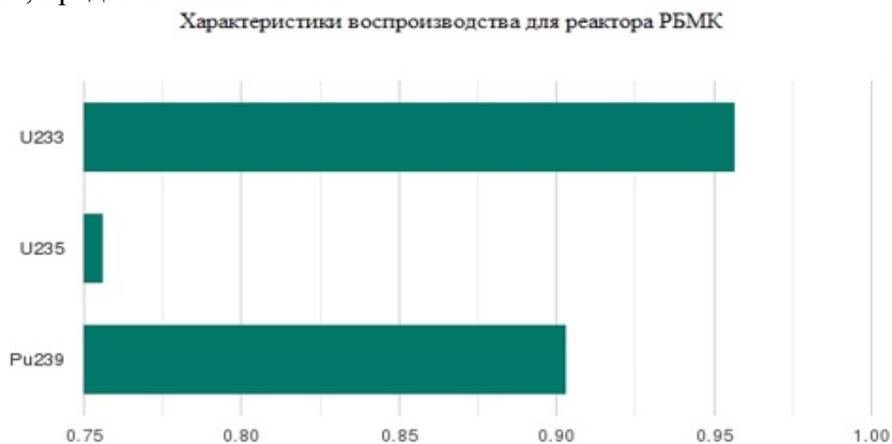


Рис. 3 – Характеристики воспроизводства оксидного топлива в реакторе типа РБМК

Из данного расчета видно, что в канальных энергетических реакторах на тепловых нейтронах с графитовым замедлителем воспроизводство не получается расширенным в любых топливных циклах при заданном обогащении.

На Рис. 4 представлены гистограммы данных, полученных в результате расчета в программе. Таким образом, в энергетическом РБН коэффициент воспроизводства значительно превышает единицу для всех видов топлива.

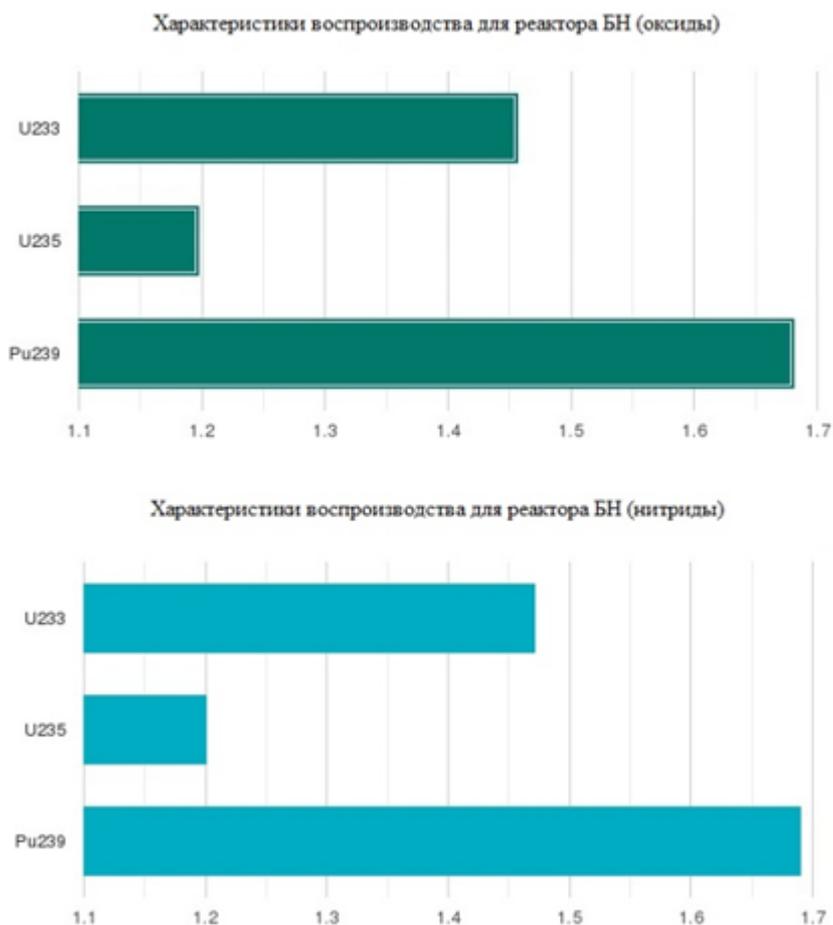


Рис. 4 – Характеристики воспроизводства оксидного и нитридного топлива в реакторе типа БН

Стоит отметить, коэффициент воспроизводства в РБН наибольший, если в качестве горючего используется плутоний. В режиме уранового размножителя реактор полностью обеспечивает себя ядерным горючим, потребляя только естественный или обедненный уран из отвалов диффузионного производства. Наименее выгодный баланс нейтронов в режиме конвертера, когда потребляется обогащенный уран. Этот режим может считаться переходным при отсутствии необходимого для первоначальной загрузки РБН количества плутония. Первоначальная загрузка $^{235}_{92}\text{U}$ будет постепенно замещаться на плутониевую, таким образом, в активной зоне будут одновременно сгорать $^{235}_{92}\text{U}$ и $^{239}_{94}\text{Pu}$.

Список литературы

1. *Уснинин, Г.Б.* Реакторы на быстрых нейтронах / Г. Б. Уснинин, Е. В. Кусмарцев. - Москва: Энергоатомиздат, 1985. — 288 с. — Текст: непосредственный.
2. *Сухарев, Ю.П.* Физика ядерных реакторов деления / Ю. П. Сухарев. - Нижний Новгород: Нижегородский Государственный Технический Университет им Р.Е. Алексева, 2011. - 312 с. - Текст: непосредственный.
3. *Троянов, М.Ф.* Физика активных зон быстрых энергетических реакторов / М.Ф. Троянов, В.И. Матвеев, М.Н. Николаев. - Текст: непосредственный // ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. - 2007. - № №3-1. - С. 130-144.

05.13.01

С.С. Павлов, Ю.С. Порохненко, А.А Уляхин

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики,
мегафакультет компьютерных технологий и управления,
факультет безопасности информационных технологий,
sergeipavlov1311@gmail.com, yulkins2@gmail.com, ulahin.alex@niuitmo.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГЕРОЕВ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ИГРЫ НА ОСНОВЕ КЛАССИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МЕТОДА К-СРЕДНИХ

В статье описана разработка модели решения задачи кластеризации героев. Рассматриваются использование классического представления метода (k-means) и алгоритм решения задачи кластеризации героев, как подготовку данных к дальнейшему построению рекомендаций по формированию стратегии действий игрока. Была получена кластеризация героев относительно их характеристик и показателей.

Ключевые слова: *кластеризация, k-means, анализ данных, игровые роли, киберспорт.*

Киберспорт – это командное или индивидуальное соревнование на основе компьютерных игр [1, 2]. Индустрия киберспорта в последние годы стремительно развивается, и ее аудитория составляет сотни миллионов человек. Один из самых популярных форматов киберспорта - Multi-Player Online Battle Arena (МОБА), в котором соревнуются две команды игроков. В МОБА и других командных играх отдельные игроки выполняют разные роли или функции, чтобы помочь своей команде победить. Персонажами МОБА можно играть по-разному, чтобы соответствовать командным ролям. Однако большинство современных систем аналитики киберспорта используют исторически установленные роли героев, а не перераспределяют их относительно показателей в игре. Это проблема, потому что сложно оценить вклад в победу разных ролей с одинаковыми показателями. Например, в футболе забитые голы - отличный показатель для результативности нападающего, но плохой показатель для вратаря [3]. Используя Dota 2 в качестве примера, мы предлагаем кластеризацию героев методом k-means для классификации и маркировки отдельных ролей Dota 2. Эта работа позволяет разделить исторические данные для каждого героя, что позволяет сделать более точный анализ с помощью аналитических инструментов.

Научная новизна работы заключается в математическом анализе и дальнейшем форматировании данных для увеличения точности работы систем построения рекомендаций по формированию стратегии действий игрока.

Кластеризация героев необходимо для рекомендаций пользователю героя, который подходил бы ему по основным характеристикам, такие как: роль, количество убийств, помощь и т.д.

В качестве входных данных используется набор из 50000 матчей в рейтинговом режиме игры Dota 2. Используемые таблицы – players и hero_names.

Таблица players хранит информацию об игроках и их действиях: игроки в таблице идентифицируются по account_id, но поскольку в игре есть возможность играть анонимно, и примерно одна треть данных обезличена. Анонимные пользователи имеют значение 0 в поле account_id. Таблица содержит такие характеристики игрока, как количество убийств, смертей, купленные предметы и т. д. Доступно количество действий игрока, и они хранятся в колонках, названия которых начинаются с unit_order_. Также в таблице хранятся причины приобретения или потери золота и получения опыта, данные лежат в колонках, названия которых имеют префиксы gold_ и xp_.

Таблица hero_names содержит в себе информацию о доступных в данный момент героях, их ID и игровом названии.

Кластеризация происходит следующим образом:

Из таблицы players выбираются наиболее значимые параметры, на которые следует обратить внимание (см. Таблица 1).

Таблица 1 – Параметры таблицы players

Параметр	Описание
hero_id	ID героя, за которого играл пользователь
gold	Количество золота, заработанного пользователем в течение игры
gold_per_min	Количество золота, заработанного пользователем в минуту
xp_per_min	Количество опыта, заработанного пользователем в минуту
kills	Количество убийств других героев в течение игры, совершенных пользователем
deaths	Количество смертей героя в течение игры
assists	Количество помощи пользователем при убийствах других героев игроками из команды пользователя
hero_damage	Количество урона, нанесенного пользователем в течение игры
hero_healing	Количество исцеления, которое пользователь совершил в течение игры
tower_damage	Количество урона, нанесенного пользователем в течение игры по строениям противника
level	Уровень пользователя, который он получил в течение игры
leaver_status	Информация, покинул ли пользователь игру до её завершения

На основе 50000 матчей рассчитывается среднее значение для каждого из параметров, описанных выше для каждого доступного на текущий момент героя в игре. Данные представлены на рисунке 1.

hero_id	gold	gold_per_min	xp_per_min	kills	deaths	assists	hero_damage	hero_healing	tower_damage	level	leaver_status	
Abaddon	102.0	1856.153474	363.055287	417.260725	5.005740	6.278550	12.647432	9660.720846	2242.337462	1009.606949	17.108157	0.042598
Alchemist	73.0	2769.521633	709.545455	577.001832	6.679019	7.173369	11.647562	14438.700906	10.312735	2585.172758	20.491805	0.044182
Ancient Apparition	68.0	1662.564934	313.147046	324.378054	4.826151	7.492818	13.356286	8888.788094	213.265956	298.453280	15.517252	0.035392
Anti-Mage	1.0	2392.246275	554.192742	580.392827	7.340996	5.449979	6.722222	10162.878033	135.156769	3081.401767	20.574819	0.038740
Axe	2.0	1682.507933	400.109107	442.938274	8.525321	9.365138	10.498153	11945.333188	14.217779	453.616605	18.033254	0.039991
...
Windranger	21.0	1904.752167	434.759973	480.775538	9.061491	6.874000	9.979407	13815.913510	8.870217	2273.793113	18.853072	0.038073
Winter Wyvern	112.0	1737.437573	309.383266	335.962973	3.637911	7.674678	12.228401	6869.851111	313.957646	314.619852	15.408601	0.027673
Witch Doctor	30.0	1583.393935	311.429450	338.096162	5.791968	8.706734	13.071985	9381.819424	2273.344625	448.930747	15.648409	0.031553
Wraith King	42.0	2289.449063	479.170003	523.855530	7.865538	5.665897	11.854632	12594.282140	1442.225558	1960.160251	19.345009	0.037336
Zeus	22.0	1850.768795	406.194814	468.550011	10.025278	7.576814	18.238178	23793.737198	130.565265	413.339943	18.916975	0.039006

Рис. 1 – Средние значения для каждого героя

Герои кластеризуются с помощью метода k-средних [4]. Этот метод разбивает множество элементов на заранее известное число кластеров, при этом каждый элемент располагается на наименьшем расстоянии от кластера.

Для кластеризации задаются следующие параметры, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры метода k-средних.

Параметр	Значение
max_iter	300
n_clusters	6
n_init	10
n_jobs	None
precompute_distances	Auto
random_state	1000
tol	0.0001
verbose	0

В результате кластеризации все герои разделяются на 6 групп, в которых герои имеют схожие значения в значимых параметрах. На рисунке 2 представлены нормализованные для каждого параметра значения.

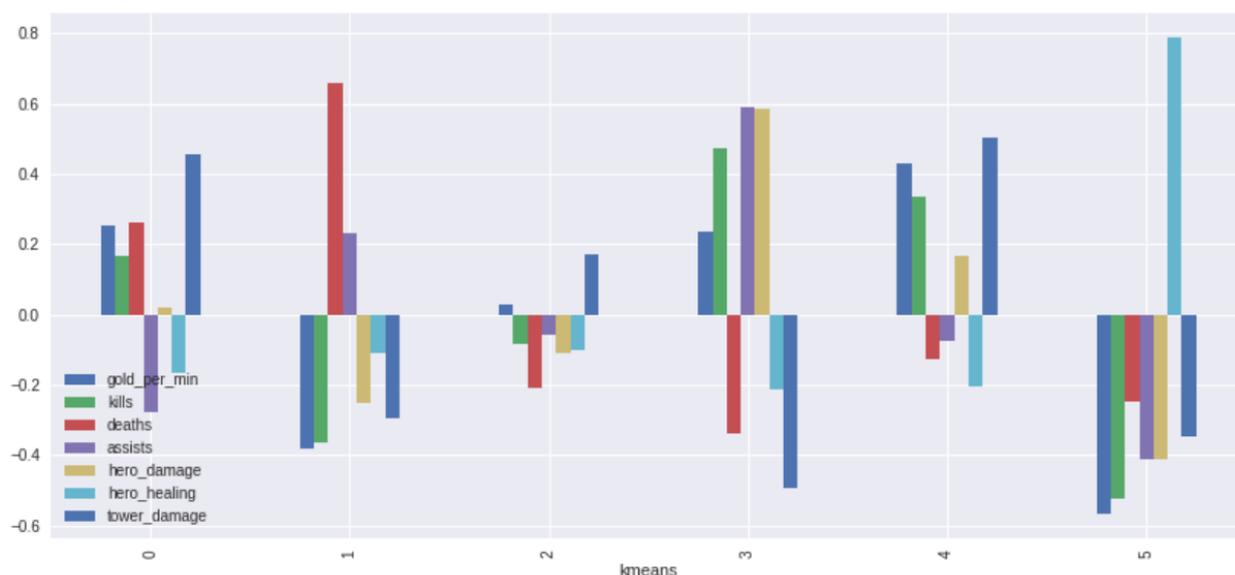


Рис. 2 – Кластеризация героев

Исходя из этого каждому герою можно присвоить класс, список классов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Названия классов

Класс	Название
0	Laner Solo / Squishy
1	Tank / Support
2	Average
3	Assassin / OP
4	Fighter / Charger
5	Healer

В ходе исследования был взят набор из 50000 матчей в рейтинговом режиме игры Dota 2 и были выделены наиболее информативные показатели. К полученным данным был применен метод k-средних с определенными настройками. Результатом является разделение всех возможных героев на 6 групп, в которых они имеют схожие значения в значимых параметрах и поставлены в соответствии ролям. На основе кластеризации можно рекомендовать пользователю героев в соответствии с его пожеланиями и возможностями.

Список литературы

1. *Juho Hamari, Max Sjöblom*. What is eSports and why do people watch it? // Internet Research, Vol. 27 No. 2, 2017. - pp. 211-232
2. Киберспорт — это спорт будущего или развлечение? – [Электронный ресурс] – URL: <https://www.pnp.ru/economics/kibersport-eto-sport-budushhego-ili-razvlechenie.html>
3. *Demediuk S*. Role Identification for Accurate Analysis in Dota 2 / P. York, A. Drachen, J. A. Walker, F. Block // Vol 15 No 1 (2019): Proceedings of the Fifteenth AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital, 2019. – p. 130.
4. K-Means clustering – [Электронный ресурс] – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html>

05.13.01

И.С. Полевщиков канд. техн. наук, В.С. Болилый, Е.Б. Кроха

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет,
кафедра информационных технологий и автоматизированных систем,
Пермь, i.s.polevshchikov@mail.ru, bolilyivs@gmail.com, lemmakout@gmail.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ОТЧЕТОВ О РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Статья посвящена разработке автоматизированной системы (АС) для составления отчетов, позволяющих информативно, точно и объективно отражать результаты тестирования сложных программных систем (ПС) для принятия управленческих решений, при этом минимизируя рутинную работу специалиста по тестовой документации. Разработан прототип АС, позволяющей специалисту создавать и редактировать отчеты, включающие информацию о команде тестировщиков, процессе тестирования, календарном плане, дефектах, рекомендациях, метриках. Данная АС может быть интегрирована в единую автоматизированную систему управления тестированием сложных ПС на всех его фазах и дополнена средствами обучения молодых сотрудников практическим навыкам составления отчетов по реальным программным проектам.

Ключевые слова: автоматизированная система, тестирование программного обеспечения, отчет о результатах тестирования, тест-план, метрики.

По завершении итерации тестирования сложной программной системы (ПС) важной задачей является сравнение полученных результатов с тест-планом и принятие необходимых управленческих решений (в частности, менеджеру проекта, руководителю команды разработчиков, руководителю команды тестировщиков, заказчику) [1].

При решении указанной задачи создается отчет о результатах тестирования. Данный документ, как правило, содержит следующую информацию [1]: оценку объема выполненных работ; сравнение полученных данных с тест-планом; описание рекомендаций по дальнейшей работе; информацию о команде тестировщиков и их задачах; информацию о текущем состоянии качества проекта, выраженную в конкретных фактах и числах.

Анализ существующих разработок в области создания отчетов по тестированию (в частности, TestLodge [2], TestLink [3], Test Collab [4], TestRail [5], Allure Framework [6]) показывает, что данные средства реализуют большое число функций. Однако их применение не позволяет всесторонне описать результаты тестирования в соответствии с типовой структурой отчета [1], использовать их при реализации других фаз тестирования сложной ПС и при обучении молодых специалистов составлению тестовой документации.

Поэтому востребованной задачей является развитие исследований в области автоматизации составления отчетов о результатах тестирования. Требуется создание автоматизированной системы (АС) для составления отчетов, позволяющих информативно, точно и объективно отражать результаты тестирования для принятия управленческих решений, при этом минимизируя рутинную работу специалиста по тестовой документации.

Разработан прототип АС для составления отчетов о результатах тестирования [7]. Данная АС позволяет специалисту создавать и редактировать отчеты, включающие информацию о команде тестировщиков, процессе тестирования, календарном плане, дефектах, рекомендациях, метриках.

Рассмотрим графический интерфейс (рис. 1) пользователя разработанного прототипа системы, включающий выбор разделов отчета (слева), формы для редактирования (справа), панель инструментов (сверху).

В разделе «*Краткое описание*» приводятся кратко основные результаты тестирования (с той степенью информативности, чтобы дать специалисту полноценное представление о результатах тестирования и, в случае дефицита времени, избавить его от необходимости читать весь отчет). Пользователю предоставлена форма для редактирования и форматирования текста (рис. 1).

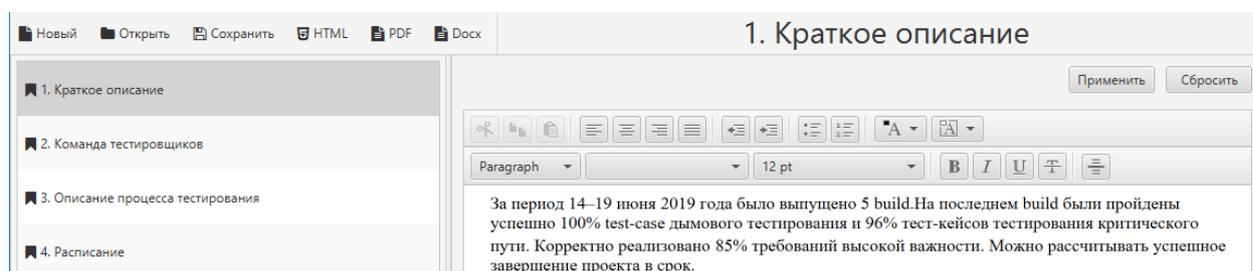


Рис. 1 – Интерфейс «Краткое описание результатов тестирования»

В разделе «*Команда тестировщиков*» в табличной форме представлен список участников команды и доступна форма для изменения данных о сотруднике (рис. 2).

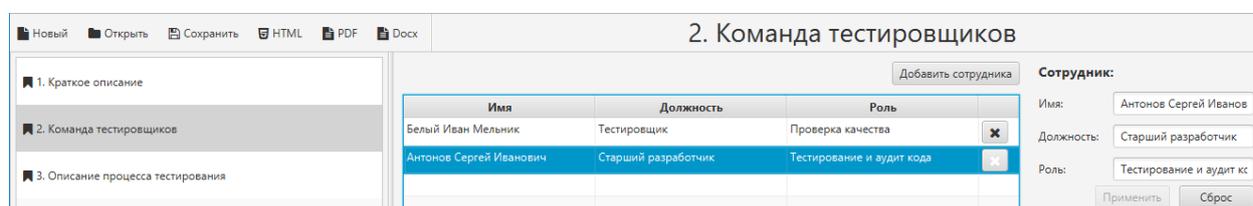


Рис. 2 – Интерфейс «Команда тестировщиков»

В разделе «*Описание процесса тестирования*» заполняется описание последовательности работ, выполненных за подотчетный период (рис. 3).

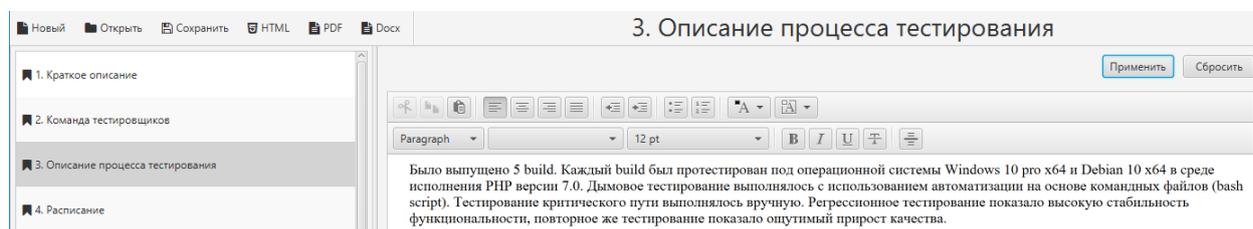


Рис. 3 – Интерфейс «Описание процесса тестирования»

Раздел «*Расписание*» содержит таблицу с расписанием работы команды (перечень выполняемых задач) и форму изменения данных (рис. 4).

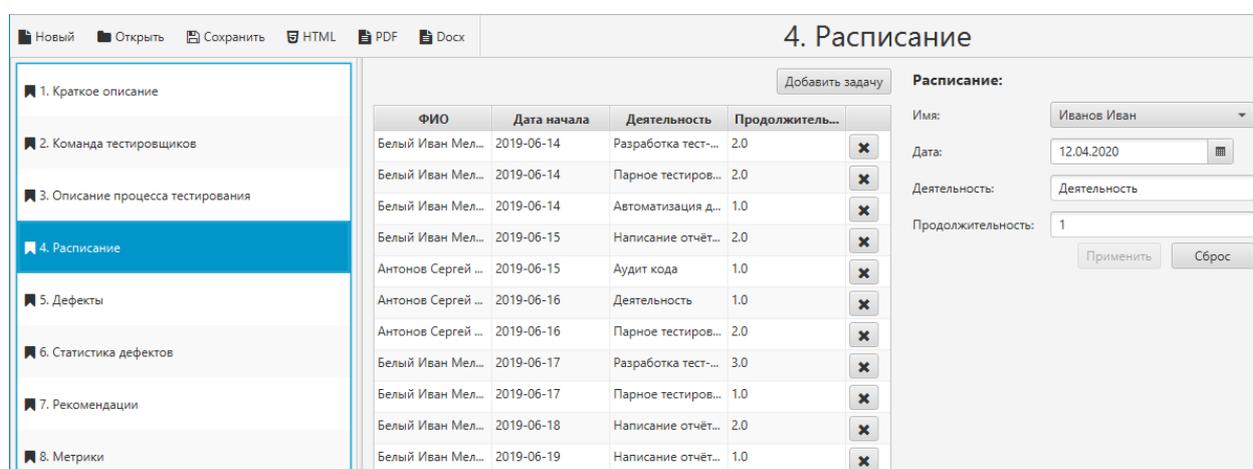


Рис. 4 – Интерфейс «Расписание»

Раздел «*Дефекты*» включает таблицу с информацией о дефектах и форму изменения данных (рис. 5).

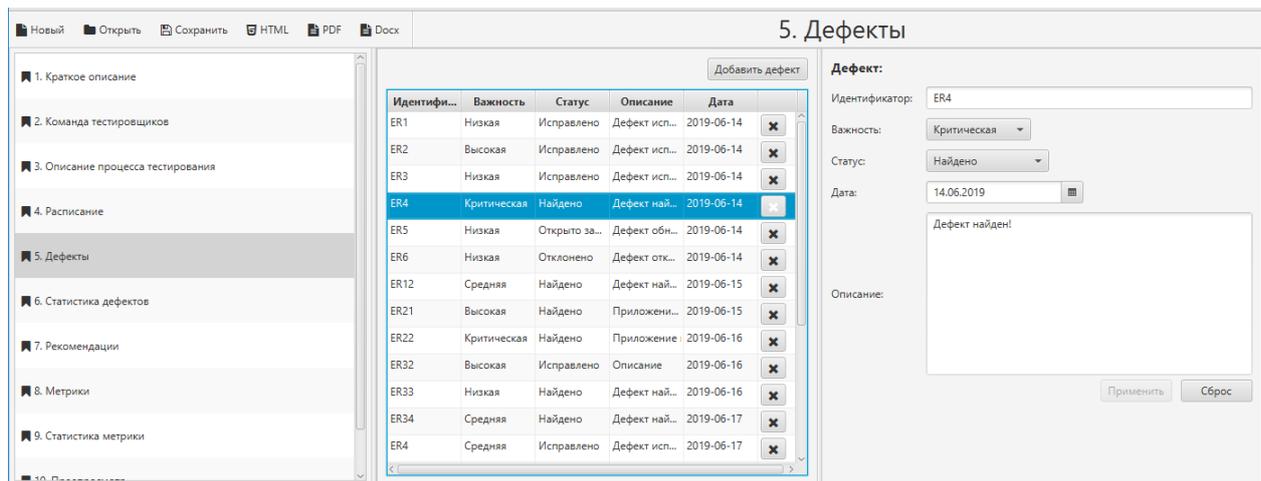


Рис. 5 – Интерфейс «Дефекты»

В разделе «Статистика дефектов» (рис. 6) отображаются графики на основе данных таблицы (из рис. 5).

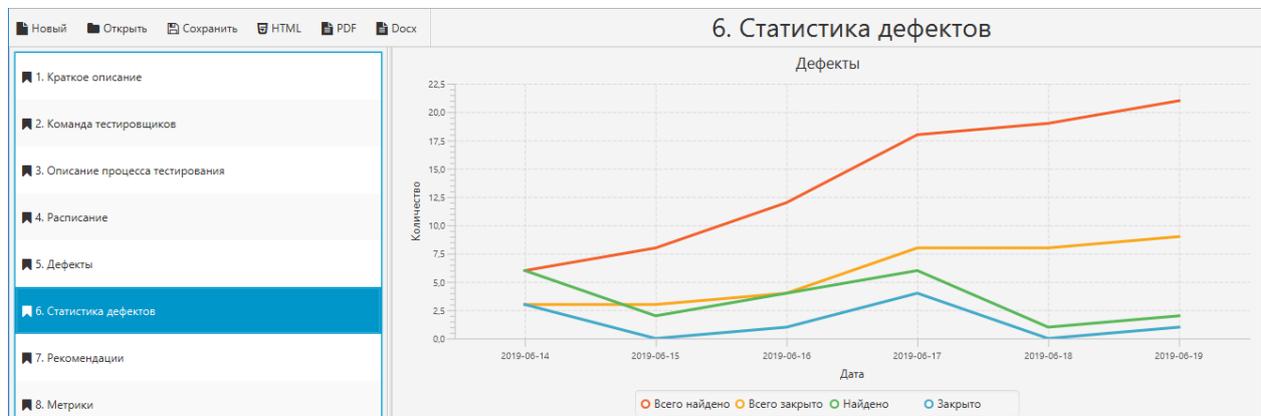


Рис. 6 – Интерфейс «Статистика дефектов»

В разделе «Рекомендации» с помощью текстовой области возможно заполнить информацию о рекомендациях, используемых для принятия управленческих решений (рис. 7).

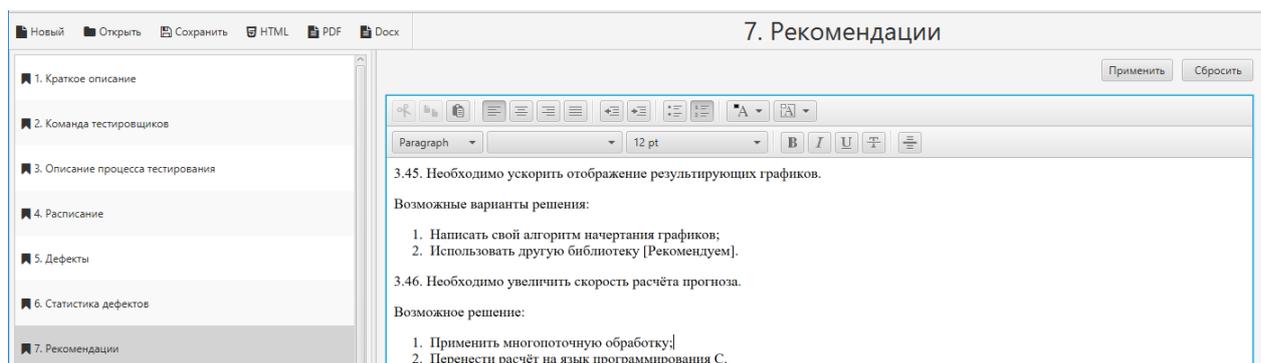


Рис. 7 – Интерфейс «Рекомендации»

В разделе «Метрики» содержатся в табличном виде данные о значениях метрик (представляющих объективную числовую информацию о качестве процесса тестирования) и форма изменения данных (рис. 8).

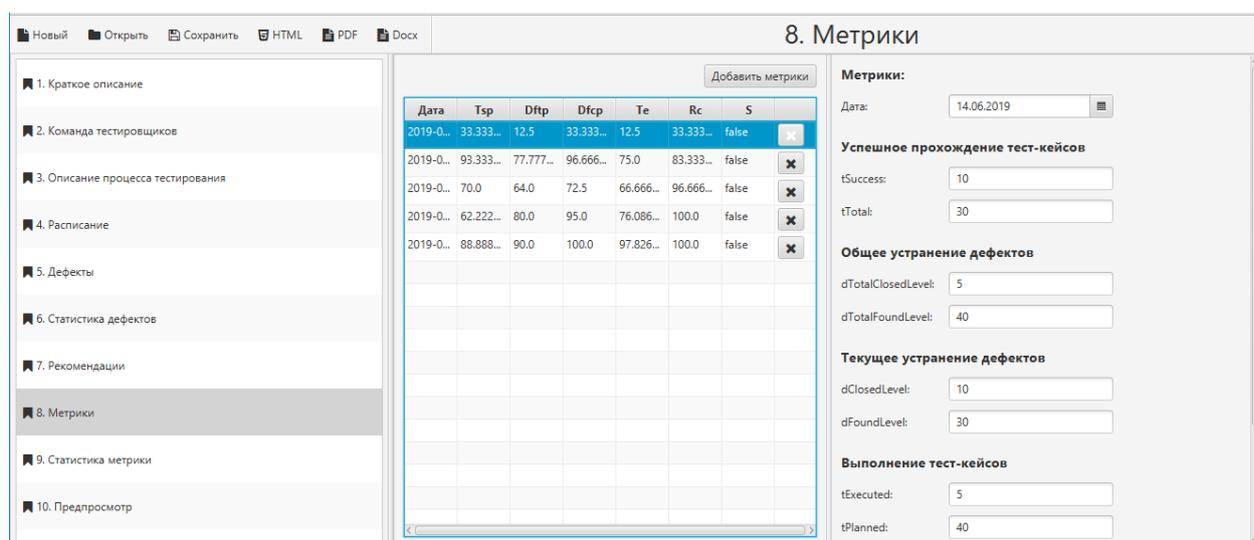


Рис. 8 – Интерфейс «Метрики»

В разделе «*Статистика метрик*» отображаются графики метрик, показывающие наглядно динамику изменения их значений по датам (рис. 9).

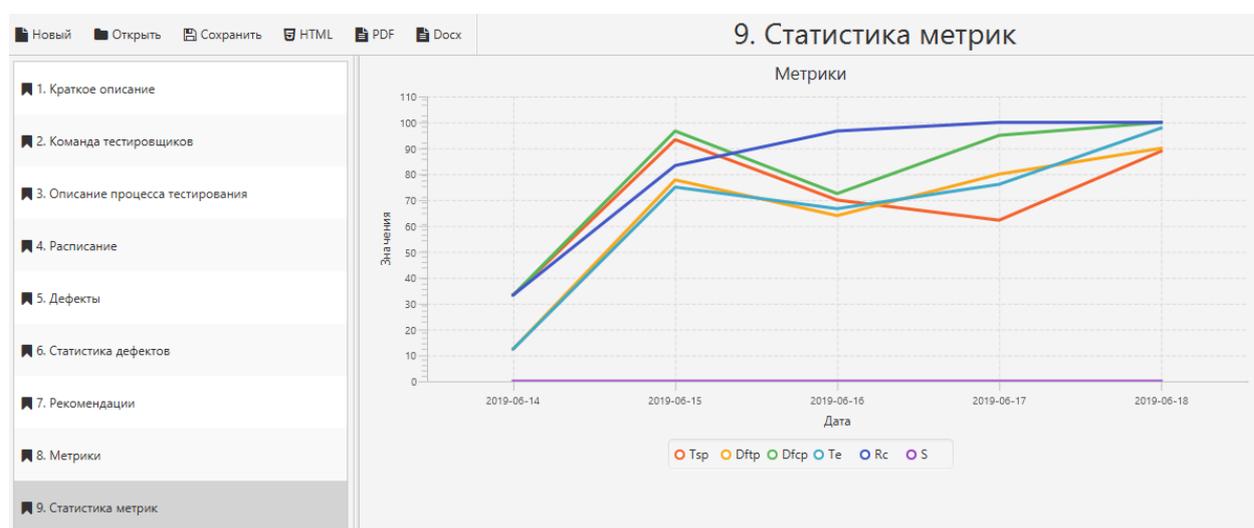


Рис. 9 – Интерфейс «Статистика метрик»

После заполнения всех форм можно перейти к разделу «*Предпросмотр*», который выводит отчет в формате HTML (рис. 10). При экспорте в HTML, PDF, DOCX производятся действия для создания всех таблиц и графиков, необходимых для отчета.

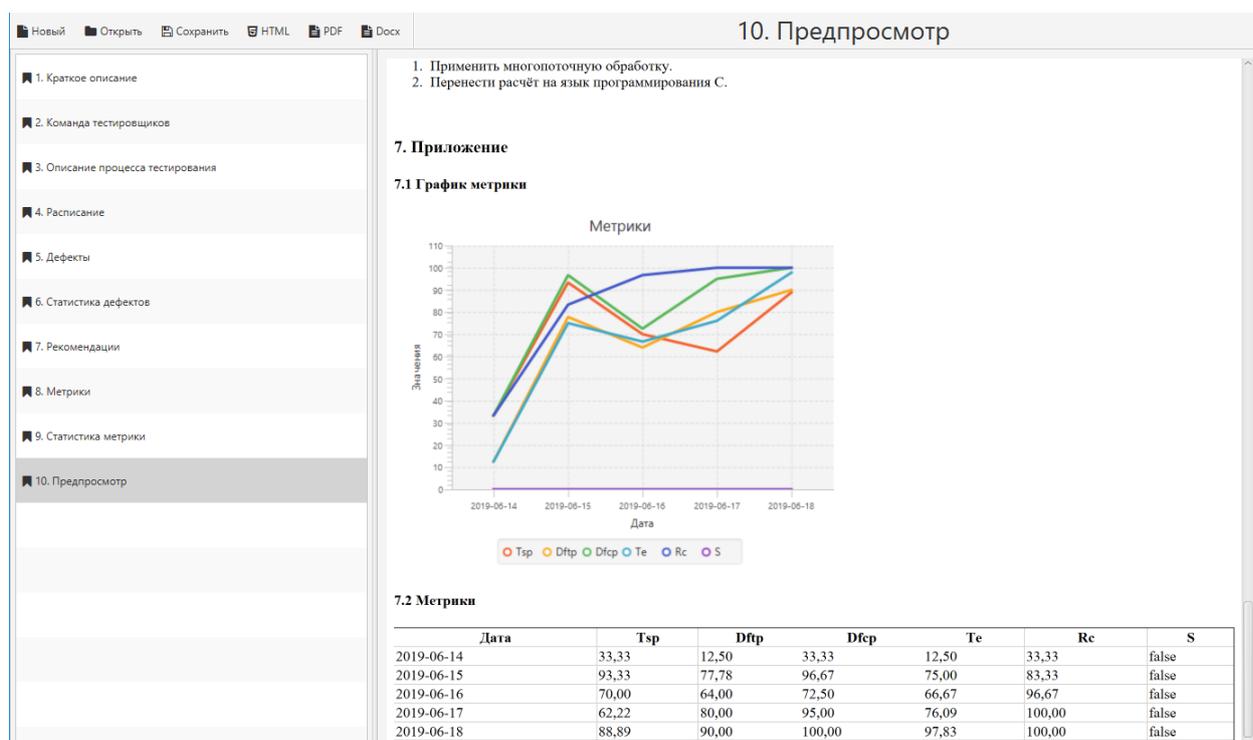


Рис. 10. – Интерфейс «Предпросмотр отчета»

Применение рассмотренной АС способствует минимизации рутинной работы специалистов по составлению тестовой документации (в частности, временных затрат и числа ошибок по причине «человеческого фактора»). Данное преимущество во многом достигается за счет: автоматического построения таблиц и графиков на основе введенных пользователем данных; наличия WYSIWYG-редактора текста; возможностей предпросмотра отчета и экспорта отчета в различные форматы (например, DOCX, HTML, PDF).

Данная АС может быть интегрирована в единую автоматизированную систему управления тестированием сложных ПС на всех его фазах и дополнена средствами обучения молодых сотрудников практическим навыкам составления отчетов по реальным программным проектам.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации.

Список литературы

1. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. Минск: Четыре четверти, 2017. 312 с.
2. Инструменты для управления тестами. TestLodge. URL: tmguru.ru/baza-znaniy/upravlenie-testami/instrumenty-dlya-planirovaniya/testlodge/ (дата обращения: 04.06.2020).
3. Инструменты для управления тестами. TestLink. URL: tmguru.ru/baza-znaniy/upravlenie-testami/instrumenty-dlya-planirovaniya/testlink/ (дата обращения: 04.06.2020).
4. Инструменты для управления тестами. TestCollab. URL: tmguru.ru/baza-znaniy/upravlenie-testami/instrumenty-dlya-planirovaniya/testcollab/ (дата обращения: 04.06.2020).
5. Подробный гайд по TestRail: тестирование ПО. URL: bytextest.ru/2018/04/12/testrail-user-guide/ (дата обращения: 04.06.2020).
6. Allure: тест-репорты нового поколения. URL: habr.com/ru/company/jugru/blog/337386/ (дата обращения: 04.06.2020).
7. Скин Джош, Гринхол Дэвид. Kotlin. Программирование для профессионалов. Санкт-Петербург: Питер, 2020. 464 с.

05.13.01

В.И. Полуничев д-р техн. наук, С.А. Горбатов, Ю.А. Тимофеев

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики имени академика Ф.М. Митенкова,
кафедра “Ядерные реакторы и энергетические установки”,
Нижний Новгород, gorbatovs1997@gmail.com.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ ПЕРВОГО КОНТУРА В РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ С ВОДО-ВОДЯНЫМ РЕАКТОРОМ

В данной статье рассмотрены различные типы систем компенсации давления в первом контуре реакторных установок с водо-водяным реактором, приведены основные принципы работы и расчёта технических характеристик, достоинства и недостатки. Авторами высказано мотивированное предпочтение паровой системе компенсации, предложен вариант её оптимизации, позволяющий повысить технико-экономические характеристики системы и реакторной установки в целом.

Ключевые слова: *реакторная установка, система компенсации давления, теплоноситель, парциальное давление газа, растворимость, газоперенос.*

Система компенсации давления предназначена для создания и поддержания давления в первом контуре при работе водо-водяных реакторных установок (РУ). Кроме выполнения основной функции система оказывает влияние на состояние теплоносителя – водно-газовый и химический режим, процессы взаимодействия с конструкционными материалами [1].

В реакторных технологиях используются три типа систем компенсации: газовая, парогазовая, паровая (Рис. 1).

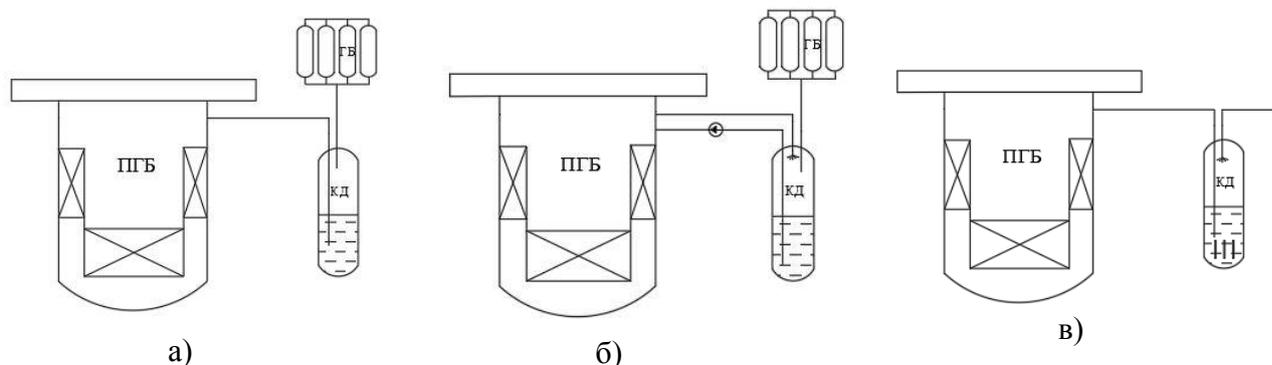


Рис. 1 – Варианты систем компенсации давления реакторных установок с водо-водяным реактором: а) газовая; б) парогазовая; в) паровая.

Газовая система компенсации давления

Система состоит из компенсатора давления (КД) для размещения вытесненного из реактора теплоносителя и сжатого газа, как рабочего тела [2]. Газ частично может размещаться в баллонах (Рис. 1.а). Объем и масса системы определяется из следующих соотношений.

Масса теплоносителя первого контура до и после разогрева установки

$$G_T = \frac{V_1}{v} \quad (1)$$

где V_1 – объем первого контура; v – удельный объем теплоносителя первого контура.

Масса вытесненного в КД теплоносителя

$$\Delta G = G_T^X - G_T^\Gamma \quad (2)$$

где G_T^X – масса теплоносителя в «холодном» состоянии; G_T^Γ – масса теплоносителя при средневзвешенной рабочей температуре.

Объём поступившего теплоносителя в КД

$$\Delta V = \Delta G \cdot v' \quad (3)$$

v' - удельный объём теплоносителя при температуре в КД;

В исходном состоянии КД заполнен водой первоначальной заливки и газом при начальном давлении. Объём первоначальной заливки составляет 10-15% от объёма вытесненной из реактора воды

$$V_{пз} = (0,1 \div 0,15) \cdot \Delta V \quad (4)$$

Исходя из опыта проектирования и эксплуатации для обеспечения необходимой точности поддержания давления при работе РУ объём газа в КД

$$V_r = 0,5 \cdot V_1 \quad (5)$$

Тогда полный объём системы КД составит

$$V_{кд} = \Delta V + V_r + V_{пз} \quad (6)$$

По полученному объёму определяется конструкция КД, выполняется прочностной расчёт по соответствующим нормам и находится масса.

Основные достоинства системы: отсутствие энергопотребления при работе, простота конструкции и режима управления системой.

Основные недостатки: большие объёмы газовой подушки, высокая концентрация растворенного газа в теплоносителе первого контура[2], большие термодинамические напряжения в коммуникациях, соединяющих реактор и ГКД.

Парогазовая система компенсации давления

Отличительной особенностью парогазовой системы (ПГКД) является использование в качестве рабочего тела парогазовой смеси. В ПГКД подается теплоноситель из реактора с максимальной температурой, распыляется душирующим устройством и возвращается в реактор (Рис. 1.б). При этом в ПГКД создаётся давление пара, равное давлению насыщения при температуре выхода из активной зоны. Для создания запаса до кипения в ПГКД подается газ. Общее давление в ПГКД и в контуре определяется, как сумма парциальных давлений газа и пара $P_{1к} = P_g + P_r$. Для снижения давления парогазовой смеси в переходных режимах в неё через распылительное устройство может подаваться вода с пониженной температурой, как в паровой системе.

Метод расчёта парогазового компенсатора аналогичен расчёту газового. Отличие заключается в том, что температура воды первоначальной заливки и вытесненной из реактора принимается равной выходной температуре из активной зоны, а объём парогазовой смеси 25-30% от объёма воды первого контура по опытным данным [3].

Основные достоинства: не требует для работы энергии, меньший по сравнению с газовой системой компенсации давления объём.

Основные недостатки системы: зависимость давления от температуры на выходе из активной зоны в переходных режимах, высокая растворимость газа, что вызывает более интенсивное, чем при газовой системе, газовыделение в оборудовании, снижая надёжность его работы.

Паровая система компенсации давления

Паровая система компенсации давления (ПКД) характеризуется тем, что в качестве рабочего тела используется пар, генерируемый электронагревателями (Рис. 1.в). Для получения избыточного давления температура в ПКД выше температуры на выходе из активной зоны. Для определения объёма ПКД используются соотношения (1), (2) и (3).

Определяется объём первоначальной заливки

$$V_{пз} = M_{пз} \cdot v' \quad (7)$$

Объём паровой подушки определяем из условия приёма в ПКД теплоносителя первого контура при максимальном отклонении температуры.

$$V_{\text{пп}} = V_1 \cdot \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} \right) \cdot v' + V_d \quad (8)$$

где v_1 – удельный объём теплоносителя при средней температуре первого контура; v_2 – удельный объём теплоносителя первого контура при максимальном повышении средней температуры; V_d – дополнительный незаполненный объём.

Полный объём системы КД

$$V_{\text{кд}} = \Delta V + V_{\text{пз}} + V_{\text{пп}} \quad (9)$$

По полученному объёму определяется конструкция ПКД и масса.

Основные достоинства системы: высокая точность поддержания, значительно меньшие объёмы системы по сравнению с ГКД, отсутствие значительных термоциклических напряжений в трубопроводах, соединяющих ПКД с реактором, отсутствие влияния на водно-газовый режим.

Основные недостатки: большое энергопотребление в режиме разогрева, управление сложнее газовой.

Для повышения технико-экономических характеристик паровой системы компенсации давления предлагается модернизированная система. Она состоит из парового компенсатора для поддержания давления и гидроаккумулятора (ГА), в котором размещается часть вытесненного теплоносителя (Рис. 2). Вода в ГА находится при низкой температуре.

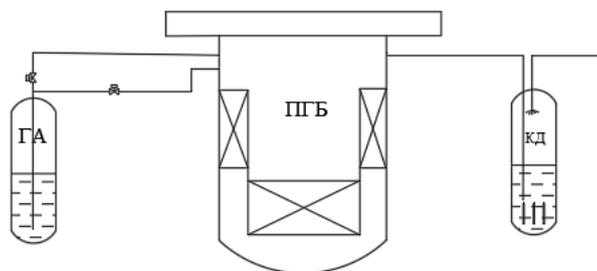


Рис. 2 – ПКД с гидроаккумулятором

Для определения объёма данной системы используются соотношения (1), (2) и (3), определяется масса теплоносителя первого контура до и после разогрева установки, масса вытесненной воды. Далее определяется объём компенсатора давления

$$V_{\text{кд}} = V_{\text{пз}} + V_d + \Delta V_{\text{н1}} + \Delta V_{\text{о1}} \quad (10)$$

где $V_{\text{пз}}$ – объём первоначальной заливки; V_d – незаполненный объём; $\Delta V_{\text{н1}}$ – объём теплоносителя, вытесняемый из первого контура в КД при максимальном повышении средней температуры; $\Delta V_{\text{о1}}$ – объём теплоносителя, вытесняемый в первый контур из КД при максимальном понижении средней температуры.

Определяется масса воды, вытесненная из реактора в КД

$$G_{\text{кд}} = \frac{\Delta V_{\text{о1}}}{v'} \quad (11)$$

Тогда масса воды в гидроаккумуляторе

$$G_{\text{га}} = \Delta G - G_{\text{кд}} + G_{\text{пз}} \quad (12)$$

где $G_{\text{пз}}$ – масса первоначальной заливки в гидроаккумуляторе.

Для каждой из рассмотренных видов систем был произведен расчёт при одинаковых начальных условиях, а именно $V_1 = 30 \text{ м}^3$; $P_{1к} = 16 \text{ МПа}$; $T_{\text{вых}} = 325 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{вх}} = 270 \text{ }^\circ\text{C}$, скорость разогрева ПКД до давления 16 МПа составляет $50 \text{ }^\circ\text{C/ч}$, температура в ГКД, в ПКД и ПКД составляет 50, 325 и $347 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно.

Таблица 1 – Результаты расчётов

	Объём системы КД, м ³	Масса системы КД, т	Мощность эл/наг в режиме пуска, кВт	Равновесная концентрация газа, нсм ³ /кг	Мощность эл/наг а при работе, кВт
ГКД	26,4	45,9	0	1700	0
ПКД	21,1	38,3	886,1	0	39,9
ПКД с ГА	18,3	30,3	418,4	0	19,6
ПГКД	26,1	45,5	0	3800	0

Выполнен оценочный сравнительный анализ основных характеристик трех вариантов систем компенсации. Из анализа следует, что при прочих равных условиях системы существенно отличаются массой и габаритами. Кроме того, принципиальным является их влияние на водно-газовый и химический режим теплоносителя, коррозионные процессы конструкционных материалов оборудования, термоциклическое воздействие и др. Авторами статьи предложен модернизированный вариант ПКД, который сохраняет её положительные качества и позволяет снизить объём, массу и потребляемую мощность.

Список литературы

1. Полуничев В.И., Филимонов А.Ф. Возможные пути повышения ресурса активных зон с циркониевыми элементами ТВС для перспективных реакторных установок судов и АСММ // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. №127.
2. Полуничев В.И., Филимонов А.Ф., Помысухина А.Е. Газовыделение и газоперенос в оборудовании первого контура реакторной установки с газовой системой компенсации давления // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2019. №126.
3. Зверев Д.Л., Пахомов А.Н., Полуничев В.И., Вешняков К.Б., Кабин С.В. «Атомная энергия», т. 113, вып. 6, 2012, С.323-328.

05.13.01

Т.Р. Сметанин, Е.А. Гурьева, В.В. Андреев д-р техн. наук, Н.Г. Андреев

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики имени академика Ф.Н. Митенкова,
кафедра ядерных реакторов и энергетических установок,
Нижний Новгород, infantoplus@yandex.ru, smetanintimur@yandex.ru,
vyach.andreev@mail.ru, andrejev@mail.ru

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА «НЕЙТРОННЫЙ КОНВЕРТЕР»

В работе проведен анализ конструкции лабораторной установки, а так же расчет 25 возможных вариантов ее исполнения из сочетаний различных материалов. Рассчитаны необходимые параметры, обеспечивающие безопасность при работе с комплексом. Из всех вариантов выявлены наиболее выгодные и перспективные по экономическим и массогабаритным параметрам.

Ключевые слова: *поток нейтронов, нейтроны, материалы, биологическая защита, замедление нейтронов.*

В рамках технического взаимодействия между ОАО «ОКБМ Африкантов» и Нижегородским государственным техническим университетом им. Р. Е. Алексеева разработан проект универсального нейтронного конвертера («Тепловой колонны») – лабораторной установки для выполнения научно-исследовательских работ, связанных с нейтронно-физическими измерениями.

Универсальный нейтронный конвертер представляет собой устройство для конвертирования потока быстрых нейтронов, излучаемых изотопными источниками, в «стандартизованное» значение плотности потока с известными параметрами плотности потока нейтронов в объеме центральной части изделия, которая является рабочей частью универсального нейтронного конвертера.

Конвертирование потока нейтронов в тепловую область спектра происходит за счет ослабления быстрых нейтронов в результате замедления при рассеянии на ядрах элементов [1]. Поэтому проектирование конструкции нейтронной колонны включало в себя 2 основные задачи: расчет биологической защиты (БЗ), материалы которой должны были обеспечивать допустимый уровень ионизирующего излучения для оператора, работающего с колонной, и замедлителя, который должен обеспечивать перевод нейтронов от источника в тепловой спектр.

Основной целью проектирования БЗ было обеспечение допустимых уровней излучения при приемлемых размерах колонны, а для замедлителя – получение наибольшего потока нейтронов в рабочей части колонны при наименьших массогабаритных показателях.

Данные требования могли быть достигнуты при использовании двухслойной замедляющей среды из различных материалов БЗ и замедлителя, поэтому был составлен список возможных вариантов исполнения колонны (таблица 1). Были составлены в общей сложности 25 вариантов сочетания материалов для двух видов источников (ИБН-8 или калифорниевый), которые могли применяться в нейтронной колонне.

Таблица 1- Варианты исполнения нейтронной колонны

Номер варианта	Тип источника	Первый материал защиты	Второй материал защиты	Первый материал замедлителя	Второй материал замедлителя
1	2	3	4	5	6
1	Калифорниевый	Парафин	Графит	Парафин	Графит
2	Калифорниевый	Графит	Вода	Графит	Вода
3	Калифорниевый	Сыпучая смесь		Сыпучая смесь	
4	Калифорниевый	Полиэтилен	Графит	Полиэтилен	Графит
5	Калифорниевый	Полиэтилен	Парафин	Полиэтилен	Парафин
6	Калифорниевый	Гидрид титана	Полиэтилен	Гидрид титана	Полиэтилен
7	Калифорниевый	Парафин	Гидрид титана	Парафин	Гидрид титана
8	Калифорниевый	Бетон		Бетон	
9	Калифорниевый	Графит	Вазелин	Графит	Вазелин
10	Калифорниевый	Графит	Бетон	Графит	Бетон
11	Калифорниевый	Вода	Свинец	Вода	Свинец
12	Калифорниевый	Полиэтилен	Свинец	Полиэтилен	Свинец
13	Ибн-8	Бетон	Графит	Бетон	Графит
14	Ибн-8	Гидрид титана		Гидрид титана	
15	Ибн-8	Графит	Гидрид титана	Графит	Гидрид титана
16	Ибн-8	Бетон	Полиэтилен	Бетон	Полиэтилен
17	Ибн-8	Графит	Парафин	Графит	Парафин
18	Ибн-8	Парафин		Парафин	
19	Ибн-8	Бетон	Вода	Бетон	Вода
20	Ибн-8	Парафин	Свинец	Парафин	Свинец
21	Ибн-8	Графит	Полиэтилен	Графит	Полиэтилен
22	Ибн-8	Вазелин	Графит	Вазелин	Графит
23	Ибн-8	Вода	Графит	Вода	Графит
24	Ибн-8	Сыпучая смесь	Графит	Сыпучая смесь	Графит
25	Ибн-8	Вазелин	Полиэтилен	Вазелин	Полиэтилен

Для расчета плотности потока нейтронов в рабочей области конвертера и уровней излучения за биологической защитой были использованы программы DOTGeom[2] и DOT III [3].

Для этого в DOTGeom [2] была создана модель, представляющая собой часть вертикального сечения колонны в направлении от источника к периферии колонны в R-Z геометрии. В этой модели с помощью DOT III [3] была найдена мощность дозы нейтронного и гамма излучения на поверхности установки.

При расчете каждого варианта были найдены комбинации материалов и их толщин, которые обеспечивали максимально допустимый уровень мощности дозы излучения на поверхности колонны при минимальных габаритах. Результаты расчетов приведены на рисунке 1.

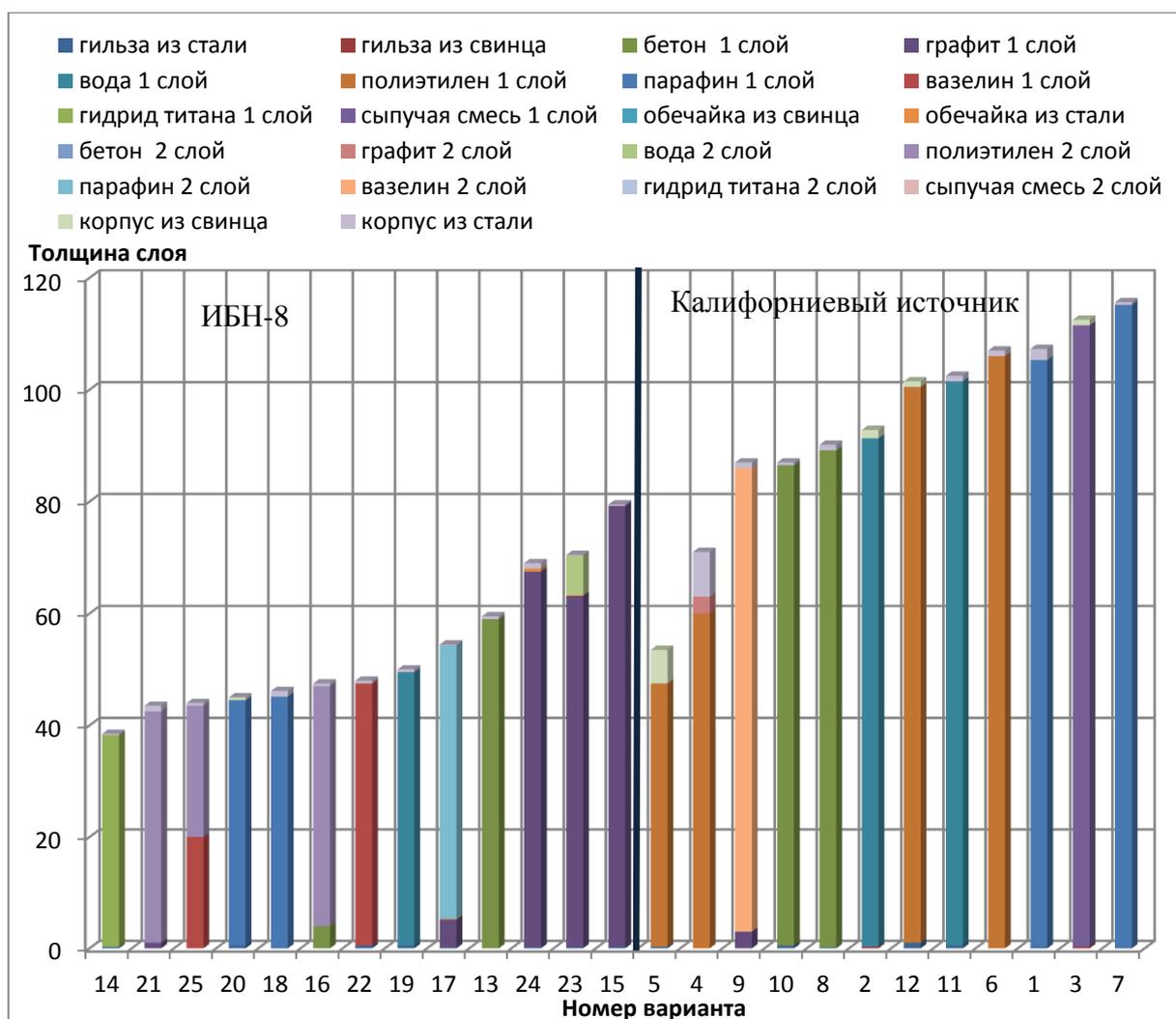


Рис. 1- Зависимость толщины БЗ от её материалов

Таким образом, наиболее выигрышными вариантами по массогабаритным показателям оказались вариант 14 для источника ИБН-8 и вариант 5 для калифорниевого источника. В качестве материала биологической защиты в них использовались гидрид титана и полиэтилен соответственно. Эффективность применения данных материалов связана с высокой концентрацией атомов водорода в них.

В ходе дальнейшей работы так же необходимо было произвести аналогичные расчеты для выявления наилучшего материала или их сочетаний для создания среды замедлителя. Для этого была построена модель в R-Z геометрии, представляющая собой часть вертикального сечения колонны в направлении от источника к центральному каналу, и путем изменения толщины замедлителя найден поток тепловых нейтронов в его центре.

Аналогично с расчетом БЗ, были выбраны наилучшие параметры в каждом из 25-ти вариантов материала замедлителя колонны, а также проведен сравнительный анализ вариантов. По результатам расчетов была построена зависимость потока нейтронов в центре колонны от толщины слоя замедлителя и варианта исполнения замедлителя.

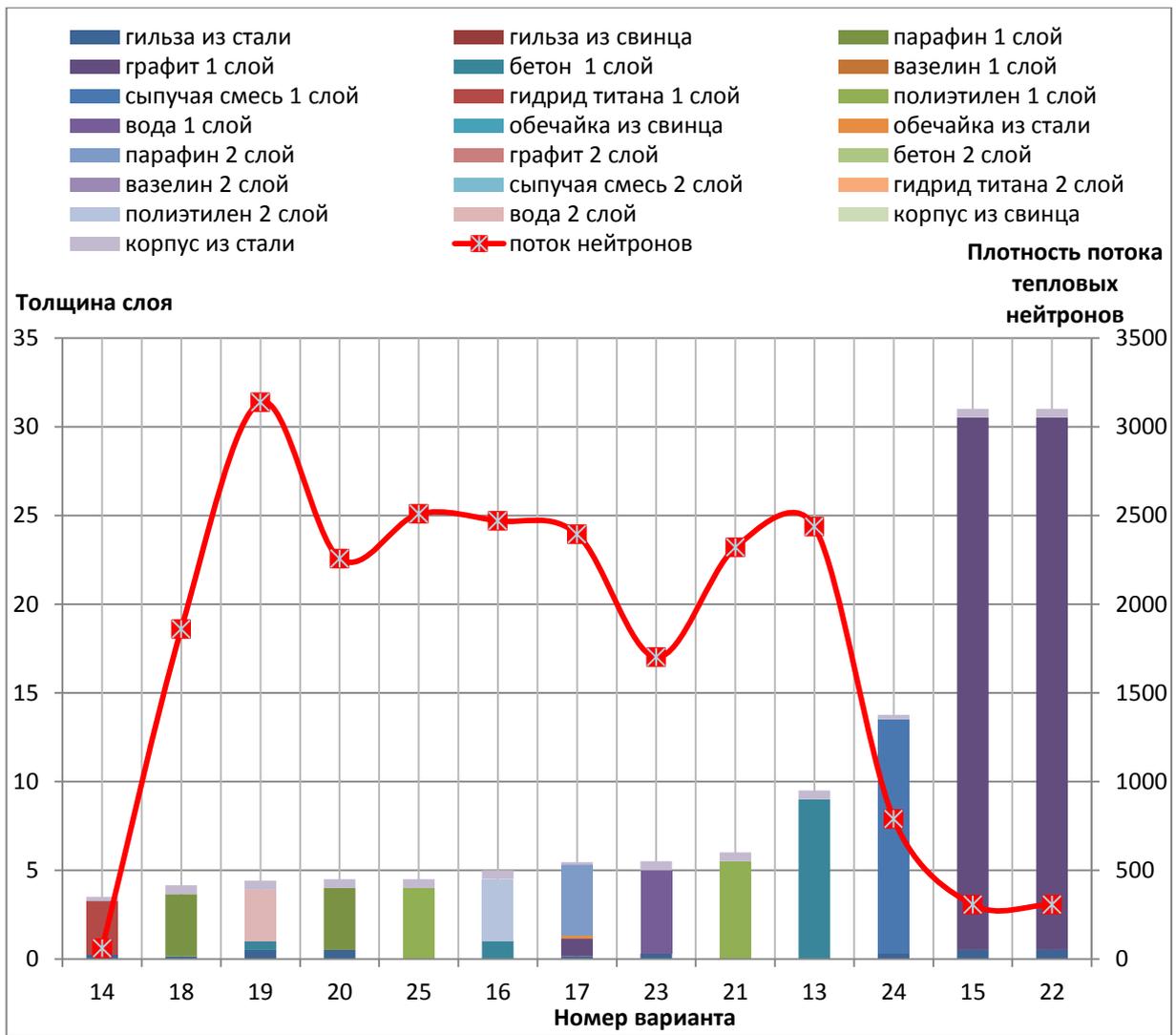


Рис. 2- Зависимость потока нейтронов в центре колонны от толщины слоя замедлителя и варианта исполнения замедлителя при использовании источников ИБН-8

Как видно по результатам расчетов, максимальное значение плотности потока тепловых нейтронов (3138 н·см²/с) достигается при использовании 19 варианта замедлителя, т.е. сочетания бетона и воды при суммарной толщине замедлителя 4,4 см.

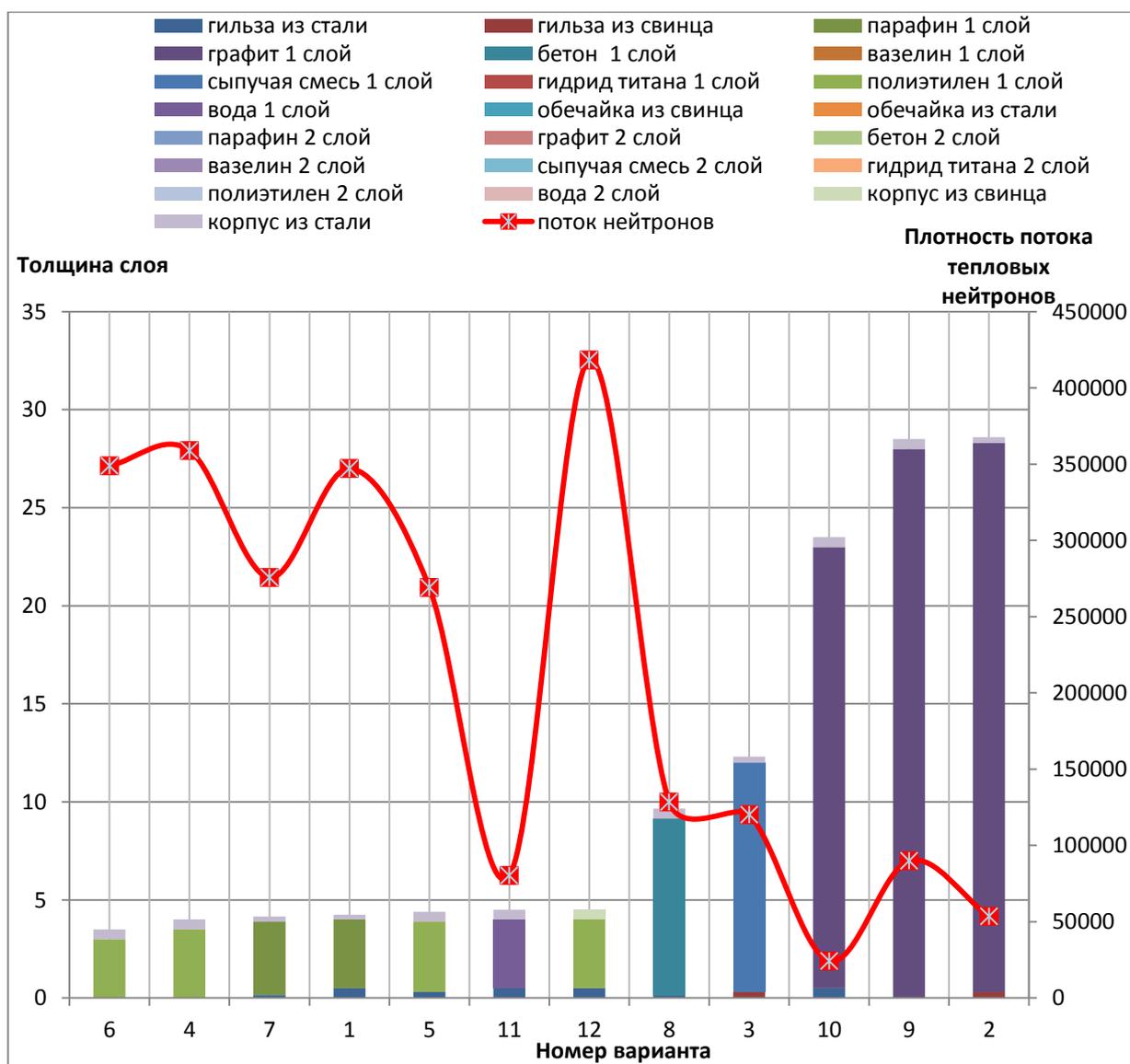


Рис. 3- Зависимость потока нейтронов в центре колонны от толщины слоя замедлителя и материала замедлителя при использовании калифорниевых источников

Как видно по полученным результатам, максимальное значение потока тепловых нейтронов ($40000 \text{ н}\cdot\text{см}^2/\text{с}$) при суммарной толщине замедлителя 4,5 см достигается при использовании 12 варианта материала замедлителя, т.е. сочетания свинца с полиэтилена.

В настоящем исследовании проанализирован состав и конструктивные материалы исследовательской установки «Нейтронный конвертер». Было разработано 25 вариантов сочетаний различных материалов биологической защиты и замедлителей, которые могли бы использоваться в данной установке.

При использовании нейтронного конвертера с источником ИБН-8 наилучшим вариантом является использование гидрида титана, суммарная толщина защиты в этом случае будет 38,5 см. Максимальный поток, которого можно достичь, равен $3138 \text{ н}\cdot\text{см}^2/\text{с}$ при использовании в качестве замедлителей бетон и воду суммарной толщиной 4,4 см.

Аналогично, при использовании конвертера с калифорниевым источником, наиболее предпочтительным будет вариант с использованием в качестве биологической защиты полиэтилена и свинцового корпуса, необходимая суммарная толщина защиты в таком случае равна 53,5 см. Максимальная плотность потока тепловых нейтронов, которую можно достичь, равна $40000 \text{ н}\cdot\text{см}^2/\text{с}$ при использовании в качестве замедлителя слоя полиэтилена суммарной толщиной 4,5 см.

Список литературы

1. *В.Л. Аксенов* Импульсные реакторы для нейтронных исследований. Физика элементарных частиц и атомного ядра. М.: Науч. Мир, 1995. – Т. 26, №. 6. - с. 1449.
2. *Андреев Н.Г., Вавилкин В.Н.* Разработка программы DotActiv для расчета источников и уровней излучения остановленного реактора в 2-D геометрии // Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях: тезисы докл. X рос. науч. конф. (Москва, 22-25 сент. 2015г.). – М.: ООО «САМ Полиграфист», 2015. – 142 с.
3. *Rhoades W.A., Mynatt F.R.* The DOT III Two Dimensional Discrete Ordinates Code - Tenn.:ORNL, 1973. – 100 с.

05.13.01

Ю.А. Тимофеев, С.А. Горбатов, В.И. Полуничев д-р техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
факультет ядерной энергетики и технической физики,
кафедра ядерные реакторы и энергетические установки,
Нижний Новгород, yurnero9640@gmail.com

НОДУЛЯРНАЯ КОРРОЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНЫХ ЗОН ИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ СУДОВЫХ РЕАКТОРОВ

В работе представлены результаты исследования неконденсирующихся газов, растворенных в теплоносителе первого контура, на коррозионные процессы оболочек твэлов из циркониевого сплава Э110 в судовых реакторных установках с газовой системой компенсации давления.

Ключевые слова: *активная зона судовых реакторных установок, газовая система компенсации давления, нодулярная коррозия, циркониевый сплав Э110, ресурс.*

Реакторная установка для атомных ледоколов типа ОК-900 была создана в 60-е годы прошлого столетия. Эта установка блочного типа с ВВР и газовой системой компенсации давления. Она надежно работает на некоторых судах до настоящего времени, при этом проектный ресурс увеличен более чем в 2 раза. Однако, увеличение энергоресурса активных зон за истекший период было значительно скромнее. На данный момент достигнутый энергоресурс составляет 2-2,3 ТВт·ч. Данный ресурс не удовлетворяет современным требованиям к перспективным установкам судов и АСММ. Его рост ограничивается состоянием оболочек твэлов и других элементов ТВС из циркониевого сплава Э110, подверженного нодулярной коррозии.

Нодулярная коррозия циркониевых материалов – это местная усиленная коррозия в виде локальных коррозионных повреждений или их скоплений при общей коррозии толщиной 5-10 мкм, образующегося на поверхности изделия. Нодулярная коррозия характерна для циркониевых изделий, эксплуатирующихся в кипящих реакторах, но может развиваться и в условиях реакторов с водой под давлением при образовании пузырькового кипения на поверхности изделия [1]. Скорость развития нодулярной коррозии значительно выше скорости равномерной коррозии (в ~ 8-10 раз) [2, 3]. Образование толстого оксидного слоя с малой теплопроводностью ($3 \cdot 10^{-3}$ кВт/м·°С) приводит к утонению стенки оболочки и появлению градиента температуры по толщине стенки, вызывающего местный перегрев [2]. Считается, что оксид толщиной ~ 100 мкм увеличивает градиент на ~ 40°С. В PWR нодулярная коррозия на циркониевой оболочке наблюдалась, когда кислород, выделившийся в результате радиолиза воды, не подавлялся введением водорода, а также в воде под давлением, содержащей растворенный кислород в количестве более 200 мг/кг воды [4].

Начиная с 80-х годов прошлого столетия в активных зонах судовых реакторных установках в качестве конструкционного материала оболочек твэлов и других элементов ТВС используется цирконий Э110. Рост ресурса циркониевых зон ограничивался состоянием оболочек твэлов и других элементов, подверженных нодулярной коррозии. Признаком интенсивности коррозионных процессов циркониевых сплавов является рост аммиака в теплоносителе первого контура [5] (рис. 1).

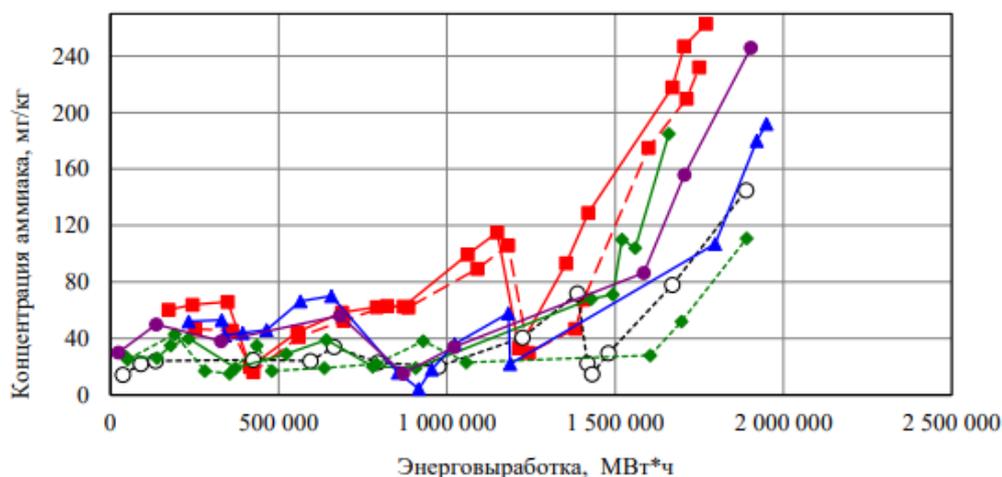


Рис. 1 - Изменение концентрации аммиака в теплоносителе 1 контура при эксплуатации циркониевых активных зон

Стехиометрию коррозионного процесса запишем в виде брутто-реакции



Поступивший в теплоноситель молекулярный водород принимает участие в двух процессах: в «подавлении радиолитического», приводящем к снижению в теплоносителе содержания окислителей (O_2 и H_2O_2), и в радиационно-химической фиксации растворенного азота с образованием аммиака по брутто-реакции



Результаты аналитических и экспериментальных исследований, мнения специалистов в данной области свидетельствует о том, что одной из определяющих причин нодулярной коррозии являются условия работы активных зон. В чем заключаются основные отличия условий работы судовых активных зон действующих судов от ВВЭР:

- повышенные энергонапряженность и тепловые потоки с оболочек твэлов;
- использование газовой системы компенсации давления и газонасыщенного теплоносителя;
- наличие пристенного (в том числе «газового») кипения в недогретой воде 1 контура на элементах ТВС активных зон.

В работе [6] показана корреляция интенсивности нодулярной коррозии твэлов с наличием пристенного кипения в газонасыщенной недогретой до температуры насыщения воде.

Результаты экспериментов на имитаторах ТВЭЛов с оболочками из алюминиевых сплавов, ТВС РБМК-1500 и ТВЭЛов с оболочками из циркониевого сплава судовых активных зон в петле исследовательского реактора с газонасыщенным теплоносителем при поверхностном кипении и без него при прочих равных условиях показали, что максимальная нодулярная коррозия имела место при поверхностном кипении, в том числе «газовом» на оболочках твэлов в недогретой до T_s воде. На рисунке 2 приведено изменение интенсивности коррозии по длине экспериментальных твэлов в петле исследовательского реактора с газонасыщенным теплоносителем.

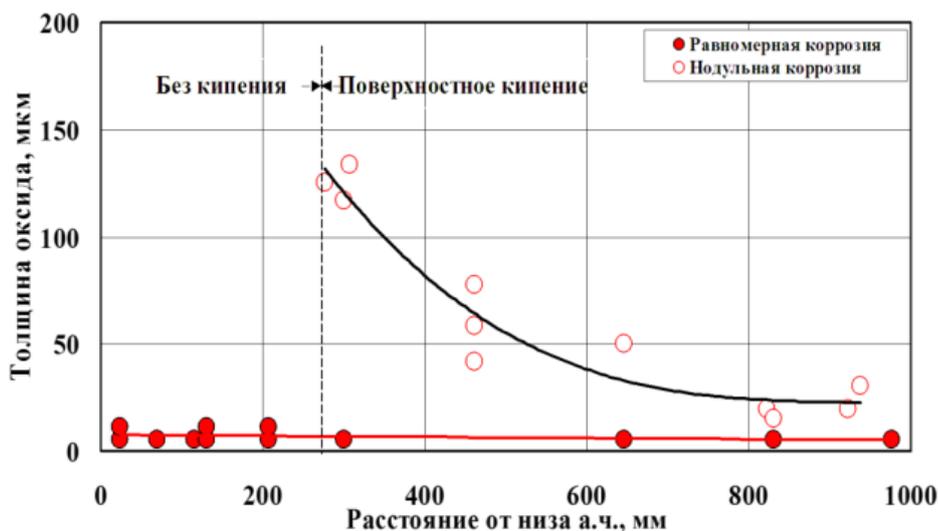


Рис. 2 - Изменение характера и интенсивность коррозии по длине экспериментальных твэлов в петле исследовательского реактора

Азот является основным источником растворенного газа в теплоносителе первого контура судовых реакторных установок типа ОК-900 с газовой системой компенсации давления и азотом в качестве рабочего тела. При длительной работе установки в компенсаторе давления (КД) и, как следствие, во всем первом контуре устанавливается равновесная концентрация растворенного азота

$$C_{1К} = C_{КД} = k \cdot P_r, \quad (3)$$

где $C_{1К}$ и $C_{КД}$ – концентрация растворенного азота в воде 1 контура и КД соответственно; k – коэффициент растворенного азота при температуре в КД; P_r – парциальное давление азота в КД.

Предельная концентрация растворенного азота в теплоносителе зависит от температуры и парциального давления газа и определяется из следующего соотношения:

$$C_{1К} = k(T_{1К}) \cdot P_r, \quad (4)$$

где $k(T_{1К})$ – коэффициент растворимости при температуре в данной точке контура; P_r – парциальное давление газа в точке;

$$P_r = P_{1К} - P_S(T_{1К}), \quad (5)$$

где P_S – давление насыщения при температуре в точке.

На графике (рис. 3) показана зависимость предельной концентрации растворенного азота от температуры теплоносителя при давлении в контуре 12,7 МПа и температуры в КД 60°C. Из графика следует, что в интервале (319-329)°C, где предельная концентрация растворенного азота ниже равновесной (пересыщенный раствор) происходит выделение азота в свободном состоянии.

Необходимо отметить что температура на выходе из наиболее теплонапряженных ТВС может существенно превышать усредненную по активной зоне. Это показывают расчеты и теплотехнические измерения на ледоколах. Кроме того, температура пристенного слоя оболочек твэлов также выше средней по ТВС. Эти факторы повышают вероятность выделения газа из теплоносителя.

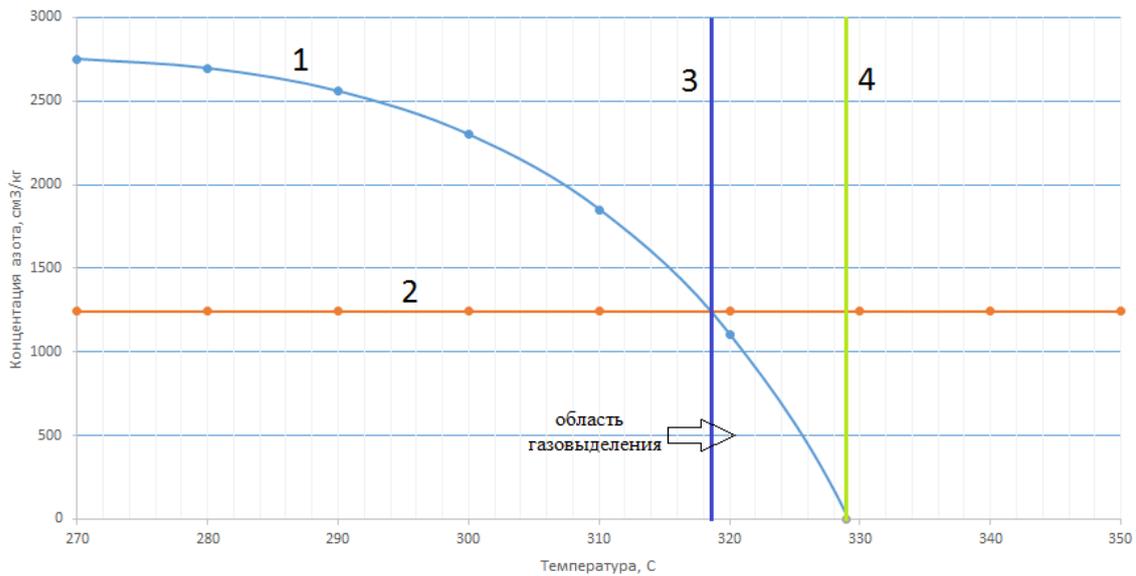


Рис. 3 - График зависимости предельной концентрации азота в теплоносителе 1 контура от температуры; 1 – предельная концентрация азота в активной зоне, 2 – концентрация азота в КД, 3 – температура начала выделения газа, 4 – температура насыщения воды в первом контуре

Растворение газов из парогазовых пузырьков в теплоносителе первого контура вне активной зоны протекает медленно. Расчет кинетики процесса растворения показал, что за время полной рециркуляции теплоносителя в 1 контуре (~20 с) газ в парогазовом пузырьке не успевает полностью раствориться в теплоносителе, и снова поступает на вход в активную зону [7].

Концентрация каждого из неконденсирующихся газов на поверхности парогазового пузырька зависит от температуры теплоносителя и пропорциональна парциальному давлению этого газа в пузырьке. Поскольку парциальное давление неконденсирующихся газов в пузырьке максимально на входе в активную зону, то, именно, на входе в активную зону следует ожидать максимальную концентрацию в нем кислорода (рис. 4).

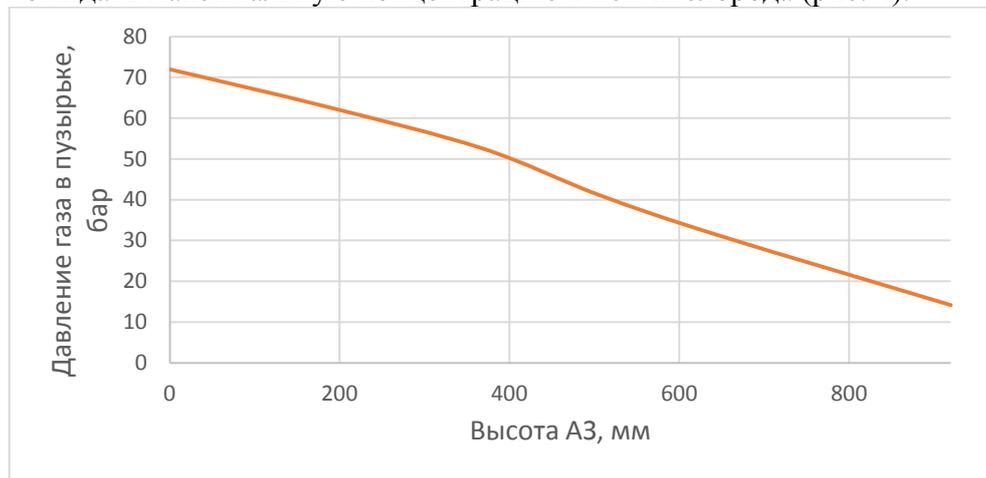


Рис. 4 - Давление газа в пузырьке на поверхности оболочки в зависимости от высоты активной зоны

Таким образом, в контуре циркуляции теплоносителя первого контура при высоком газосодержании и наличии локального подкипания организуется гетерогенная двухфазная система, характеризующаяся наличием парогазовых пузырьков с высоким содержанием кислорода на поверхности пузырька и низким содержанием кислорода в жидкой фазе, вдали от поверхности раздела фаз [7].

Максимальное коррозионное повреждение оболочки из циркониевого сплава Э110 наблюдается в зоне пристенного кипения в воде, недогретой до температуры насыщения [8,9]. Предполагается, что это связано с нарушением пристенного ламинарного слоя и кавитационным разрушением оксидной пленки при схлопывании пузырька пара, микротермопульсацией на греющей поверхности в точках отрыва парогазового пузырька [10].

Заключение

1. Анализ результатов исследований элементов активных зон, отработавших в судовых и исследовательских реакторах, электрообогреваемых стендах, показывает, что одной из причин ограничения их ресурса является коррозионное повреждение оболочек твэлов, работающих с пристенным кипением, в том числе «газовым», в газонасыщенном теплоносителе.

2. При проектировании перспективных активных зон для РУ с газовой системой компенсации, необходимо:

- учитывать газоперенос в оборудовании первого контура, влияющий на гидродинамику, тепловые и коррозионные процессы на оболочках элементов а.з.;
- снижать тепловые нагрузки на элементы а.з. путем увеличения объема активной зоны, увеличения удельного расхода теплоносителя (снижения температурного перепада в а.з.);
- исключить пристенное кипение, в том числе «газовое».

Список литературы

1. *Smirnov A.V. et al.* «WWER-1000 and WWER-440 Fuel operation experience». Int. Top Meeting on Light Water Reactors Fuel Performance, 1994, Palm Beach, P. 31-44.
2. *Gadiyar H.S.* «Corrosion and hidriding of Fuel cladding materials». Vnabha Atomic Reserch Centre, India, Bombay, 1981.
3. *Fizzotti C.*, «Survey of fuel cladding to coolant physicochemical interaction in water-cooled power reactors». Italy San Miniato 1981, IAEA IWGFPT/11, 1981, P. 146-154.
4. Цирконий в атомной промышленности. АИНФ 619, Москва, 1984, Вып. 19.
5. Доклад «Некоторые направления повышения коррозионной стойкости элементов активных зон из сплавов циркония реакторных установок судов и плавучих атомных станций» Полуничева В.И., Голубевой Д.А., представленная на Межотраслевом семинаре для молодых специалистов «50 лет атомному ледокольному флоту России. Опыт создания, эксплуатации и перспективы развития» в Нижегородской области, ДОЛ «Искра», Россия, 21-23 августа 2009 г.
6. *Полуничев В.И., Филимонов А.Ф.* Возможные пути повышения ресурса активных зон с циркониевыми элементами ТВС для перспективных РУ судов и АСММ.
7. Доклад НИЦ «Курчатовский институт». Подкипание теплоносителя первого контура судовых ЯЭУ как фактор интенсификации коррозии циркониевых оболочек твэлов. Межотраслевая научно-техническая конференция «Исследовательскому комплексу ИВВ-2М – 45 лет», 26-27 мая 2011 г. г. Заречный.
8. *Колобнева Л.И.* Структурное состояние и фазовый состав алюминиевых сплавов как основные факторы, определяющие их коррозионную стойкость в водной среде / - С .138-145. Материалы ядерной техники: труды. – М. : ВНИИНМ, 2005 - .т.2 / Научная конференция (1; 22-26 сентября 2002 г.; Агой, Краснодарский край). – 251 С. – Б.ц.
9. *Ватулин А.В.* Результаты разработок по созданию перспективных твэлов для исследовательских реакторов / Стецкий Ю.Ф., Колобнева Л.И., Петров Ю.И., Трифонов Ю.И. Реакторные материаловедение: сборник докладов / 7-я Российская конференция (8-12 сентября 2003 г.; Димитровград). Т. 2, Ч. 2 ТВС, твэлы и циркониевые материалы для ядерных реакторов. – Димитровград: 2004. 198 с.
10. *Бондаренко В.И., Асмолов В.Г., Киров В.С.* Термодинамика и теплообмен в ЯЭУ с газонасыщенным теплоносителем. М. Энергоатомиздат. 1993. – С.124-224

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

05.13.06

Р.Р. Бакиров, И.С. Васильев, А.С. Хисматуллин канд. физ.-мат. наук

Филиал «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Салавате,
кафедра электрооборудования и автоматики промышленных предприятий,
Салават, hism5az@mail.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА ИЗМЕРЕНИЯ
РАСХОДА ЖИДКОГО АММИАКА НА НАЛИВ**

В работе проведен пример модернизации измерения расхода жидкого аммиака на налив железнодорожных цистерн. Проанализировав существующую систему, решено обновить контур регулирования расхода на налив железнодорожных цистерн. Предлагается применение АСУ ТП на базе модульного контроллера противоаварийной защиты, регистрации и управления (ПЛК) FA-M3 фирмы «Yokogawa».

Ключевые слова: контур, контроллер, противоаварийная защита, аммиак, цистерна.

Аммиак – один из важнейших продуктов химической промышленности, на котором полностью базируется производство азотных удобрений и азотных соединений. Наполнение железнодорожных цистерн аммиаком производится на эстакадах. В процессе наполнения жидкий аммиак поступает из производственных изотермических хранилищ по продуктопроводу на двухстороннюю эстакаду, с которой производится подача аммиака в железнодорожные цистерны. Одновременно с этим производится прием из наполняемых цистерн газообразного и излишек жидкого аммиака в обратную линию для обработки и возврата в производственные хранилища.

Основным назначением данной АСУ ТП является:

- контроль процесса налива жидкого аммиака;
- точность учета расхода;
- регистрация истории технологического процесса.

В настоящее время в блоке налива жидкого аммиака используются пневматические средства автоматизации для измерения давления, расхода, температуры [1-4]. Для измерения избыточного давления продукта в трубопроводах и аппаратах используются МС-П2 с аналоговым выходным сигналом от 0,1 до 100 кПа. Изменение расхода производится методом переменного перепада давления. В качестве сужающего устройства используются диафрагмы камерные ДКС-10, в качестве датчика перепада давления - OPTIMASS 1000 с пневматическим выходным сигналом от 6,5 до 170 т/ч.

Проанализировав существующую систему, решено обновить контур регулирования расхода на налив железнодорожных цистерн. Предлагается применение АСУ ТП на базе модульного контроллера противоаварийной защиты, регистрации и управления (ПЛК) FA-M3 фирмы «Yokogawa».

Большое значение имеет выбор и обоснование контролируемых и сигнализируемых параметров и каналов внесения регулирующих воздействий.

Для графического отображения значения расхода на выходе Q и значения задания расхода создадим графические элементы Тренд и Ползунок (рис. 1).

В результате анализа переходного процесса получили, что время регулирования уменьшилось, уменьшилось количество возмущений, вследствие чего система стала более устойчивой.

Жидкий аммиак поступает в изотермическое хранилище, откуда распределяется потребителям, на факел, на производство карбамида, на установки внутри предприятия и др. В данной работе рассматривается эстакада, где аммиак поступает в железнодорожные цистерны.

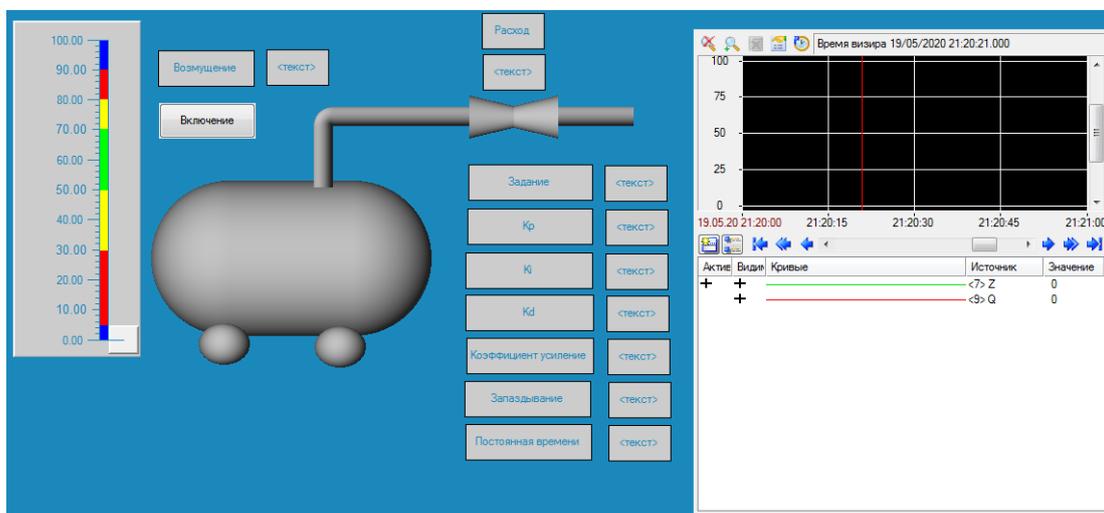


Рис. 1 – Мнемосхема системы автоматического регулирования расхода на налив железнодорожных цистерн

Полученный переходный процесс системы регулирования представлен на рисунке 2.

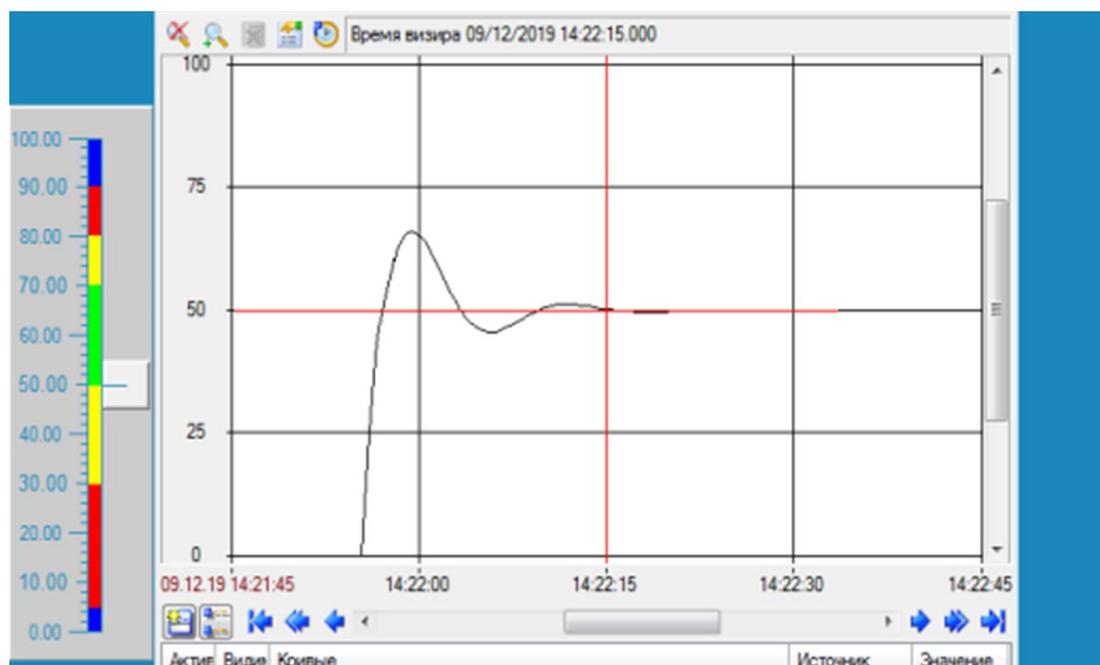


Рис. 2 – Переходный процесс для регулирования расхода

В работе идет регулирование расхода на налив в цистерны, предлагается заменить пневматические приборы КИПиА на электронные средства контроля и автоматики, вторичное оборудование и пневматические регуляторы – на аппаратные средства – контроллеры. Таким образом, улучшается контроль расхода, точность учета данных.

После модернизации повысится качество регулирования и стабильность технологического процесса, снизится доля ручного управления, негативно влияющая на технологический процесс.

Экономическая информация по инвестиционному проекту представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели установки

Показатель	До модернизации	После модернизации
Абсолютные и относительные показатели:		
1 Суточная производительность, т	840	840
2 Дни работы	320	323
3 Мощность установки, т.	268 500	271 320
4 Себестоимость 1 т продукции, руб.	2 957,57	2 949,37
Инвестиционные показатели:		
5 Капитальные затраты, руб.	11452090	
6 Чистый дисконтированный доход NPV, руб.	9 691 446	
7 Внутренняя норма доходности IRR, %	39,34%	
8 Срок окупаемости с начала реализации проекта, лет	2,05	
9 Дисконтированный срок окупаемости с начала реализации проекта, лет	2,71	

Источниками образования экономического эффекта являются:

- повышение быстродействия и надежности работы системы автоматического управления;
- уменьшение количества ненормативных простоев на 3 дня, вследствие чего увеличение годовой мощности установки.

По расчетам можем сделать вывод, что представленный проект модернизации системы автоматического управления будет эффективен и целесообразен [1-10].

Чистый дисконтированный доход составил 9,7 млн. руб, внутренняя норма доходности 39,34 %, проект окупается менее чем за 5 лет. Что свидетельствует об эффективности проекта.

Список литературы

1. Аслаев Р.Р., Хафизов А.М. Новое решение по автоматизации печи первичного риформинга производства аммиака // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля. - 2016. - С. 122-123.
2. Khismatullin A.S. Automated software to determine thermal diffusivity of oilgas mixture // Journal of Physics: Conference Series. 2018. - Т. 1015. - С. 052013.
3. Vildanov R.G., Khismatullin A.S., Luneva N.N. The investigation of magnetization reversal loss sensor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019. - С. 012109.
4. Vildanov R.G., Khismatullin A.S., Luneva N.N. Economic aspects of reactive power compensation at gas-chemical plant // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019. - С. 012108.
5. Khismatullin A.S. Method for increasing oil resources transformers with longterm operation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2018. - С. 022058.
6. Mullakaev M.S. Ultrasonic intensification of the processes of enhanced oil recovery, processing of crude oil and oil sludge, purification of oil-contaminated water. - М.: HELRI, 2018. - 376 p.
7. Хуснутдинова И.Г., Баширов М.Г., Усманов Д.Р., Хуснутдинова Л.Г. Оценка степени поврежденности оболочковых конструкций с использованием электромагнитно-акустического метода контроля //Фундаментальные исследования. 2015. - № 10-3. - С. 538-541.
8. Муллакаев М.С. Ультразвуковая интенсификация добычи и переработки нефти. - М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2014. - 168 с.
9. Турицын И.В., Муллакаев М.С. Россия и современные проблемы нефтяной геополитики Каспия. Современная научная мысль. 2016. - № 6. - С. 220- 226.
10. Муллакаев М.С. Ультразвуковая интенсификация процессов добычи и переработки нефти, очистки нефтезагрязненных вод и переработки нефтешламов. - М.: НИИ ИЭП, 2019. - 412 с.

05.13.06

А.А. Бачурин, Д.В. Лобанов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет,
кафедра микропроцессорных средств автоматизации,
Пермь, a.bachurin@pstu.ru, lobanov_dv85@mail.ru

К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕРМИНА «ПРОЦЕНТ ГОРЕНИЯ» В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В статье рассмотрены недостатки существующего способа расчета «процента горения» и неактуальность термина в существующем виде. Предложены варианты альтернативных способов оценки состояния осветительной сети и новые параметры заменяющие «процент горения».

Ключевые слова: *качество, наружное освещение, светильник, обслуживание, небаланс нагрузки, небаланс освещенности, матрица небаланса.*

В настоящее время контроль качества обслуживания сетей наружного освещения заключается в контроле процента горения P , рассчитываемого (1):

$$P = \frac{N_{\Gamma}}{N_o} \times 100\% \quad (1)$$

где N_{Γ} - количество горящих светильников; N_o - общее количество светильников. Подсчет не горящих светильников осуществляется визуально с помощью ежемесячного объезда части сетей наружного освещения (не менее 25%) комиссией (как правило, из трех человек). Обслуживание считается качественным, если процент горения улиц категорий А и Б [3, табл. 7.9] составляет не менее 97%, а в остальных установках наружного освещения (НО) - не менее 95% [4, п.п.4.97-4.98].

При суммарной протяженности сетей наружного освещения около 400 км, объезд 25% сетей в вечернее время займет не менее 4 часов, при этом необходимо обеспечить контроль горения сетей (не менее 20%) и в ночное время, что займет не менее 2 часов. При таком способе контроля все сети наружного освещения будут контролироваться с периодичностью 1 раз в 4 месяца, при условии добросовестного выполнения процедур контроля. Кроме этого, обслуживающая организация обеспечивает ежедневный визуальный мониторинг сетей освещения при их объездах дежурной бригадой (три специалиста) по пяти типовым маршрутам (которые в сумме не охватывают 100% сетей освещения, так как игнорируются второстепенные проезды и улицы). При таком мониторинге можно условно считать, что все сети наружного освещения будут осматриваться с периодичностью 3 раза в месяц.

Данные методика и периодичности удовлетворяли критериям качества при обслуживании сетей НО с техническим уровнем 20-го века, но при использовании в освещении современных технологий, они не отвечают требованиям, предъявляемым к контролю и мониторингу.

Современные осветительные сети («цифровые» сети) характеризуются высоким уровнем автоматизации:

1. Адресное управление светильниками (включение, отключение и диммирование);
2. Адресная диагностика светильников (от простого уровня есть/нет связь, до уровня мониторинга потребляемого тока и питающего напряжения);
3. Адресное управление питанием участков сети НО (по-фазная и по-фидерная коммутация питания и соответствующий мониторинг токов и напряжений);

4. Работа различных участков сети НО с различными графиками, предусматривающими различные величины светового потока в различные промежутки времени;

5. Наличие датчиков освещенности для точного определения времени включения и отключения НО;

6. Наличие датчиков трафика для точного определения требуемой величины светового потока на различных участках сети НО;

7. Работа питающей сети НО в течение 24 часов в сутки (включение освещения производится непосредственно в светильнике);

8. Наличие автоматизированной системы управления (АСУ) сетью НО верхнего уровня, обеспечивающей постоянный мониторинг параметров сети 24/7, выявляющей «простые» нарушения он-лайн и выявляющей более сложные аномалии при анализе архивной информации о параметрах сети НО;

9. Наличие инструментальных средств для автоматического контроля качества освещения дорожного полотна (мобильные комплексы для измерения яркости и освещенности «в движении») [5].

Используемая устаревшая методика не позволяет контролировать:

- Процент горения НО на коротких временных отрезках (например, при несвоевременном включении процент горения кратковременно составляет 0%);

- Величину светового потока осветительных установок (или величину освещенности дорожного полотна) в случае работы установок в не номинальном режиме или режиме с диммированием (при деградации лампы световой поток может снизиться на 20%, при этом на проценте горения это никак не отразится; в светодиодной матрице может отказать часть диодов; действующий режим диммирования может не соответствовать текущей команде АСУ);

- Работоспособность установок НО в дневное время для их превентивного обслуживания;

- Наличие «плавающих» неисправностей в светильниках (мигает, включается с задержкой);

- Наличие не видимых визуально неисправностей в светильниках (перегрев, короткое замыкание).

Современная экономика требует снижать эксплуатационные затраты, с другой стороны идет неизбежный рост сетей НО, а растущая интенсивность дорожного движения требует сокращения времени восстановления после отказа и времени устранения отказа. Указанные современные средства автоматизации позволяют удовлетворить данные требования и решить не решаемые старой методикой проблемы.

Решение поставленной задачи невозможно с помощью параметра «процент горения», не отражающего всего спектра несоответствий нормативам и оперативным заданиям. Для этого необходимо использовать новые параметры: небаланс нагрузки по полной мощности, небаланс средней горизонтальной освещенности. Небаланс вычисляется как разность между нормативным и фактическим значениями параметра для конкретного объекта (светильника). Так как данные параметры должны изменяться в различных частях сети НО в разное время, то необходимо введение таких параметров как: матрица небаланса нагрузки и матрица небаланса освещенности имеющих несколько различных значений за сутки. Один элемент матрицы характеризует значение небаланса параметра в конкретной точке (светильнике) в один промежуток времени (например, 30 минутный интервал). На основании интегральных показаний этих матриц за контролируемый период (сутки, месяц) можно определить насколько процентов работа осветительной сети совокупно с системой управления не соответствовала нормативам и оперативным заданиям.

Использование средств мониторинга токов и напряжений (на фидерах и светильниках), ведение автоматизированного учета нормативных значений и использование средств диагностики состояния светильников и питающих фидеров, использование инструментальных средств для автоматического контроля качества освещения дорожного полотна, позволяют обеспечить 100% диагностику сети НО в течение 5 минут в любое время

суток. При этом исключается работа диспетчера по контролю за оперативной бригадой, работа оперативной бригады по объезду сетей НО с целью мониторинга, работа комиссии по объезду сетей НО с целью контроля. Вся работа производится автоматизированной системой в автоматическом режиме.

Исследования поддержаны образовательным и исследовательским грантом 573879-EPP-1-2016-1-FR-EPPKA2-SBHE-JP европейской программы Erasmus+ (проект INSPIRE).

Список литературы

1. ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы.
2. ГОСТ Р 50597-2017 Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля.
3. Свод правил СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
4. Указания по эксплуатации установок наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов. Приказ Минжилкомхоза РСФСР от 12.05.1998 №120.
5. Мониторинг качества работы наружного освещения с использованием технологий интернета вещей / А. А. Бачурин, С. А. Игольницин, Н. Джамоус, Ю. Н. Леготкин // XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018) 25 мая 2018 г. С.-Петербург. гос. электротехн. ун-т ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина) - Санкт-Петербург : СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2018. - Т. 2. Секция 5. С. 131-134.

05.13.06

А.И. Горькавый канд. техн. наук, М.А. Горькавый канд. техн. наук, М.А. Мельниченко

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
факультет энергетики и управления,
кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»,
Комсомольск-на-Амуре, eraru@knastu.ru

КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ МОДУЛЕМ С ОПТИМАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

В работе предложен подход к повышению точности системы управления положением, синтезированной на принципах детерминированного оптимального управления, который для одномерного объекта формализован в процедуру синтеза оптимально-модального ПИ-регулятора с многократным интегрированием. Это обеспечивает высокую точность системы в условиях действия нагрузок различной конфигурации. Рассматриваемое направление входит в перечень критических технологий Российской Федерации - «Базовые технологии силовой электротехники», а также является приоритетным в развитии науки, технологий и техники – «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика».

Ключевые слова: оптимальное управление, модальное управление, система электропривода, точность, функционал качества, мехатронный модуль.

Развитие робототехники как одного из основных элементов автоматизации и совершенствования производственных процессов во многом определяется эффективностью функционирования таких элементов робототехнических систем, как мехатронные модули. Их быстродействие и точность в условиях изменения параметров и нагрузок в процессе движения манипуляционных механизмов формируют показатели эффективности робототехнических комплексов. В условиях действия неконтролируемых нагрузок различной конфигурации (вплоть до параболических) на отдельные мехатронные модули, в том числе позиционеры, возникают проблемы поддержания точности [1].

Решение задачи детерминированного оптимального управления (далее оптимального управления) открывает широкие возможности при построении систем с различными динамическими характеристиками [2, 3]. Тем более что при оптимальном управлении может регулироваться (или подбираться) компромисс между энергетическими затратами и скоростью перехода системы в новое состояние. Попытки в системах, синтезированных по оптимальному принципу, исключить установившиеся ошибки от действия возмущений даже простейших конфигураций приводят к расширению системы за счет дополнительных интеграторов, как показано в [3], что в конечном счете приводит к значительному ухудшению предварительно запланированных реакций на задающие воздействия. Представляет интерес оценить возможности предложенных в работе процедур для построения оптимальных регуляторов с включением в них блока интеграторов, формируемых по модальному принципу, а фактически произвести построение оптимально-модального ПИ-регулятора, включение которого в уже рассчитанную оптимальную систему позволит сохранить в ней оптимальную реакцию на задающее воздействие и исключить установившиеся ошибки от действия возмущений различной конфигурации. Как и в работе [4] процедуры расчета системы рассматриваются для одномерного объекта.

Пусть задан одномерный объект, описываемый общепринятыми уравнениями состояния [5]:

$$\begin{aligned} \dot{x}_0(t) &= A_0 x_0(t) + B_{u0} x_{вх0}(t) + B_{m0} m_c(t); \\ y_0(t) &= C_0 x_0(t), \end{aligned} \quad (1)$$

где $x_0(t)$ – вектор состояния размерности n ; $x_{вх0}(t)$ – вектор входа объекта размерности 1; $m_c(t)$ – вектор возмущений размерности 1; $y_0(t)$ – вектор выхода размерности 1.

В соответствии с принципами оптимального управления, подробно изложенными в работах [2, 3], формируется квадратичный функционал качества

$$J = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\infty} (x_0^T(t)Qx_0(t) + u_0^T(t)Ru_0(t)) dt, \quad (2)$$

и путём варьирования весовых коэффициентов матриц Q и R добиваются наилучшего соотношения энергетических затрат и скорости перехода в новое состояние, а фактически формируется оптимальный закон управления:

$$u_0(t) = -F_0x_0(t). \quad (3)$$

В результате система будет иметь оптимальную (желаемую) переходную характеристику по задающему воздействию, но реакция на возмущающее воздействие будет неудовлетворительной из-за наличия установившейся ошибки [5].

Уравнения состояния системы с оптимальным регулятором имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{x}_0(t) &= (A_0 - B_{u0}F_0)x_0(t) + B_{u0}x_{вх0}(t) + B_{m0}m_c(t); \\ y_0(t) &= C_0x_0(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Характеристическое уравнение системы будет иметь вид:

$$\det[pI - (A_0 - B_{u0}F_0)] = 0. \quad (5)$$

Требуется сформировать и рассчитать для данного объекта (1) оптимально-модальный ПИ-регулятор с m -кратным интегрированием ($m \leq n$) так, чтобы исключить установившиеся ошибки от действия возмущений различной конфигурации и сохранить в синтезируемой системе размерности $n + m$ желаемую переходную характеристику по задающему воздействию, соответствующую системе n -го порядка с оптимальным регулятором (4). Фактически необходимо синтезировать систему, описываемую уравнениями:

$$\begin{aligned} \dot{x}_c(t) &= A_cx_c(t) + B_{uc}x_{вх.c}(t) + B_{mc}m_c(t); \\ y_c(t) &= C_cx_c(t), \end{aligned} \quad (6)$$

и, обладающую перечисленными свойствами. Выходная переменная системы совпадает с выходной переменной объекта $y_c(t) = y_0(t)$.

В соответствии с поставленной задачей оптимально-модальный регулятор будет иметь вид (рис. 1).

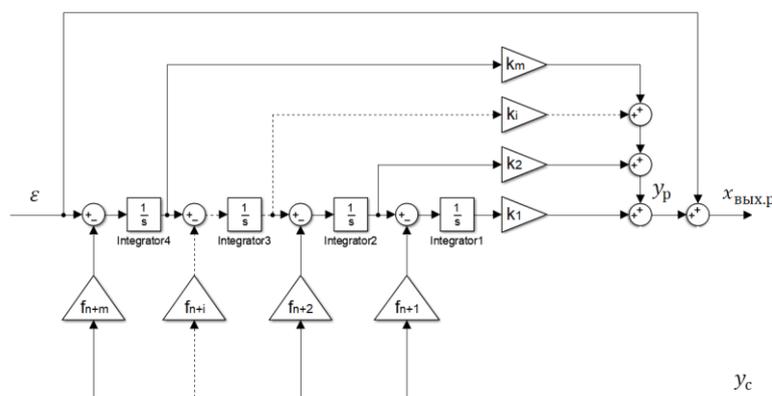


Рис. 1 – ПИ-регулятор с многократным интегрированием

Передаточная функция предложенной структуры

$$\frac{x_{\text{ВЫХ.Р}}(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{p^m + k_m p^{m-1} + \dots + k_2 p + k_1}{p^m} \quad (7)$$

включает в себя m интеграторов, тем самым расширяя систему до размерности $n + m$. За счёт выбора коэффициентов полинома числителя k_1, k_2, \dots, k_m можно получить желаемые m нулей, компенсирующих дополнительные m полюсов передаточной функции синтезируемой системы. Для формирования свободного выбора значений всех $n + m$ корней характеристического уравнения синтезируемой системы введены m коэффициентов в обратные связи с выхода системы $y_c(t)$ на входы интеграторов.

Приведённые рассуждения и их анализ позволяет сформировать векторно-матричную структурную схему синтезируемой системы с оптимально-модальным ПИ-регулятором (рис. 2).

По векторно-матричному описанию (6) с учётом размерности и значений матриц и векторов (8) составляется детализированная структурная схема синтезируемой системы с оптимально-модальным ПИ-регулятором.

Пусть для одномерного объекта n -го порядка (1) получена детализированная схема и определены в общем виде все вектора и матрицы с учётом m -кратного интегрирования ошибки $\varepsilon(t)$ (8). В численном виде остаются неопределёнными: матрица строка коэффициентов $F_{0c} = [f_1, f_2 \dots f_n]$, матрица столбец $F_p^T = [f_{n+1} \dots f_{n+m}]$ и коэффициенты прямых связей в динамической части регулятора, объединенные матрицей $C_p = [k_1, k_2 \dots k_m]$. Для их определения характеристическое уравнение системы с оптимально-модальным ПИ-регулятором формируем в виде сочетаний модальной и оптимальной компоненты, которое приобретает статус желаемой условной стандартной

формы при дальнейшем проектировании системы на принципах модального управления:

$$(p + \omega_{op})^m \det(pI - (A_0 - B_{u0}F_0)) = 0. \quad (9)$$

Числитель передаточной функции (9) динамической части регулятора (см. рис. 1) компенсирует m полюсов, если его рассчитать в соответствии с равенством:

$$p^m + k_m p^{m-1} + k_{m-1} p^{m-2} \dots k_2 p + k_1 = (p + \omega_{op})^m. \quad (10)$$

Приравняв характеристическое уравнение синтезируемой системы к сформированной условной стандартной форме:

$$\det(pI - A_c) = (p + \omega_{op})^m (pI - (A_0 - B_{u0}F_0)), \quad (11)$$

определяем все коэффициенты обратных связей $f_1, f_2 \dots f_n, f_{n+1}, \dots, f_{n+m}$, входящие в матрицы коэффициентов F_{0c} и F_p .

Предложенная в работе процедура рассмотрена на примере силовой части мехатронного модуля, представленного как объект четвёртого порядка ($n = 4$) на рис. 3.

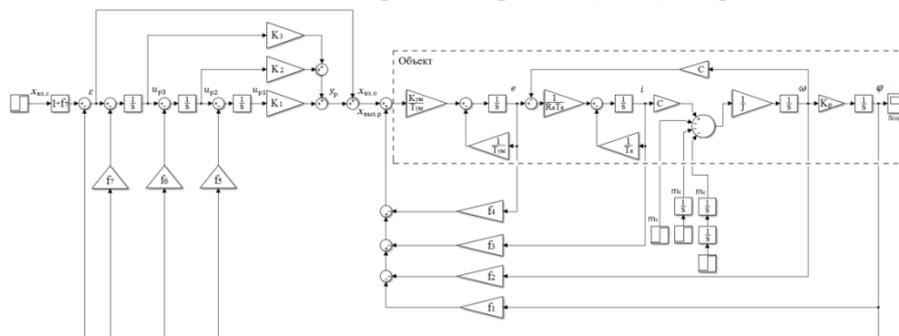


Рис. 3 – Структурированная модель системы электропривода с оптимально-модальным ПИ-регулятором

В соответствии с выражениями (1 – 6) определяем матрицу коэффициентов оптимального регулятора для объекта четвертого порядка $F_0 = [f_{10}, f_{20}, f_{30}, f_{40}]$ и характеристическое уравнение синтезированной оптимальной системы четвертого порядка (5).

Поскольку в примере рассматриваются конфигурации возмущений вплоть до параболической, то формируем регулятор с тремя интеграторами ($m = 3$). Тогда в соответствии с условной стандартной формой (11) определяются все коэффициенты матриц F_{0c} и F_p . На рисунке 3 представлена структурная схема синтезированной системы седьмого порядка.

График переходного процесса оптимальной системы четвертого порядка с оптимальным регулятором $F_0 = [f_{10}, f_{20}, f_{30}, f_{40}]$ по задающему и возмущающему воздействиям имеет вид (рис. 4, а). Детерминант характеристической матрицы оптимальной системы (5) полностью определяет вид переходного процесса, который необходимо сохранить после включения блока интеграторов. Реакции системы с оптимально-модальным ПИ-регулятором (см. рис. 4, б) на задающий ступенчатый сигнал с последующими воздействиями возмущений в следующем порядке: 1 – ступенчатое, 2 – линейно-нарастающее, 3 – параболическое соответствуют заявленным требованиям по устранению установившихся ошибок.

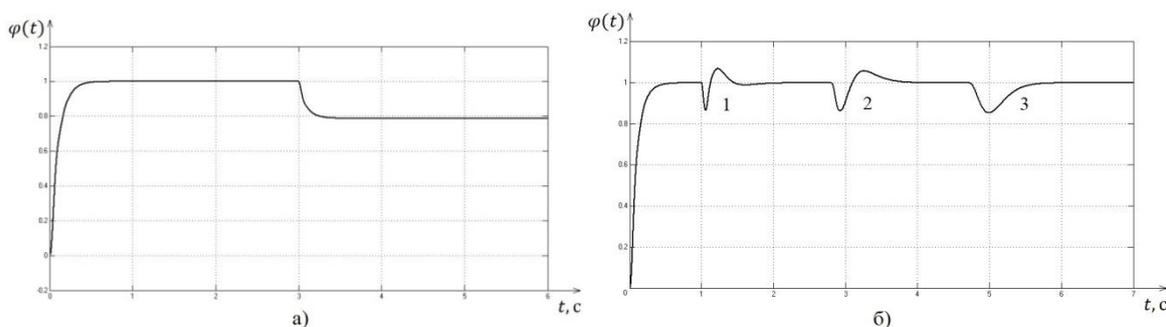


Рис. 4 – Реакция системы на задающее и возмущающие воздействия:

а – с оптимальным регулятором для объекта 4-го порядка;

б – с оптимально-модальным ПИ-регулятором для расширенного объекта

Реакция системы на задающее воздействие полностью соответствует настройке системы (4) с оптимальным регулятором (рис. 4, а).

Таким образом, в работе предложен один из возможных практических вариантов расширения применимости методов оптимального управления при разработке электротехнических комплексов и систем сложного технологического оборудования с учётом реальных условий их функционирования.

Список литературы

1. Efimov A.Y., Gorkavyu M.A., Gorkavyu A.I., Solovev D.B. Improving the efficiency of automated precision robotics-enabled positioning and welding. - International Science and Technology Conference "EastConf", 2019.
2. Рачков М.Ю., Оптимальное управление в технических системах. – М. : Юрайт, 2019.
3. Квакернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. – М. : Мир, 1977.
4. Melnichenko M.A., Gorkavyu A.I., Gorkavyu M.A. Synthesis of Modal PI-Regulator with multiple integration. - International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2019.
5. Кузовков Н.Т., Модальное управление и наблюдающие устройства – М. : Машиностроение, 1976.

05.13.06

¹Б.М. Грицун, ²С.И. Ефремкин, ¹А.В. Савчиц канд. техн. наук

¹Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,
кафедра «Автоматика, электроника и вычислительная техника»,
Вложский, borismobileaxe@mail.ru,

²Волгоградский государственный технический университет,
кафедра «Технология и оборудование машиностроительных производств»,
Волгоград

БИОРЕАКТОР С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

В рамках данной статьи рассматривается одно из решений вопроса создания биореактора для культивирования микроводорослей, который был реализован в лабораторных условиях. Биореактор имеет централизованную автоматизированную систему управления, основой которой является миникомпьютер Raspberry Pi.

Ключевые слова: *биореактор, хлорелла, автоматизированная система управления, Raspberry Pi, SimInTech.*

Введение

Современная химическая промышленность является неотъемлемой частью жизни человечества. Продукты производства химической промышленности применяются повсеместно. Примером служит сельское хозяйство. В животноводстве применяются химические стимуляторы и добавки в корма. Однако влияние продуктов химической промышленности разнятся. В случаях негативного или неизвестного влияния на человека и окружающую среду производится поиск более безопасных решений с той же или большей выгодой. Одним из рассматриваемых решений являются биотехнологии, в частности культивирование микроводорослей. Микроводоросли имеют ряд положительных качеств, связанных с их растительным происхождением. В животноводстве, замена химических добавок в корма способствует укреплению естественного иммунитета животных, сокращению падежа, увеличению плодовитости и увеличению средних привесов животных. Существуют и другие сферы применения микроводорослей. Их можно использовать в качестве ресурса для биотоплива, средства для очистки водоемов и сточных вод, медицины и т.д.. [1,2,3,4,5]

Для выращивания данной микроводоросли необходимы свет и вода. Однако для максимально эффективного выращивания необходимо учитывать и другие условия, такие как температура, рН среды, насыщенность углекислым газом (СО₂) среды и химический состав воды. Для поддержания необходимых условий культивирования микроорганизмов создаются биореакторы. [6]

Биореактор это сложный объект управления. Исследования в этой области проводятся уже не первый год, что подтверждает актуальность данной тематики. Культивирование микроводорослей для разных целей не всегда нуждается в одинаковых условиях, но и не исключается использование одной системы для решения двух и более целей.

Конструкция биореактора

Анализ научно-технической литературы и патентов выявил основные проблемы создания биореакторов для выращивания водорослей:

1. Конструкция. Создать действительно эффективную конструкцию очень сложно. Для разных масштабов производства конструкция будет значительно отличаться, и чем она больше, тем она сложнее. Необходимо учитывать такие вещи как возможность равномерного распределения света, тепла, воздуха, углекислого газа, перемешивания биоматериала и т.д..

Так же стоит учитывать из каких материалов будет создан биореактор, это будет напрямую влиять на его стоимость, прочность и долговечность.[7,8,9,10,11,12,13,14]

2. Автоматизация системы. Это тоже очень сложный вопрос. Автоматизированная система управления должна получать данные об условиях в биореакторе, анализировать эти данные и выдавать регулирующие воздействия для поддержания условий. Самые простые биореакторы создаются на системе локальных регуляторов, однако такая система не является эффективной, т.к. в основном регулируется только температура среды. Создание более сложной системы, в которой будет реализовано централизованное управление, может потребовать значительных денежных вложений. Масштаб производства так же усугубляет ситуацию. Чем больше система, тем сложнее обеспечить оптимальные условия во всем биореакторе.[15,16,17,18,19,20]

На основе проанализированной информации было принято решение о создании своего биореактора с автоматизированной системой управления. Структурная схема изображена на рис. 1.

Основным элементом является герметичная непрозрачная емкость 1, которая позволит существенно ограничить влияние внешней среды на среду выращивания микроводоросли.

Процесс начинается с залива в емкость 1 воды. Воду в емкости необходимо нагреть до оптимальной для роста микроводоросли температуры. Вода в емкости 1 нагревается при помощи змеевика 4, в котором течет греющая вода. Циркуляцию воды в змеевике обеспечивает насос. Греющая вода циркулирует по змеевику при помощи насоса 3. Греющая вода нагревается при помощи нагревательного элемента 2.

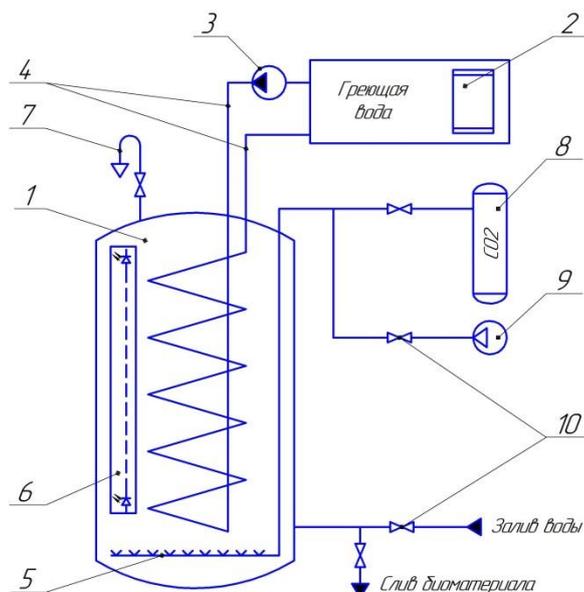


Рис.1 – Структурная схема биореактора, где 1 – биореактор, 2 – нагреватель, 3 – насос, 4 – змеевик, 5 – аэратор, 6 – светодиодные ленты, 7 – система сброса давления, 8 – баллон с углекислым газом, 9 – компрессор, 10 - клапаны

Таким образом, получив в емкости 1 необходимую температуру, вводится штамм микроводоросли, получая среду для выращивания. После этого система разогрева воды в емкости 1 используется для поддержания температуры среды для выращивания.

Для выращивания микроводоросли среду в емкости 1 обогащают посредством аэрации и ежедневной подачи питательных веществ. Аэратор 5 служит для равномерного распределения газов по всему объему жидкости. На него подается углекислый газ из баллона 8 и воздух при помощи компрессора 9. Так как система закрытого типа, постоянная подача воздуха нагнетает внутри установки давление. Для сброса избыточного давления предусмотрена система сброса давления 7.

Так же для выращивания хлореллы имеет огромное значение освещение. Освещение осуществляется при помощи светодиодных лент 6.

В процессе управления подачей и сбросом задействованы пять клапанов (позиция 10).

Процесс выращивания занимает несколько дней. По достижению необходимого размера колонии водорослей, биоматериал выкачивают из емкости, после чего процесс можно повторять неоднократно.

Система автоматизированного управления биореактора

В данном проекте используется централизованная система управления, которая дает возможность поддерживать все необходимые технологические параметры (условия культивирования) и будет связывать их друг с другом, что сделает регулирование быстрее и качественнее, чем в системе на обособленных регуляторах.

В качестве ядра такой системы применяется технология одноплатного мини-компьютера Raspberry Pi 3 model B+. Структурная схема системы автоматизации изображена на рис. 2.

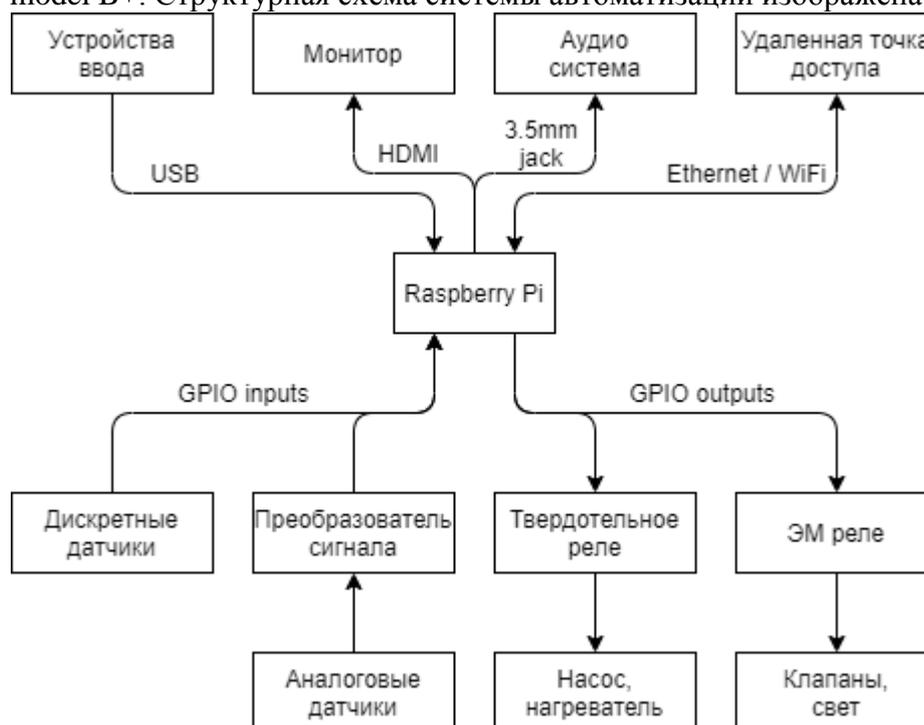


Рис.2– Структурная схема системы автоматизированного управления

Данное решение обосновано несколькими факторами:

1) Стоимость – цены на современные программируемые логические контроллеры (ПЛК) и программируемые контроллеры автоматизации (ПКА) являются весомым фактором. Задачи малых систем автоматизации подразумевают недорогих решений, которые позволят реализовать необходимый потенциал, а в случае с промышленными контроллерами цена возрастает в несколько раз по сравнению с Raspberry Pi.

2) Функционал – платформа Raspberry Pi больше похожа на персональные компьютеры. Она работает на операционной системе (ОС) Raspbian основанной на ОС Linux. Характеристики Raspberry Pi, превосходящие большинство ПЛК и ПКА, так же обусловлены схожестью с компьютерами. На борту присутствуют порты для подключения внешней периферии, такой как монитор, мышь, клавиатура и прочее. Однако на этой платформе так же присутствует 40 пиновый интерфейс ввода/вывода GPIO, который позволяет обмениваться Raspberry Pi данными с подключенными датчиками и выдавать управляющие сигналы, что позволяет использовать данную платформу для малых систем автоматизации.

3) Внедрение «Интернета вещей» – платформа Raspberry Pi идеально подходит для реализации данной концепции. С её помощью возможна полная реализация автоматизированной системы, что позволит максимально эффективно управлять ходом процесса и минимизировать влияние человека на него. Так же эта платформа позволит реализовать удалённый мониторинг за системой и управление (при необходимости).

4) Взаимодействие с SimInTech – для получения оптимальной системы управления необходимы математические расчёты. Для подобных расчетов используются среды математического моделирования. SimInTech как и многие другие позволяет протестировать математические модели процессов, для определения самой оптимальной модели. Однако SimInTech предоставляет возможность напрямую взаимодействовать с платформой Raspberry Pi. Происходит это посредством управлением Raspberry Pi в режиме удаленного терминала подключённого к компьютеру и последующего привязывания исполнительной среды реального времени NordWind, которая необходима для использования алгоритмов на Raspberry Pi, выступающей в роли контроллера.[21] Подобная связка дает возможность в режиме реального времени определять оптимальную модель регулирования процессом, что делает процесс более адаптивным на стадии разработки и последующей модернизации.

Всё остальное оборудование автоматизации подобранно из соображений цены, качества и выдаваемого/получаемого сигнала.

Заключение

В рамках данной статьи была обоснована актуальность культивирования микроводоросли *Chlorella* и создания биореактора для ее выращивания, приведена структурная схема предлагаемого биореактора, Приведено решение проблемы автоматизированной системы управления. По итогам работы можно сделать вывод о необходимости дальнейшего развития данной темы, для получения апробированных результатов внедрения технологии предложенной в рамках данной статьи.

Список литературы

1. *Yusoff F.M.* Bioreactor for Microalgal Cultivation Systems: Strategy and Development. In: Rastegari A., Yadav A., Gupta A. (eds) Prospects of Renewable Bioprocessing in Future Energy Systems // Biofuel and Biorefinery Technologies – 2019. Vol. 10. Springer, Cham. Print ISBN 978-3-030-14462-3. Online ISBN 978-3-030-14463-0.
2. *Buzalo N., Ermachenko P.* Shape Optimisation of Architectural Shell with Algae Photoreactors // 2015 IEEE 11th International Conference on e-Science, Munich, 2015, pp. 304-307. DOI: 10.1109/eScience.2015.83.
3. *Kim J.* Removal of ammonia from wastewater effluent by *Chlorella vulgaris* // Tsinghua Science and Technology – Aug. 2010. vol. 15, № 4. P. 391-396. doi: 10.1016/S1007-0214(10)70078-X.
4. *Иванов Г.Ю., Мирзоян А.В.* Установка для культивирования микроводорослей // Патент РФ № 2477040. URL: findpatent.ru/patent/247/2477040.html (дата обращения 20.05.2020).
5. *Усачев Д.С., Лукьянов В.А.* Установка для выращивания микроводорослей // Патент РФ № 125999. URL: poleznayamodel.ru/model/12/125999.html (дата обращения 20.05.2020).
6. *Ефремкин С.И., Грищун Б.М., Савчиц А.В.* Моделирование системы регулирования температуры в биореакторе для выращивания микроводоросли *Chlorella* // Инженерный вестник Дона – 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5426 (дата обращения 20.05.2020)
7. *Subhadra B.* Method and Unit for Large-Scale Algal Biomass Production // Патент US № 20110258915A1. URL: patents.google.com/patent/US20110258915A1/en (дата обращения 20.05.2020).
8. *Posten C.* Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae // Engineering in Life Sciences – 2009. Vol. 9. P. 165 - 177. DOI: 10.1002/elsc.200900003.
9. *Khoobkar Z.* Performance Assessment of a Novel Pyramid Photo-Bioreactor for Cultivation of Microalgae using External and Internal Light Sources. Food Technology and Biotechnology // Food Technology and Biotechnology – March 2019. Vol. 203. P. 357-363. DOI: 10.17113/ftb.57.01.19.5702.
10. *Peciar M.* Photo-bioreactor for the Biomass Production // Proceedings of the 39th international conference of Slovak society of chemical engineering – May 2012. P. 116-121. ISBN:978-80-89475-04-9, EAN:9788089475049.

11. *Lomba V, Von Lieres E., Huber G.* Computational analysis of hydrodynamics and light distribution in algal photo-bioreactors // Comsol conference 2016 Munich.
12. *Gritter L. T.* Multiphysics Analysis of a Photobioreactor // Comsol conference 2016 Boston.
13. *Ramirez N. V., Raymundo L. M., Trierweiler J. O.* Design of a Cylindrical Photobioreactor with Central Orifice for the Production of Microalgae // 2014 COMSOL Conference in Curitiba.
14. *Bocsi R.* Processing residuals from microalga technology // 2013 4th International Youth Conference on Energy (IYCE) – 2013. P. 1-5. doi: 10.1109/IYCE.2013.6604168.
15. *Csögör Z.* (1999). Design of a photo-bioreactor for modeling purposes // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification – Vol. 38. P. 517-523. DOI:10.1016/S0255-2701(99)00048-3.
16. *Du J.* The Cultivation of Mixed Microalgae and CO2 Fixation in a Photo-Bioreactor // 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, (iCBBE) – 2010. P. 1 - 4. DOI:10.1109/ICBBE.2010.5514660.
17. *Abu-Ghosh S.* Flashing light in microalgae biotechnology // Bioresource Technology – 2016. Vol. 203. P. 357-363. ISSN 0960-8524.
18. *Becerra-Celis G.* Nonlinear predictive control for continuous microalgae cultivation process in a photobioreactor // 2008 10th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Hanoi – 2008. P. 1373-1378. DOI: 10.1109/ICARCV.2008.479572.
19. *Titica M.* Simultaneous control of pH and dissolved oxygen in closed photobioreactor // 2018 22nd International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC) – Sinaia. 2018. P. 372-378. DOI: 10.1109/ICSTCC.2018.8540689.
20. *Becerra-Celis G.* Control strategy for continuous microalgae cultivation process in a photobioreactor // 2008 IEEE International Conference on Control Applications – San Antonio. 2008. P. 684-689. DOI: 10.1109/CCA.2008.4629634.
21. Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: help.simintech.ru. (дата обращения 20.05.2020).

05.13.06

**А.А. Ильинцева, М.А. Чесноков, С.В. Данилова канд. экон. наук,
Е.В. Беляев д-р техн. наук**

Ивановский государственный университет,
экономический факультет,
кафедра информационных технологий в экономике и организации производства,
Иваново, kolobo4ek_love_you@mail.ru, chesnokov96@yandex.ru, swdaniлова@mail.ru,
belyaev.ewg@yandex.ru

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЦИИ СЭД И WMS СИСТЕМ

В статье рассмотрены результаты систематизации бизнес-процессов с помощью интеграции WMS и СЭД. Представлены проблемные бизнес-процессы производственного склада. Выявлены основные преимущества систематизации бизнес-процессов складского учета с использованием современных информационных систем. Определены, какие массовые трудоемкие рутинные операции предприятия можно систематизировать.

Ключевые слова: информационные системы, бизнес-процессы, систематизация, интеграционные решения, система электронного документооборота, система управления складом.

Информационные системы обеспечивают повышение эффективности бизнес-процессов, которые имеют отношение к способам организации координированной работы предприятия и направлены на получение максимально «ценного» продукта и услуги [1].

Множество разработчиков в разное время и на разных платформах смогли создать свои собственные системные решения, что привело к использованию организациями целого набора разрозненных систем. Как следствие, возникли проблемы в согласованности работы используемых систем. Для правильного взаимодействия всего информационного программного обеспечения существуют специальные интеграционные решения [2, с. 12].

Проблемы интеграции не ограничиваются только программным обеспечением, они охватывают всю ИТ - инфраструктуру предприятия, которая должна обеспечить возможность интеграции не только программным компонентам КИС, но её пользователям, информации и обслуживаемым ею бизнес-процессам без потери гибкости и масштабируемости. В настоящее время для интеграционных решений в основном используются такие системы корпоративного класса такие как ERP, CRM, СЭД, BI и WMS.

Производственная организация обладает множеством информационных систем разного рода или имеет только ERP-систему. Эти системы выполняют всевозможные функции и работают на различных организационных уровнях, обслуживая отдельные бизнес-процессы.

Рассматривая систематизацию бизнес-процессов производственного предприятия, имеющего складской комплекс, стоит обратить внимание на взаимодействие таких систем как WMS и СЭД., которые позволяют эффективно выстроить всю цепочку логистических бизнес-процессов.

Как правило для большинства производственных складских комплексов характерны следующие проблемы:

1. Отсутствие электронного документооборота. Обычно в организации часть документов находятся в электронном виде, а часть в бумажном виде. Из-за этого происходит «путаница» в документах, невозможно отследить контроль исполнения документов.

2. Низкая скорость прохождения и обеспечения контроля исполнения документов. Например, обычной ситуацией является, когда склад передает в бухгалтерию документы, но каких-либо подписей или данных не хватает. Тогда бухгалтеру приходится заново

оформлять документы и отправлять заведующему склада. И это может продолжаться бесконечно и на это тратится огромное количество времени.

3. Низкое качество хранения документов, реализуемых в организации. Поскольку большинство документации представляется в бумажном виде, то документы при передаче из одного подразделения в другое могут быть испорчены или потеряны.

4. Путаница в управлении приемкой, комплектацией, отгрузкой и прочими основными складскими операциями. В основном здесь присутствуют такие проблемы как повреждение груза, неправильное хранение и эксплуатация, неправильный учет наличия и остатков на складе, ошибки при комплектации заказов и т.д.

5. Неэффективное использование складских площадей. Так как все товары находятся «вразброс» на складе, то очень сложно быстро найти товар, оценить остатки, собрать заказ в минимальные сроки и т.д. Неиспользуемые площади можно направить на развитие предприятия, тем самым организация могла бы получить дополнительный доход.

Система управления складом (WMS) и система электронного документооборота (СЭД) дают ключ к решению перечисленных проблем. При взаимодействии этих двух систем, бизнес-процессы приобретают структурированность и обобщенный вид, представленный на рис. 1.

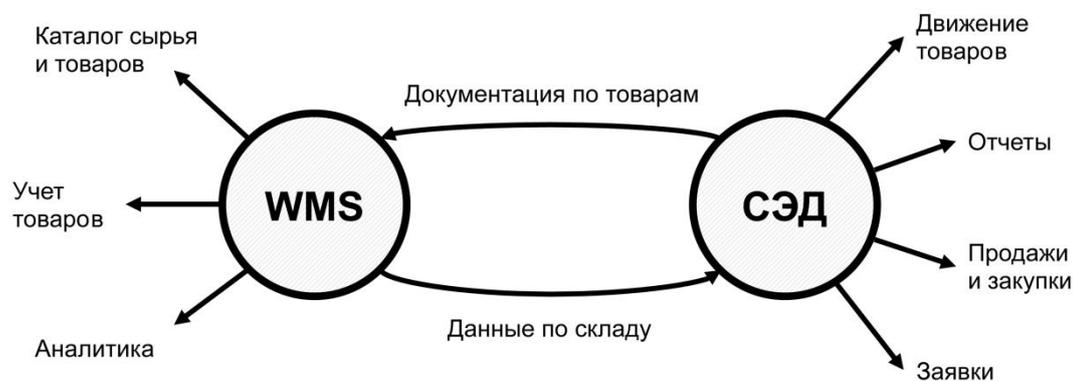


Рис. 1 — Взаимодействие бизнес-процессов между WMS и СЭД

Благодаря интеграции WMS-системы и СЭД появляется возможность систематизировать, не только основные складские операции, но и часть производственных. Неоспоримым плюсом, который получит владелец бизнеса после систематизации складских бизнес-процессов — это составление, контроль документов для эффективной работы склада.

При систематизации склада с помощью интеграции WMS и СЭД организация сможет автоматически формировать все документы в короткое время и избегая каких-либо ошибок. В итоге это приведет к упрощению и ускорению процессов подготовки складских документов, а технология ручной подготовки и обработкой документов в бумажном виде будет сведена к минимуму.

Среди первичных складских учетных документов существует огромное количество документов, которые необходимо заполнять вручную, а это длительный и трудоемкий процесс. Систематизация складского учета позволяет формировать различные виды документов сразу в электронном виде, с возможностью их распечатки и последующего хранения и обработки.

Благодаря четкому систематизированию документальных сведений СЭД при интеграции с WMS-системами выступает в роли концентратора всей имеющейся информации. При этом обеспечивается оперативный доступ к необходимой документации всех проводимых складских операций.

Ведение общих справочников и журналов, например, организации-контрагенты, материальные ценности и т. д. является еще одним плюсом систематизации, так как все изменения, произведенные в одной из систем, будут автоматически отображаться в других. Таким образом происходит снижение временных затрат на поддержку актуальной информации в разных системах [3].

Систематизация бизнес-процессов предприятия посредством интеграции СЭД и WMS-систем приведет к следующим изменениям в системе складского учета:

1. Оперативная выгрузка и печать документов;
2. Встроенная система рассылки документов контрагентам;
3. Оперативный анализ остатков, составление четких планов закупок;
4. Распределение товара по зонам хранения;
5. Сокращение количества ошибок в документах, их оперативное устранение;
6. Увеличение эффективности использования площади склада;
7. Минимизация ошибок при обработке грузов.

Рассматриваемые преимущества интеграции WMS-системы и СЭД являются лишь базой систематизации бизнес-процессов склада предприятия, но даже они способны значительно сократить издержки и повысить рентабельность промышленной деятельности. Поэтому систематизация складского учета материалов и товаров в настоящее время актуальна, как никогда ранее.

Также стоит отметить, что систематизация бизнес-процессов на складе необходима, прежде всего, именно владельцам производств. Систематизация помогает упростить администрирование и уменьшить риски и человеческий фактор при организации и управлении складом.

Список литературы

1. Система управления в бизнесе. Механизмы внедрения. URL: <https://bbooster.online/stati/upravlenie-biznes-protssami.html> (дата обращения: 27.05.2020).
2. Амириди Ю.В., Кочанова Е.Р., Морозова О.А. Информационные системы в экономике. Управление эффективностью банковского бизнеса: Учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2017. — 176 .
3. Складской учет: основы организации складского учета. URL: <https://www.ekam.ru/blogs/pos/skladskoy-uchet-osnovy-organizatsii-v-magazine> (дата обращения: 27.05.2020).

05.13.06

М.З. Искандаров, Р.М. Хисамутдинов д-р техн. наук

Набережночелнинский институт
Казанский (приволжский) федеральный университет,
отделение информационных технологий и энергетических систем,
кафедра автоматизации и управления,
Набережные Челны, musaiskandarov@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СБОРОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Данная статья рассматривает всестороннее введение в имитационное моделирование производственных процессов сборочной системы автомобилей, где рассматривается анализ производственных процессов, из которых следует, что компьютерная симуляция является надежным методом проверки различных показателей сборочной системы. Имитационное моделирование представляет собой программный инструмент, с помощью которого можно произвести неограниченное количество экспериментов для определения наиболее эффективных параметров системы. Моделирование позволяет обнаружить и устранить проблемы, которые проявляются на ранних этапах пуско-наладочных работ сборочной системы, из чего следует значительная экономия затрат и времени [1]. В данной статье приведена часть теоретической базы темы и практический пример использования моделей. В качестве практического исследования разработана и изучена имитационная модель сборочной системы автомобилей с рабочими местами для подбора оптимальных параметров сборки автомобилей и рационального использования трудовых ресурсов при выполнении технологических операций. Для практического исследования использовались программное обеспечение и библиотеки объектов.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, оптимизационная модель, моделирование сборочных систем, рабочие места, сборочная система.*

В условиях рыночной экономики возрастает значение различных факторов, которые воздействуют на эффективность производства, так как в силу возрождающейся конкуренции результативность деятельности становится решающей предпосылкой существования и развития предприятий. Среди факторов эффективности существенное место занимает организация труда. Повышение эффективности деятельности предприятия в значительной мере связано с использованием живого труда, с рациональным использованием персонала предприятия [2].

Учитывая, что моделирование – это теоретический и познавательный процесс, основанный на повторении реальной производственной ситуации, данный термин идеально определяется как распознавание объектов через другие объекты, которые в основном создаются искусственно. Моделирование имитирует структуру и поведение реальной системы, при этом является специфической формой когнитивного процесса. Основным принцип заключается в том, чтобы сделать выводы, используя моделирование в рамках определенной системы с объектами и их взаимодействиями и анализа полученных результатов эксперимента.

Программы для моделирования, в настоящее время, все чаще используются на промышленных предприятиях [3]. Давление конкуренции и требований клиентов неуклонно возрастает, и поэтому предприятиям нужно моделировать производственные процессы в реальной действительности. Программы моделирования – это инструменты, которые проверяют влияние различных модельных решений, а затем оценивают производственные мощности, продолжительности операций и другие производственные параметры.

По мнению современных авторов, основными задачами моделирования являются:

- Поддержка принятия решений при проектировании и эксплуатации системы
- Анализ и оптимизация
- Прогнозирование и взгляд в будущее
- Замена реальной системы (обучение, тестирование, опасность и т. д.).

Под имитационной моделью авторы понимают – математический метод, состоящий из набора логических и математических отношений, которые выражают функциональные или другие характеристики системы [4].

Моделирование сборочных систем на рабочих местах помогает в планировании новых и улучшении существующих систем. Оно также часто используется в процессах принятия решений, таких как размер инвестиций, стоимость запланированных изменений, анализ производственных процессов и т. д. Моделирование в сборочных системах повышает эффективность этапа проектирования. В настоящее время точность моделирования может достигать 99%. Точность зависит от входных параметров и достоверности модели [5].

Преимущества имитационного моделирования:

- Тестирование инновационных стратегий в безрисковой виртуальной среде
- Максимальное использование производственных ресурсов
- Снижение инвестиционного риска за счет быстрого моделирования
- Быстрая идентификация источников проблем в логистической и производственной сферах
- Сокращение запасов на 20-60%
- Снижение инвестиционных затрат на 5-20% для новой системы
- Быстрое достижение положительных результатов и выявление отрицательных воздействий.

На практике любое промышленное предприятие как объект моделирования является исключительно сложной системой [6]. Использование современных методов моделирования предоставляет большие возможности для выполнения комплексного анализа деятельности предприятий в части совершенствования их организационной структуры и эффективного распределения труда. Моделирование сборочных систем на рабочих местах помогает в планировании новых и улучшении существующих систем [7].

Организационные факторы роста производительности труда могут быть заложены уже на ранних стадиях проектирования новых производств. А своевременное моделирование поможет устранить потери, избежать нерациональные затраты труда и снизить трудовые нагрузки на работников.

Моделирование сборочных участков в настоящее время используется на роботизированных позициях или в районе сборочных конвейеров [8]. Кроме того, широко используется программное обеспечение для моделирования движений персонала, изучения эргономики рабочего места.

Выбор модели был обусловлен многофакторностью решаемой задачи и условиями системы сборки. В данном контексте рассматривается анализ сборочной системы, состоящей из конвейера сборки автомобилей и трех рабочих мест, а также пример проектирования модели (рис. 1).

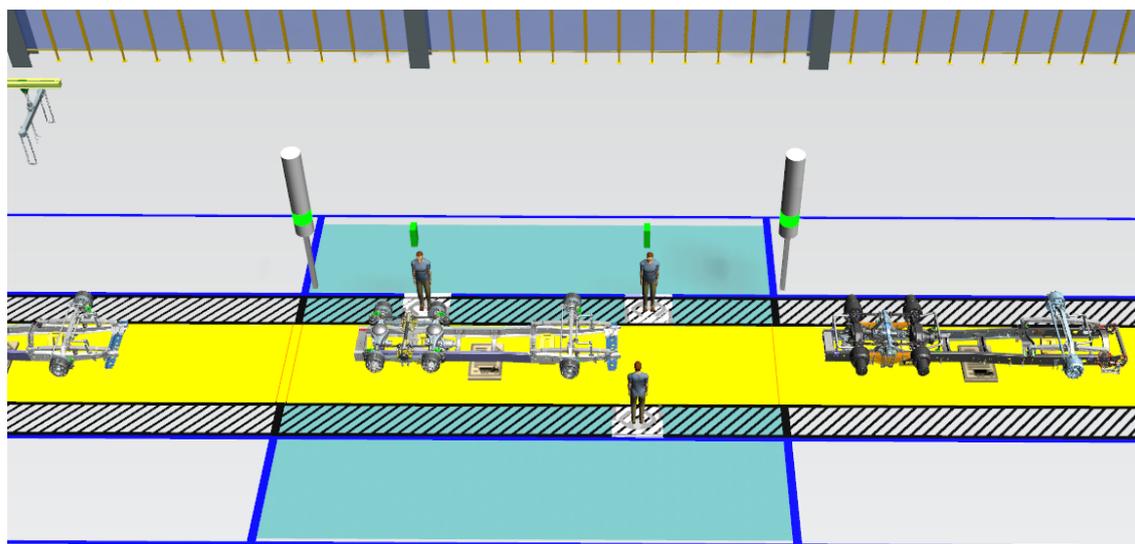


Рис. 1- 3d модель сборочной системы с рабочими местами

Если рассматривать классификацию организационной формы сборки по перемещению собираемого объекта, то принято различать стационарную и подвижную сборку. Стационарная сборка изделия или его составных частей осуществляется на одной позиции, при подвижной сборке, изделие перемещается с позиции на позицию, а рабочее место остается неподвижным. Для стационарной сборки характерна длительность общего цикла, тогда как при подвижной сборке трудоёмкость снижена за счет специализации рабочих мест и лучшей организацией труда. Ярким примером организации подвижной сборки является конвейерное производство.

Конвейерное производство – система поточной организации производства на основе конвейера, при которой оно разделено на простейшие операции, а перемещение деталей осуществляется автоматически. Подобное расчленение производственного процесса на простейшие операции позволяет одному рабочему выполнять какую-либо одну операцию, не тратя время на смену инструментов и передачу деталей другому рабочему. Такая параллельность производственного процесса позволяет уменьшить количество рабочих часов, необходимых для производства одного изделия.

Анализ показывает, что с учетом логистических решений, конвейерная сборка является оптимальным вариантом.

Для моделирования сборочной системы нами использовалось программное обеспечение Tecnomatix Plant Simulation.

Для создания рабочего места был использован стандартный объект Workplace (Рабочее место) из раздела Resources (Ресурсы).

Рабочее место в нашем случае, является неподвижным математическим объектом, местом нахождения работника, к которому привязаны пронормированные вариативные технологические операции, связанные с продуктом, проходящим через позицию [9]. Фактически, это место на станции, где работник выполняет свою работу.

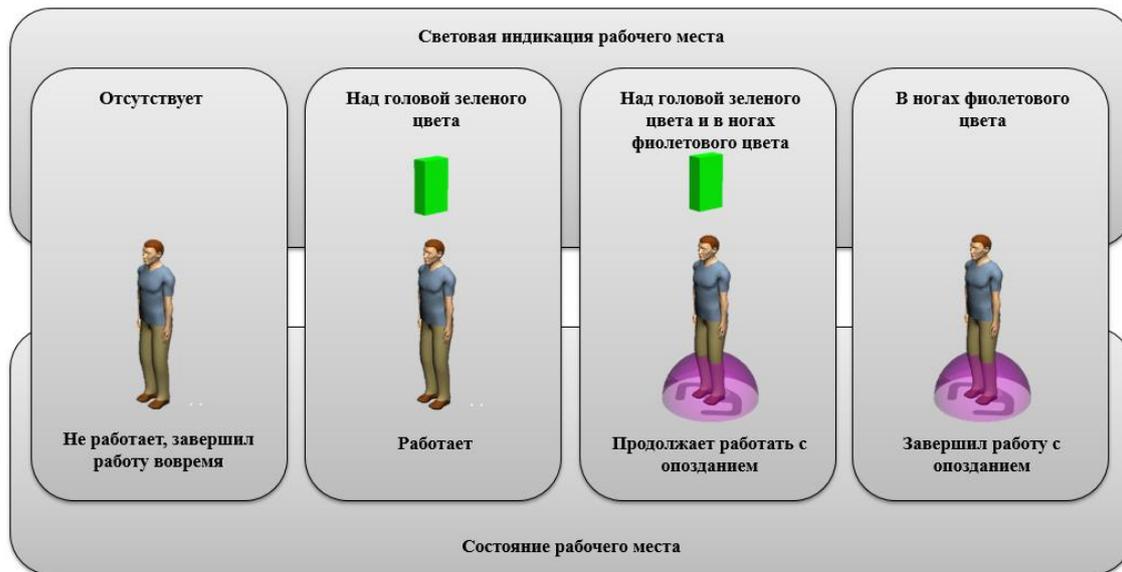


Рис. 2- Световая индикация рабочего места

Для определения состояния рабочего места по 3d визуализации, введена световая индикация, меняющаяся в зависимости от статуса: работает, работает с опозданием, завершил работу и т.д. (рис. 2)

При тестировании базовой модели сборочной системы было выявлено, что технологические операции, рассчитанные на 3 рабочих места, не укладываются в такт движения конвейера, в следствии чего образуются непредвиденные остановки. При данной организации труда, фактический такт выхода готовой продукции равен 5,8 мин. При базовой модели, за восьмичасовой рабочий день, было собрано 82 а/м.

Для вхождения в целевой такт, была произведена перебалансировка технологических операций, с добавлением дополнительного рабочего места. В результате все рабочие места на сборочной позиции равномерно загружены и укладываются в такт движения конвейера, равной 4,8 мин.

После доработки модели, в ходе анализа результатов моделирования установлено, что при таких же плановых параметрах, было изготовлено 100 а/м, что больше базовой модели на 18 а/м.

Изменение графика выполнения технологических операций рабочими местами «до» и «после» настройки представлена на рисунке 3.

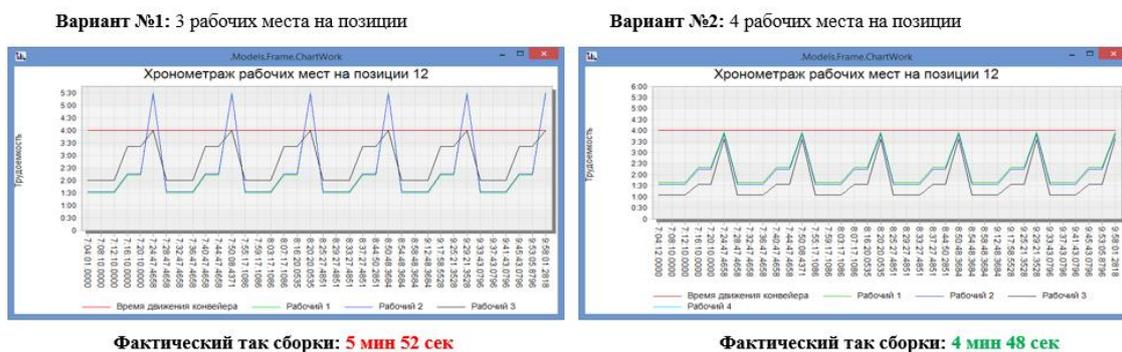


Рис. 3- Варианты распределения технологических операций на рабочих местах. Базовая модель (слева), доработанная модель (справа)

Из правого графика следует, что рабочие места 1 и 2 перегружены, и не укладываются в такт движения конвейера. Добавление дополнительного рабочего места уменьшило нагрузку и позволило повысить пропускную способность позиции, на которой выполняются технологические операции. Оптимизированная модель позволила повысить производительность на 22%.

Результаты и выводы

1. Моделирование сборочных процессов, отслеживание и анализ выходных результатов в виде графиков с последующей корректировкой параметров позволило увеличить пропускную способность сборочной системы, что свидетельствует о возможности оптимизации производственных процессов сборочной системы.

2. В ходе реализации практического примера был выявлен ряд преимуществ оптимизационной модели.

3. При разработке модели были использованы стандартные объекты и библиотеки, что сокращает время проектирования сборочной системы.

4. Работа в виртуальной среде и сохранение промежуточных результатов позволили провести тестирование ряда версий сборочной системы и выбрать наиболее оптимально-сбалансированную версию.

5. По итогам моделирования и анализа результатов следует, что данный подход позволяет устранить организационные ошибки перед вводом сборочных процессов в эксплуатацию.

Список литературы

1. *Steffen Bangsow*. Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk / Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010. P– 6.
2. *Гостенина В.И.*, Стандарт третьего поколения. Социология управления: Учебное пособие. – Спб.: Питер, 2013. 368 стр.
3. *Гречишников В.А., Чемборисов Н.А., Хисамутдинов Р.М., Егорова Е.И.*, Моделирование систем инструментального обеспечения машиностроительного производства // Старый Оскол: ТНТ.- 2011.-208стр.
4. *Trebuna P., Kliment M., Petrik M.*, Creation of simulation model of expansion of production in manufacturing companies. Modeling of mechanical and Mechatronic Systems MMaMS (2014)
5. *Burieta J.*, Simulácia. In Ipaslovakia (2007)
6. *Шаранов И.М, Петрова Е.С.* Имитационное моделирование управленческих процессов в производственных системах // Вестник ВУиТ, 2011. - №18. с. 5-10.
7. *Iskandarov M., Khisamutdinov R.*, Simulation as a tool for supporting assembly systems // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering - 2019. -570.
8. *Хисамутдинов Р.М., Хисамутдинов М.Р.*, Моделирование обмена данными между разноплатформенными информационными системами для решения задач подготовки производства // Национальная Ассоциация Ученых. - 2015.- № 6-2 (11).- с.72-75.
9. *Искандаров М.З., Хисамутдинов Р.М.* Моделирование рабочих мест в сборочных системах // Материалы X Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы-2019» (МНТК-«ИМТОМ-2019»). Ч. 2. – Казань, 2019. – с. 39-43.

05.13.06

С.В. Латухов д-р геогр. наук, К.Э. Никадимов

ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. ад. С.О. Макарова»,
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
Санкт-Петербург

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА СУДОЗАХОДОВ КАК ОБЪЕКТА ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В АКВАТОРИИ ПОРТА

Количество судозаходов, как правило, определяется потребностью в перевозимом грузе, климатическими условиями порта (наличие ледового фактора), развитостью инфраструктуры порта для перевалки груза, географическим расположением порта.

Так как все параметры, кроме климатического фактора достаточно стабильны, то судозаход является случайной величиной.

На судозаход действуют и другие случайные факторы, в частности, человеческий. С учетом изложенного при обеспечении экологической безопасности в акватории морского порта необходимо учитывать снижение судозахода зимой и его избыток летом. В статье приведен анализ судозахода в морском порту Архангельск.

Ключевые слова: судозаход, экологическая безопасность, дисперсия, математическое ожидание, коэффициент вариации, среднеквадратическое отклонение, сжиженный природный газ.

В настоящее время, основными морскими портами, эксплуатируемыми в Арктической зоне Российской Федерации, являются: Мурманск, Певек, Архангельск, Сабетта.

Одним из показателей, определяющих эффективность функционирования указанных портах, является количество судозаходов. Под судозаходом понимается показатель для определенного порта, который характеризуется количеством судов, заходящих в порт за определенный период времени [1, 2].

На количество судозаходов влияют: потребность в перевозимом грузе, климатические условия порта (наличие ледового фактора), развитость инфраструктуры порта для перевалки груза, географическое расположение порта, а также человеческий фактор. Так как все параметры, кроме климатического фактора достаточно стабильны, то судозаход является случайной величиной (СВ).

Рассмотрим количество судозаходов в морском порту Архангельск. Указанный пример выбран в связи с тем, что в данном районе существует значительный разброс температуры воздуха и других климатических условий по месяцам, а также что данный порт является замерзающим, что требует наличие ледокольного флота для осуществления захода и выхода морских судов [3]. Последнее позволит экстраполировать данное исследование на остальные замерзающие порты Арктической зоны Российской Федерации.

В качестве показателей определяющих судозаход в морской порт Архангельск выберем следующее:

1. Оценки математического ожидания (МО), дисперсии (Д), среднеквадратическое отклонения (СКО) коэффициент вариации (v) для каждого месяца за 2008-2018 гг.

2. МО, Д, СКО, v за каждый год в отдельности.

Акватория морского порта Архангельск, представлена на рис. 1. [4]



Рис. 1 - Акватория морского порта Архангельск [4]

Количество судозаходов в морской порт Архангельск по месяцам за 2008-2018 гг. представлено в таблице 1.

Таблица 1

Количество судозаходов в морской порт Архангельск

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
2008	51	50	52	59	151	140	170	160	171	180	70	58
2009	40	44	51	59	150	146	157	165	166	183	71	67
2010	42	46	52	66	141	145	155	139	159	185	75	63
2011	52	40	53	59	139	159	159	146	153	157	82	67
2012	50	42	55	60	138	143	153	166	148	175	63	74
2013	47	47	65	68	158	130	163	156	188	151	70	59
2014	48	50	51	64	161	135	166	155	149	164	69	68
2015	44	45	50	65	149	144	161	151	161	168	73	62
2016	45	51	52	71	145	143	169	138	158	150	81	66
2017	49	43	55	69	142	130	163	148	175	162	74	60
2018	49	44	48	55	137	157	170	158	168	173	68	65

Произведя усреднение по годам для каждого месяца (по множеству) определим значение оценок MO , D , CKO , v . Для этого будем использовать следующие выражения [5-7]:

$$MO_m = \frac{1}{11} \sum_{m=1}^{11} \Pi_m \quad (1)$$

$$D_m = \frac{1}{11 - 1} \sum_{m=1}^{11} (\Pi_{m\Gamma} - MO_m)^2 \quad (2)$$

$$CKO_m = \sqrt{D_m} \quad (3)$$

$$v_m = \frac{CKO_m}{MO_m} \quad (4)$$

где, m – индекс определяющий месяц 1,2,3.....12.

Γ – индекс определяющий год 2008, 2009, 2010...2018.

Результаты вычислений приведены в таблице 2 и графически изображены на Рис 2.

Таблица 2

МО, Д, СКО, v по месяцам за 8 лет

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
МО	47.00	45.64	53.09	63.18	146.45	142.91	162.36	152.91	163.27	168.00	72.36	64.45
Д	14.60	12.65	19.69	25.96	65.27	87.69	35.85	89.89	143.22	151.80	30.85	21.87
СКО	3.82	3.56	4.44	5.10	8.08	9.36	5.99	9.48	11.97	12.32	5.55	4.68
Коэф. Кор	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.07	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.07

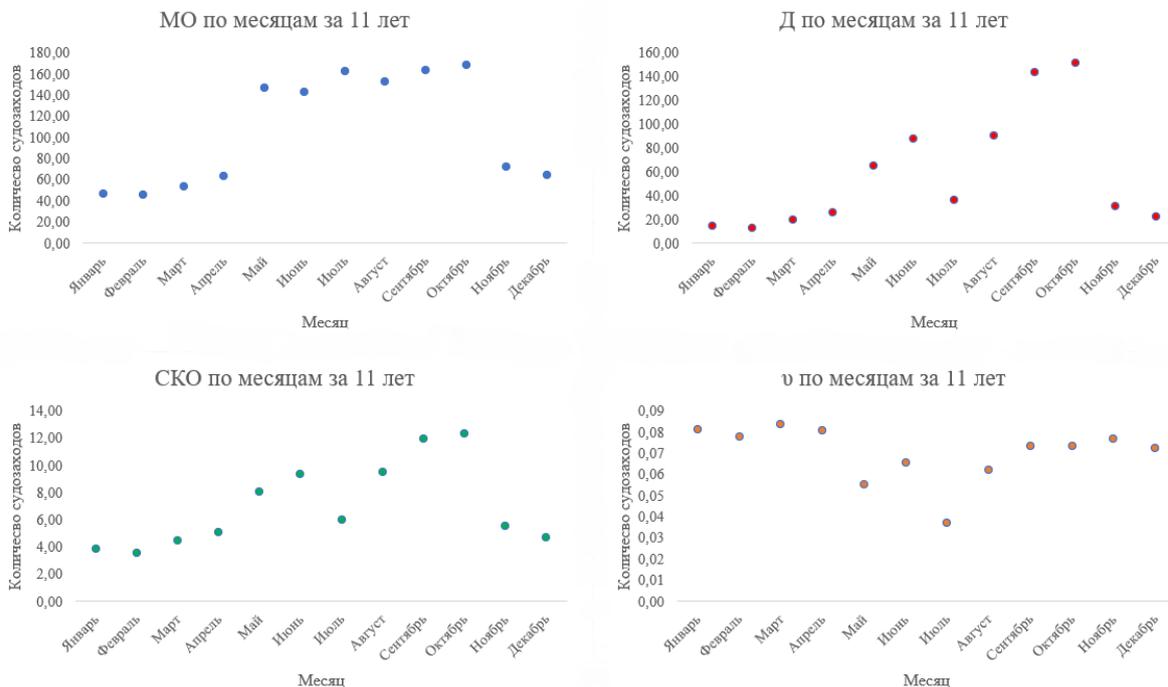


Рис. 2 - МО, Д, СКО и v по месяцам за 11 лет

Для получения усреднения по времени за каждый год получил значения оценок МО, Д, СКО по следующим выражениям [5-7]:

$$MO_{\Gamma} = \frac{1}{12} \sum_{\Gamma=1}^{12} \Pi_{\Gamma} \tag{5}$$

$$D_{\Gamma} = \frac{1}{12 - 1} \sum_{\Gamma=1}^{12} (\Pi_{\Gamma m} - MO_{\Gamma})^2 \tag{6}$$

$$СКО_{\Gamma} = \sqrt{D_{\Gamma}} \tag{7}$$

$$v_{\Gamma} = \frac{СКО_{\Gamma}}{MO_{\Gamma}} \tag{8}$$

где, Γ – индекс определяющий месяц 2008, 2009, 2010...2018
 m – индекс определяющий год 1, 2, 3...12.

Результаты вычисления приведены в таблице 3 и графически изображены на рис. 3

Таблица 3

МО, Д, СКО и ν за 2008-2018 гг.

Года	МО	Д	СКО	ν
2008	109.33	3149.70	56.12	0.51
2009	108.25	3206.02	56.62	0.52
2010	105.67	2755.15	52.49	0.50
2011	105.50	2500.09	50.00	0.47
2012	105.58	2686.08	51.83	0.49
2013	108.50	2845.00	53.34	0.49
2014	106.67	2652.42	51.50	0.48
2015	106.08	2783.54	52.76	0.50
2016	105.75	2330.39	48.27	0.46
2017	105.83	2646.33	51.44	0.49
2018	107.67	3167.70	56.28	0.52

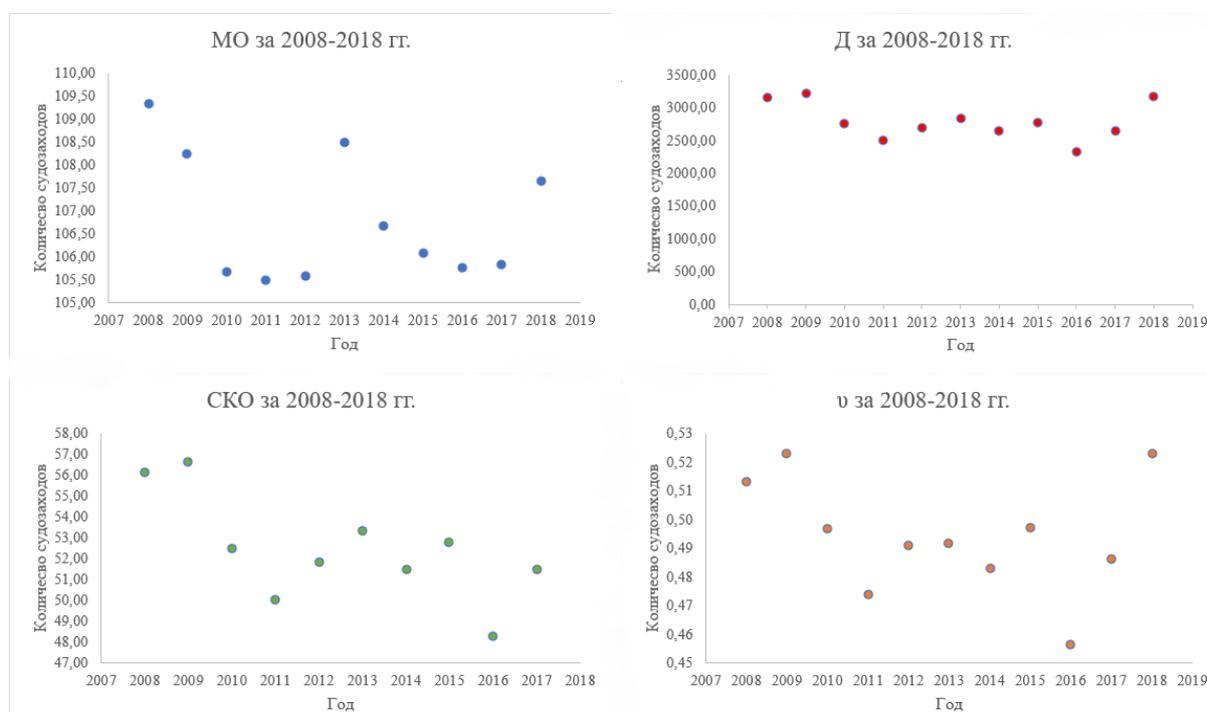


Рис. 3 - МО, дисперсию и СКО по времени за каждый из рассматриваемых годов

С учетом проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициент корреляции по месяцам, за восемь лет наблюдений, находится в диапазоне 4-8%, что свидетельствует о не стационарности рассматриваемых временных рядов. Неравенство средних по множеству и по времени значений оценок свидетельствуют о том, что гипотеза эргодичности процесса не может быть принята [6].

2. Существует значительный разброс данных по месяцам из-за наличия ледовой обстановки. Данные расчеты могут быть использованы для поддержания судозахода, а значит и грузооборота в порту, на уровне безледового периода путем увеличения постоянного ледокольного флота.

3. Результаты расчетов по годам свидетельствуют о небольших колебаниях судозахода в течение года, находящихся в диапазоне от 105.6-109.3. Данное обстоятельство свидетельствует о постоянной нагрузке действующего флота на экологическую обстановку в регионе.

4. С учетом введения более жесткие экологических требований Международной морской организации в части контроля выбросов окислов азота (NECA) и серы (SECA), в частности содержание серы в судовом топливе не должно превышать 0,5 %, для увеличения или поддержания судозахода в порту Архангельск необходимо соблюдение указанных международных требований [8]. Одним из вариантов соответствия указанным требованиям является перевод морской техники на сжиженный природный газ (СПГ), при этом необходимо формирование российской нормативно-правовой базы по вопросу бункеровки морских судов СПГ [9].

5. Указанные расчеты позволяют моделировать транспортно-логистические системы управления для грузооборота в замерзающих портах Арктической зоны Российской Федерации.

Список литературы

1. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г. / Распоряжение Правительства РФ №2205-Р от 08.12.2010
2. Селин В.С. Движущие силы и проблемы развития грузопотоков Северного морского пути / В.С. Селин// Арктика и Север. – 2016. - № 22. – 87-101 с.
3. Обязательные постановления в морском порту Архангельск (утв. приказом Министерства транспорта РФ от 9 июля 2014 г. N 183).
4. Официальный сайт ФГУП «Администрация морских портов Западной Арктики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mapm.ru/Port/Arkhangelsk>
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей (издание четвертое, стереотипное). Москва: Изд-во НАУКА, 1969 – 156-158, 210-251 с.
6. Баранов Л.А. Анализ производительности завода по производству сжиженного природного газа как объекта автоматизированной системы управления перевозками / Л.А. Баранов, Н. В. Першин// Наука и техника транспорта. – 2019. - № 2. – 22-39 с.
7. Першин Н.В. Анализ количества полученной энергии от терминалов по регазификации сжиженного природного газа в Европе / Н. В. Першин// Морские интеллектуальные технологии. – 2019. - № 3-3 (45). – 182-190 с.
8. International Maritime Organization (IMO). International convention for the prevention of pollution from ships (MARPOL). Annex VI Prevention of air pollution from ships [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/InternationalConvention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/InternationalConvention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx).
9. Буянов А.С. Нормативно-правовое регулирование бункеровки судов сжиженным природным газом в морских портах России / А.С. Буянов, В.Е. Семенов, А.В. Лобанов, К.С. Вераксо, Н.В. Першин // Газовая промышленность. – 2020. - № 3. – с. 20-26

05.13.06

С.В. Леонтьев канд. техн. наук, А.Е. Никитина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
строительный факультет,
кафедра строительного инжиниринга и материаловедения,
Пермь, n1306cl@yandex.ru

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Тепловлажностная обработка бетонных и железобетонных изделий является наиболее длительным, энергоемким и ответственным технологическим процессом, который зависит от множества факторов. Однако на большинстве предприятий ТВО осуществляется вручную, а её режим принят единым для всей номенклатуры выпускаемой продукции. Решением данной проблемы является разработка и внедрение в производство систем поддержки принятия решений, являющихся частью автоматизированной системы управления технологическим процессом ТВО ЖБИ широкой номенклатуры.

Ключевые слова: *теповлажностная обработка, автоматизированная система управления, система поддержки принятия решений.*

Технологический процесс производства железобетонных изделий на любом предприятии строительной индустрии состоит из ряда последовательных операций. В общем случае их можно представить следующим образом: приготовление бетонной смеси; подготовка формы и укладка арматурного каркаса; формование изделий; тепловлажностная обработка (ТВО); распалубка. Наиболее энергоемким технологическим этапом, среди вышеперечисленных, является процесс ТВО [1].

На сегодняшний день на заводах железобетонных изделий (ЖБИ) используются следующие способы тепловой обработки:

- пропаривание в камерах периодического (ямные камеры) или непрерывного (щелевые камеры) действия;
- обработка бетона под укрытием на специальных обогреваемых площадках (безопалубочные стенды);
- нагрев в закрытых формах (кассетах) с передачей тепла через ограждающие поверхности.

В связи с современными экономическими условиями, постоянно меняющимся спросом, предприятиям приходится выпускать ЖБИ широкой номенклатуры. С такой позиции наиболее универсальными и распространенными являются ямные пропарочные камеры периодического действия. В качестве теплоносителя в них используется паровоздушная смесь, обеспечивающая относительную влажность среды на стадии изотермического прогрева от 90 до 100%. На сегодняшний день в технологии бетона используется трапецидальный режим ТВО, общий цикл которой включает в себя этапы, представленные на рисунке 1 [1].



Рис. 1 - График трапецеидального режима тепловлажностной обработки

В теории, параметры и продолжительность каждого из этапов зависят от множества факторов (вид вяжущего, форма и размер изделия, способ армирования, назначение изделия, время года), поэтому для каждого вида изделий существует свой оптимальный режим ТВО [2,3]. Однако на практике для экономии энергоресурсов, а также из-за отсутствия большого количества камер ТВО, позволяющего обеспечивать требуемую производительность, изделия различной номенклатуры подвергаются обработке по одному режиму, что приводит к снижению качества выпускаемой продукции, увеличению числа отбракованных изделий и перерасходу дорогостоящего энергоносителя (пара).

Ещё одной проблемой явных пропарочных камер на большинстве предприятий ЖБИ является процесс управления ТВО, который осуществляется вручную лаборантами (лицо, принимающее решение (ЛПР)). Особенно сложным и ответственным этапом обработки является период подъема температуры, так как вручную достаточно сложно контролировать положение клапана или задвижки в паропроводе [4].

Лаборант отслеживает температуру пара в пропарочной камере, снимает показания и записывает их в журнал регистрации ТВО. По полученным данным делается вывод о необходимости открыть или закрыть вентиль подачи пара в камеру. Далее все действия повторяются каждый час. Ручное управление пропариванием составляет основную проблему производства, так как человеческий фактор приводит к появлению усадочных трещин, недобору отпускной прочности, что снижает качество готовой продукции.

Решением вышеперечисленных проблем является автоматизация работы пропарочных камер, а также разработка и внедрение в производство систем поддержки принятия решений, являющихся частью АСУТП ТВО ЖБИ широкой номенклатуры.

Задача выбора, в первую очередь, связана с распределением по камерам ТВО (которых на предприятиях чаще всего от 4-8 единиц) изделий в зависимости от их особенностей и сменным производственным заданием. Четкое соблюдение режимов ТВО изделий и контроль за ними решается за счёт внедрения современных средств автоматизации, однако исходные уставки регуляторов задаются технологом или оператором.

В сложившейся ситуации актуальным является разработка и внедрение систем поддержки принятия решений (СППР) процесса ТВО изделий различной номенклатуры. Схематично общая система управления ТВО в явных пропарочных камерах с учетом внедрения предлагаемой СППР представлена на рисунке 2.

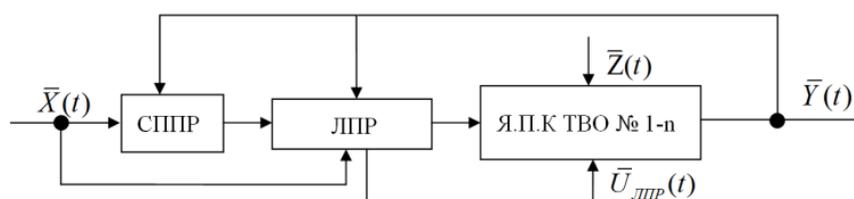


Рис. 2 – Система управления ТВО в явных пропарочных камерах в зависимости от вида ЖБИ

В представленной схеме вектор входных параметров ($\bar{X}(t)$) формируют следующие переменные: объем изделия, его линейные размеры, количество загружаемых изделий; текущая ситуация по загруженности камер №1-n; вид используемого вяжущего; расход вяжущего; назначение изделия; время года; способ и схема армирования изделия.

Вектор возмущающих воздействий ($\bar{Z}(t)$) формируют следующие переменные: параметры воздуха в камере перед началом загрузки; непредвиденные теплотери в камере в процессе ТВО.

Вектор управляющих параметров, утвержденных ЛПП ($\bar{U}_{лпп}(t)$), формируют следующие переменные: удельный расход пара; уставка температуры в камере на каждом из этапов ТВО; продолжительность каждого этапа ТВО; скорость изменения температуры в камере.

Вектор выходных (контролируемых) параметров ($\bar{Y}(t)$) формируют следующие переменные: температура на поверхности изделий; параметры паровоздушной среды и равномерность их распределения в объеме камеры; прочность изделий после ТВО; наличие усадочных деформаций.

Задачей СППР является обработка данных входных параметров, сопоставление их с имеющейся базой знаний и составление рекомендаций для ЛПП по распределению изделий по камерам ТВО в зависимости от их загруженности, а также предложения по выбору режима ТВО в зависимости от вида пропариваемых изделий.

Принцип работы автоматизированной камеры ТВО с использованием системы поддержки принятия решений представлен в виде концептуальной модели системы управления ТВО изделий (рисунок 3).

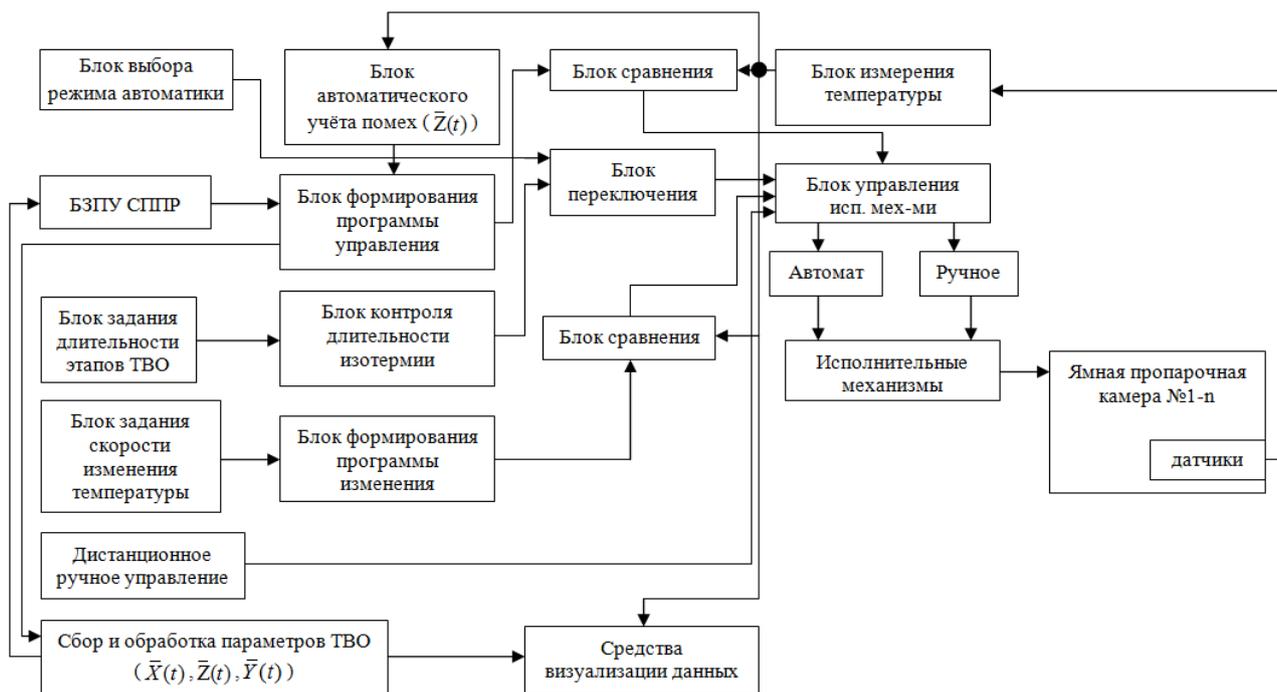


Рис. 3 – Концептуальная модель системы управления ТВО с учётом СППР

В состав контроллерного уровня системы входят следующие блоки: датчиков, сравнения, управления исполнительными механизмами, переключения, автоматического учёта помех, формирования программы управления, контроля длительности и скорости изменения температуры.

В состав уровня управления входят следующие блоки: выбор режима автоматки, блок знаний программы управления (предлагаемая СППР), задание параметров ТВО.

Мониторинг за параметрами технологического процесса осуществляется с помощью средств визуализации, предназначенных для контроля исправности датчиков, наблюдения за ходом технологического процесса, анализом данных предлагаемых разработанной СППР.

В состав автоматизированной системы управления камерами входят исполнительные устройства (датчики температуры, давления, положения крышки камер), шкафы контроллеров, рабочее место оператора.

В каждую из камер ТВО должны быть установлены датчики давления пара, датчик контроля температуры и датчик положения крышки камеры, а также клапан управления подачей паровоздушной смеси. Основная функция работы системы автоматизации – это контроль и поддержание параметров паровоздушной смеси в пропарочных камерах в соответствии с заданным режимом. Контроль поддержания температуры осуществляется по входному сигналу термометра сопротивления, а регулирование происходит за счет клапана, установленного на паропроводе.

Система должна работать таким образом, что в разных камерах параллельно могли осуществляться разные режимы ТВО.

Реализация и внедрение предложенной СППР процесса тепловлажностной обработки изделий различной номенклатуры позволит предприятиям сборного железобетона повысить эффективность своего производства заключающейся в следующем:

- повышение качества продукции за счет применения индивидуальных режимов ТВО ЖБИ схожих по типоразмеру, армированию и виду используемого вяжущего;
- сокращение времени принятия решений оператором или технологом, а также снижение числа бракованных изделий, получаемых из-за неправильно выбранного режима ТВО;
- снижение себестоимости выпуска продукции за счет сокращения расхода энергоносителя (пара).

Список литературы

1. Бальян Л.Г., Барина И.А. Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий (К СНиП 3.09.01-85) – М.: Стройиздат, 1989. – 189 с.
2. Мартемьянова Э.Н. Теплотехника и теплотехническое оборудование технологии строительных материалов и изделий: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2007. – 97 с.
3. Рекомендации по тепловой обработке тяжелых бетонов с учетом активности цемента при пропаривании / НИИ бетона и железобетона. – М.: ОНТИ НИИЖБ, 1984. – 20 с.
4. ТКП 45-5.03-13-2005. Изделия бетонные и железобетонные сборные. Правила тепловлажностной обработки. – Минск: Стройтехнорм Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2006. – 59 с.

05.13.06

А.Д. Петриков, А.А. Силаев канд. техн. наук

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

МЕТОД ВЫБОРА РЕГУЛЯТОРА, ЕГО НАСТРОЙКИ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСТУПАЮЩЕЙ СМЕСИ В ТЕПЛООБМЕННИК

В статье исследована одноконтурная САР, предложена методика расчета настроечных коэффициентов ПИ-регулятора, проведен анализ полученной модели с помощью критериев качеств и оценена эффективность предложенной САР.

Ключевые слова: *передаточная функция, объект управления, кривая разгона, теплообменник, коэффициент усиления, статистические критерии качества, динамические критерии качества.*

Выбор правильного типа регулирования на производстве обусловлено необходимыми требованиями качества регулирования: устойчивости, минимальным временем регулирования, временем перерегулирования и т.д., но так же и с экономической точки зрения необходимо применять наиболее оптимальное регулирование.

Объектом управления выбран теплообменник для нагревания реакционной смеси до 55°C перед подачей на реактор синтеза метилтретбутилового эфира (МТБЭ).

Составим математическое описание теплообменника, как выбранного объекта автоматического регулирования.

На вход теплообменника поступает жидкость при температуре $T_{ж}$, на выходе - жидкость принимает температуру $T_{ж}$.

Подогрев жидкости происходит за счет подачи греющего водяного пара, имеющего массовый расход $F_{п}$. Изменением подачи пара в теплообменник регулируют температуру выходящей жидкости.

Динамические каналы теплообменника:

$F_{п}(x) \rightarrow T_{ж}(y)$ - канал регулирования температуры выходящей жидкости расходом пара;

$T'_{с}(z) \rightarrow T_{с}(y)$ - канал возмущения по температуре входа жидкости;

$F_{ж}(z_1) \rightarrow T_{ж}(y)$ - канал возмущения по расходу жидкости.

Схема теплообменника представлена на рисунке 1.

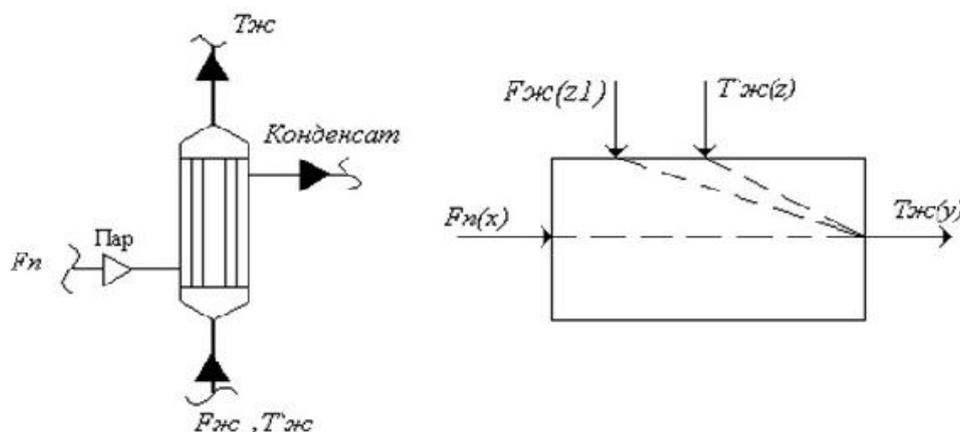


Рис. 1 – Схема теплообменника

Данная система подразумевает регулирование одной технологической величины, и система регулирования имеет один замкнутый контур. Следовательно, САР является одноконтурной. Выбираем наиболее распространенный регулятор, который реализует ПИ-закон регулирования. Данный тип регулятора выбран потому, что его статическая ошибка

равна 0, а быстродействие сравнимо с работой дифференциального звена. При этом ПИ-регулятор обладает малой чувствительностью к шумам в канале измерения в отличие от ПИД-регулятора. Для расчета настроечных коэффициентов ПИ-регулятора применим метод минимума среднеквадратического критерия качества.

$$J = \int_0^{t_p} (y - y_3)^2 dt$$

Передаточная функция объекта имеет вид;

$$W(p) = \frac{0.45 \cdot e^{-2p}}{2025 p^2 + 136 \cdot p + 1} ;$$

$$J = \int_0^{t_p} (y - y_3)^2 dt \rightarrow \min$$

Передаточная функция регулятора –

$$R(p) = k_1 + \frac{k_2}{p}$$

Среднеквадратический критерий качества:

Уравнение критерия устойчивости Найквиста-Михайлова представлено в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} A_0 \cdot A_p = 1 \\ F_0 + F_p = \pi \end{cases}$$

или:

$$\begin{cases} \frac{0.141 \cdot 1}{\sqrt{(112.6\omega)^2 + (-42.7\omega^2 + 1)^2}} \cdot \frac{\sqrt{k_1\omega_2 + k_2}}{\omega} = 1 \\ -\arctg \frac{112.6\omega}{42.7\omega^2 + 1} - 2.4\omega + \arctg \frac{k_1\omega}{k_2} - \frac{\pi}{2} = \pi \end{cases} \quad (1.1)$$

где A_0, A_p – АЧХ объекта и регулятора соответственно; F_0, F_p – ФЧХ объекта и регулятора.

Задавая различные значения частоты, система уравнений решается относительно k_1 и k_2 , численные значения которых заносятся в плоскость настроечных коэффициентов

Таблица 1 – Настроечные коэффициенты

ω	0.4	0.42	0.44	0.45	0.46	0.5
k_1	34,048	40,65	48,071	52,089	56,319	75,03
k_2	5,962	6,107	6,181	6,186	6,17	5,863

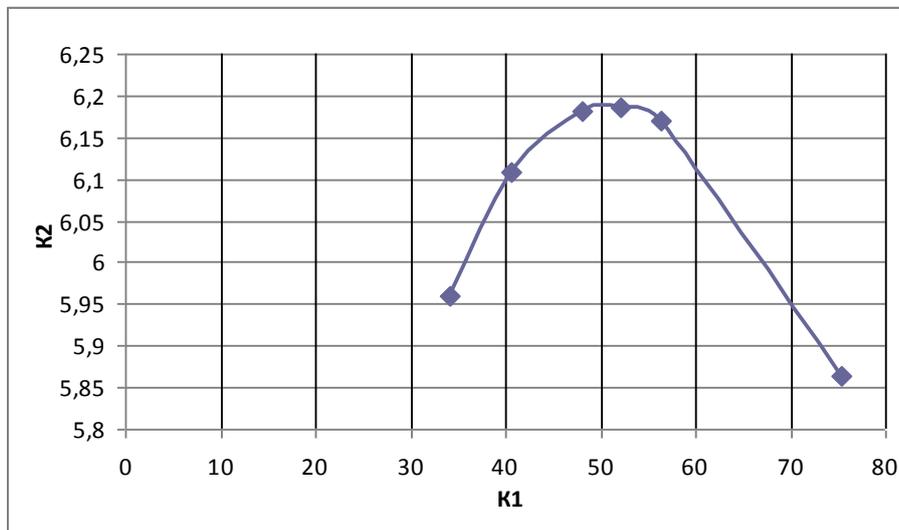


Рис. 2 – Плоскость настроечных коэффициентов

Находим значение рабочей частоты

Максимум наступает в точке с координатами (52;6,19), что соответствует значению частоты $\omega_{\max} = 0.45$. Рабочую частоту находим по формуле: $\omega_p = 1.1\omega_{\max} = 1.1 \cdot 0.45 = 0.495$

Рабочее значение частоты подставим в систему уравнений (1.2) и находим оптимальные значения k_1 и k_2 .

$$\begin{cases} \frac{0.45 \cdot 1}{\sqrt{(136\omega)^2 + (-2025\omega^2 + 1)^2}} \cdot \frac{\sqrt{k_1\omega_2 + k_2}}{\omega} = 1 \\ -\arctg \frac{136\omega}{2025\omega^2 + 1} - 2\omega + \arctg \frac{k_1\omega}{k_2} - \frac{\pi}{2} = \pi \end{cases} \quad (1.2)$$

Таким образом, оптимальные значения настроечных коэффициентов регулятора равны:

$$K_1 = 68.4 \quad K_2 = 5.92$$

$$R(p) = 68,4 - \frac{5,92}{p}$$

Следовательно, передаточная функция регулятора:

Построение замкнутой системы автоматического регулирования в программе Vissim и анализ эффективности полученной системы.

Эффективность разработанной системы управления анализируем по прямым показателям качества, для этого выбрано моделирование в программе Vissim.

Модель одноконтурной системы регулирования представлена на рисунке 3.

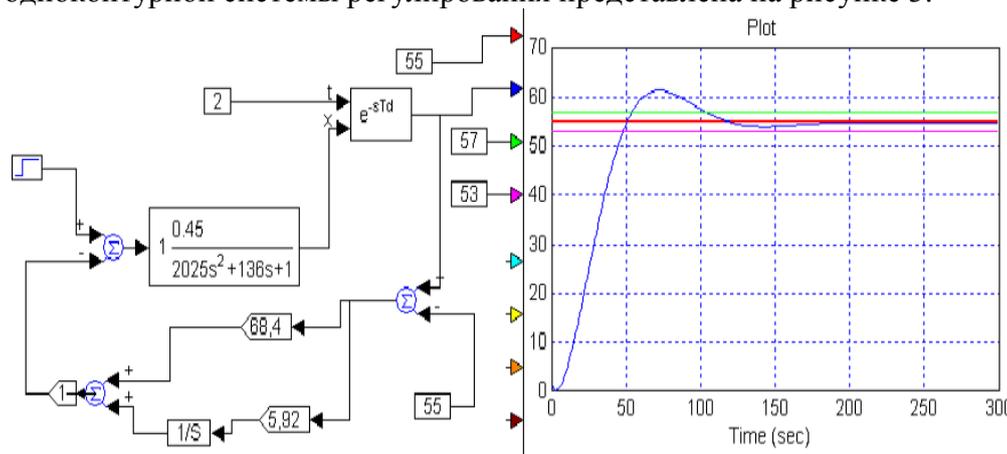


Рис. 3 – Одноконтурная САР проекта в программе Vissim

Проанализируем полученную модель при помощи критериев качества:

а) Статические критерии качества

- статическая погрешность $\delta = 5$;
- динамическая погрешность $y_{\max} = 61$;

$$\sigma = \frac{y_{\max} - y_3}{y_{\max}} \cdot 100\% = \frac{61 - 55}{61} \times 100\% = 9,8\%$$

- перерегулирование ;

б) Динамические критерии качества

- время регулирования $T_p = 105 \text{сек}$;
- время нарастания $T_n = 50 \text{сек}$;

- скорость переходного процесса $\alpha = \arctg \frac{y_3}{T_n} = \arctg \frac{55}{50} = 53^\circ$;

- заданная степень затухания $\psi = \frac{y_1 - y_2}{y_1} \cdot 100\% = \frac{6 - 0,7}{6} \cdot 100\% = 88\%$;

Вывод

В соответствии с заданной целью повышения качества готовой продукции к выбранному объекту регулирования – теплообменнику, был подобран ПИ-регулятор с настройками, рассчитанными с помощью критерия устойчивости Найквиста-Михайлова. Так как степень затухания переходного процесса замкнутой системы регулирования равна 88 %, то процесс можно считать эффективным. Датчик температуры, используемый в данной замкнутой САР является современным, с минимальной погрешностью и высокой точностью. Это позволяет уменьшить расход греющего пара, избежать перегрев реакционной смеси – шихты и соответственно повысить качество готовой продукции.

Список литературы

1. Штейберг Ш.Е., Серезин Л.П., Залуцкий И.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования // Пром. АСУ и контроллеры. 2004. №7.
2. Dorf R.C. Modern control system. Boston: Pearson Educat., 2008.
3. Willis M.J. Proportional-integral-derivative PID controls // Proc. IEEE. 2009. N 10. P. 150-163. [Electron. Resource]. <http://www.PAControl.com>.
4. Клюев А.С. Наладка средств автоматизации и автоматических средств регулирования. М.: Издат. Дом «Альянс», 2009.
5. Сидорова А.А. Исследование модифицированного метода настройки промышленного ПИД-регулятора // Тр. 18-й междунар. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии». Томск: Изд-во ТПУ, 2012. С. 15-16.
6. Попов Е.П. Теория линейных САР и управления. – М.: Наука. 1989. 301 с.
7. Сметана А.З. Методика расчета параметров настройки систем автоматического регулирования теплоэнергетических процессов // Теплоэнергетика. 2002. №10. С. 40-45
8. Ялышев А.У., Разоренов А.И. Многофункциональные аналоговые регулирующие устройства автоматики. – М.: Машиностроение.1981. 400с.

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

05.13.11

С.Г. Лялин

Вятский государственный университет,
факультет автоматизации и вычислительной техники,
кафедра электронных вычислительных машин,
Киров, sg_lyalin@vyatsu.ru

**ВЫБОР МЕТОДА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ
ДЛЯ ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

Рассматривается последовательность этапов голосовой идентификации. Более подробно рассмотрены этапы извлечения голосовых признаков и классификации признаков. В качестве методов извлечения голосовых признаков рассмотрены формантный метод, метод кепстральных коэффициентов и метод коэффициентов линейного предсказания. Рассмотрено применение на этапе классификации признаков следующих моделей: модель k ближайших соседей, модель логистической регрессии, модель наивного байесовского классификатора, метод опорных векторов, многослойный перцептрон, деревья решений, случайный лес деревьев решений. Для проведения экспериментальных исследований, целью которых является выбор метода извлечения признаков и их классификации, обеспечивающих наибольшую точность идентификации, использован метод главных компонент.

Ключевые слова: голосовая идентификация, голосовые признаки, формантные признаки, кепстральные коэффициенты, коэффициенты линейного предсказания, методы классификации, метод главных компонент.

Задача идентификации личности по голосовым данным в настоящее время находит широкое применение при построении безопасных информационных систем. Как правило, ее решение основывается на выявлении индивидуальных акустических характеристик пользователей, которые бы позволили эффективно и точно проводить сравнение образцов голоса, предъявляемых при попытке доступа и сохраняемых в специализированной базе данных. Как и любой другой биометрический подход, голосовая идентификация не является абсолютно надежной. На ее качество влияют расположение диктора относительно микрофона, состояние его здоровья (наличие или отсутствие хрипа в голосе), характеристики регистрирующего тракта, особенности реализации алгоритмов предварительной обработки сигнала и получения вектора признаков, его характеризующего, применяемый алгоритм идентификации. Таким образом, несмотря на активное развитие систем голосовой идентификации, имеется необходимость в их постепенном совершенствовании [1].

В задаче голосовой идентификации применяют различные математические, алгоритмические и технические методы, начиная с записи голоса и заканчивая этапом классификации. Практически каждая система идентификации содержит четыре основных этапа: получение сигнала, предварительная обработка сигнала, извлечение признаков и классификация признаков.

Этап получения сигнала. Метод получения голосового сигнала представляет собой запись сигнала с помощью микрофона и представление сигнала в цифровой форме с помощью аналого-цифрового преобразователя.

Этап предварительной обработки. Полученные на предыдущем этапе сигналы содержат в себе искажения и помехи. Под искажениями понимаются искажения речеобразующего тракта (болезнь горла) и речепередающего канала. На этапе предварительной обработки с помощью различных методов осуществляется уменьшение уровня помех и искажений.

Этап извлечения признаков. Выбор признаков влияет на надежность идентификации. В настоящее время точно не определены голосовые признаки, по которым можно однозначно идентифицировать личность человека.

Формантные признаки [2]. Накопленный специалистами научный и экспертный материал позволяют утверждать, что спектр слитной человеческой речи в любой момент времени и на любом локальном интервале в процессе произношения фоном может быть представлен совокупностью гауссоид, каждая из которых представляет собой отдельную форманту. Количество таких формант Q может составлять различную величину. Но в качестве идентификационного признака достаточно, обычно, четырех ($Q = 4$). Каждая гауссоида представляется математическим ожиданием f_j и среднеквадратическим отклонением σ_j . Следовательно, экспериментальный спектр на любом временном срезе представим смесью вероятностных распределений:

$$W(f) = p_0 + \sum_{j=1}^Q \frac{p_j}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_j^2}(f - f_j)^2\right\},$$

где p_0 – относительный вес шумовой составляющей речевого сигнала; p_j – относительный вес энергии речевого сигнала, соответствующего j -й форманте.

MFCC-коэффициенты [3]. Данный метод извлечения признаков является одним из самых распространённых как в системах распознавания дикторов, так и в системах распознавания речи. На вход алгоритма подаётся последовательность отсчётов участка сигнала, исследуемого на данной итерации, x_0, \dots, x_{N-1} . К данной последовательности применяется весовая функция и затем дискретное преобразование Фурье. Весовая функция используется для уменьшения искажений в Фурье анализе, вызванных конечностью выборки. На практике в качестве весовой функции часто используется окно Хэмминга. Полученное представление сигнала в частотной области разбивают на диапазоны с помощью банка (гребёнки) треугольных фильтров. Границы фильтров рассчитывают в шкале мЭл. Данная шкала является результатом исследований по способности человеческого уха к восприятию звуков на различных частотах. Перевод в мЭл-частотную область осуществляют по формуле

$$B(f) = 1127 \cdot \ln\left(1 + \frac{f}{700}\right).$$

Обратное преобразование выражается как

$$B^{-1}(b) = 700 \cdot \left(e^{\frac{b}{1127}} - 1\right).$$

Пусть N_{FB} — количество фильтров (обычно используют порядка 24 фильтров), (f_{low}, f_{high}) — исследуемый диапазон частот. Тогда данный диапазон переводят в шкалу мЭл, разбивают на N_{FB} равномерно распределённых перекрывающихся диапазонов и вычисляют соответствующие границы в области линейных частот. Обозначим через $H_{m,k}$ – весовые коэффициенты полученных фильтров. Фильтры применяются к квадратам модулей коэффициентов преобразования Фурье. Полученные значения логарифмируются:

$$e_m = \ln\left(\sum_{k=0}^N |X_k|^2 H_{m,k}\right) \quad m = 0, \dots, N_{FB} - 1.$$

Заключительным этапом в вычислении MFCC коэффициентов является дискретное косинусное преобразование

$$c_i = \sum_{m=0}^{N_{FB}-1} e_m \cos\left(\frac{\pi i(m+0,5)}{N_{FB}}\right), \quad i = 1, \dots, N_{MFCC}.$$

коэффициентов N_{MFCC} на практике выбирают порядка 12.

LSP-коэффициенты. Описание речевого сигнала на основе кодирования с линейным предсказанием, в основе которого лежит модель речеобразования, также используется при распознавании речевого сигнала. При использовании данного метода речь представляется как отклик фильтра с переменными параметрами, на вход которого подается сигнал возбуждения.

Передаточная функция такой системы имеет следующий вид

$$H(z) = \frac{G}{1 - \sum_{k=1}^p a_k z^{-k}},$$

где G – коэффициент усиления сигнала возбуждения, a_k – коэффициенты линейного предсказания (LCP).

Для минимизации математического ожидания квадрата ошибки предсказания, получаемой на выходе анализа, необходимо осуществить подбор коэффициентов a_k соответствующим образом.

Расчет LCP-коэффициентов для некоторого сигнала можно осуществить, используя специальный алгоритм расчета [4], позволяющий получить набор числовых коэффициентов, описывающих полюсный фильтр. Полученные коэффициенты позволяют получить выражение для выхода полюсного фильтра как во временной области, так и общий вид его z -характеристики. Z -характеристика дает возможность выполнить полноценный анализ полученного фильтра во временной и частотной областях. Численные значения частот, соответствующих полюсам данного фильтра, можно получить разложением на множители знаменателя полученной z -характеристики. Кроме того, полученные значения позволяют аппроксимировать формантные частоты речевого тракта анализируемого сегмента речевого сигнала.

Этап классификации признаков. На этом этапе применяются математические методы классификации, с помощью которых осуществляется принятие решения, а также расчет ошибок классификации. В задаче голосовой идентификации используются те же методы классификации, что и в области распознавания образов, а именно, методы статистического моделирования, которые строят определенные модели векторов акустических признаков. Наиболее распространенными из них являются:

- модель k ближайших соседей;
- модель логистической регрессии;
- модель наивного байесовского классификатора;
- метод опорных векторов;
- многослойный персептрон;
- деревья решений;
- случайный лес деревьев решений.

Модель k ближайших соседей [5]. Метод k -ближайших соседей – один из методов решения задачи классификации. Предполагается, что уже имеется какое-то количество объектов с точной классификацией (т.е. для каждого них точно известно, какому классу он принадлежит). Нужно выработать правило, позволяющее отнести новый объект к одному из возможных классов (т.е. сами классы известны заранее). В основе метода k -ближайших соседей лежит следующее правило: объект считается принадлежащим тому классу, к которому относится большинство его ближайших соседей. Под «соседями» здесь понимаются объекты, близкие к исследуемому в том или ином смысле. Заметим, что здесь необходимо уметь определять, насколько объекты близки друг к другу, т.е. уметь измерять «расстояние» между объектами. Это не обязательно евклидово расстояние. Это может быть мера близости объектов, например, по цвету, форме, вкусу, запаху, интересам (если речь идёт о формировании групп людей), особенностям поведения и т.д. Следовательно, для применения метода k -ближайших соседей в пространстве признаков объектов должна быть введена некоторая метрика (т.е. функция расстояния). На практике различные признаки могут иметь разные единицы измерения и разные шкалы, что может существенно исказить реальное расстояние между объектами. Для решения этой проблемы перед применением метода k -ближайших соседей производится так называемую нормализацию (или масштабирование) данных. Существуют различные способы нормализации. Наиболее часто используемым является переход от абсолютных значений признаков к относительным. Преимущество новых переменных состоит в том, что они принимают значения от 0 до 1.

Модель логистической регрессии [6]. Логистическая регрессия – это статистическая модель, используемая для предсказания вероятности возникновения некоторого события путём подгонки данных к логистической кривой. Логистическая регрессия применяется для предсказания вероятности возникновения некоторого события по значениям множества признаков. Для этого вводится так называемая зависимая переменная y , принимающая лишь одно из двух значений – как правило, это числа 0 (событие не произошло) и 1 (событие произошло), и множество независимых переменных (также называемых признаками, предикторами или регрессорами) – вещественных x_1, x_2, \dots, x_n , на основе значений которых требуется вычислить вероятность принятия того или иного значения зависимой переменной.

Делается предположение о том, что вероятность наступления события $y = 1$ равна:

$$\Pr\{y = 1|x\} = f(z),$$

где $x = \theta^T x = \theta_1 x_1 + \dots + \theta_n x_n$, x и θ – вектора значений независимых переменных x_1, \dots, x_n и параметров (коэффициентов регрессии) – вещественных чисел $\theta_1, \dots, \theta_n$, соответственно, а $f(z)$ – так называемая логистическая функция иногда называемая сигмоидом. Для подбора параметров $\theta_1, \dots, \theta_n$ необходимо составить обучающую выборку, состоящую из наборов значений независимых переменных и соответствующих им значений зависимой переменной y .

Модель наивного байесовского классификатора [7]. Наивный классификатор Байеса – это простой вероятностный классификатор, основанный на применении теоремы Байеса со строгими (наивными) предположениями о независимости.

Формула Байеса:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}, \quad (1)$$

где $P(A)$ – вероятность гипотезы A , $P(A|B)$ – вероятность гипотезы A при наступлении события B , $P(B|A)$ – вероятность наступления события B при истинности гипотезы A , $P(B)$ – полная вероятность наступления события B .

Метод опорных векторов. Метод опорных векторов (SVM) – метод, применяемый в задачах бинарной классификации, заключающийся в поиске разделяющей гиперплоскости между двумя классами. Главной особенностью данного метода является то, что в случае линейной разделимости выборки, он ищет гиперплоскость с максимальной шириной разделяющей полосы, то есть разделяющую гиперплоскость [5], максимально отдаленную от обоих классов. В случае линейной неразделимости вводятся дополнительные переменные, характеризующие допустимую ошибку классификации на различных объектах. Также для линейно неразделимой выборки применяется трюк, заключающийся в переходе от скалярного произведения к нелинейной функции ядра. В качестве ядра может выступать любая функция, представимая в виде скалярного произведения в некотором пространстве. Данный прием позволяет перейти в пространство большей размерности, где выборка может быть линейно разделима.

Многослойный персептрон [8]. Рассмотрим ряд основных архитектур нейронных сетей, успешно применяемых для решения задачи классификации. Наиболее простой нейросетевой архитектурой является однослойный персептрон. Имеется обширный класс функций, не реализуемых однослойной сетью. Вероятность того, что случайно выбранная функция окажется линейно разделимой, весьма мала даже для умеренного числа переменных. По этой причине однослойные персептроны на практике ограничены простыми задачами [9]. Серьезное ограничение однослойных сетей можно преодолеть, добавив дополнительные слои. Например, двухслойные сети можно получить каскадным соединением двух однослойных сетей. Они способны выполнять более общие классификации. Такая сеть может моделировать функцию практически любой степени сложности, причём число слоёв и число элементов в каждом слое определяют сложность функции.

Деревья решений. Метод деревьев решений (англ.: decision tree) для задачи классификации

[9] состоит в том, чтобы осуществлять процесс деления исходных данных на группы, пока не будут получены однородные (или почти однородные) их множества. Совокупность правил, которые дают такое разбиение, позволят затем делать прогноз (т.е. определять наиболее вероятный номер класса) для новых данных. Метод деревьев решений применим для решения задач классификации, возникающих в самых разных областях, и считается одним из самых эффективных. Итак, дерево решений – это модель, представляющая собой совокупность правил для принятия решений. Графически её можно представить в виде древовидной структуры, где моменты принятия решений соответствуют так называемым узлам. В узлах происходит ветвление процесса, т.е. деление его на так называемые ветви в зависимости от сделанного выбора. Конечные (или, что то же самое, терминальные) узлы называют листьями – каждый лист – это конечный результат последовательного принятия решений. Данные, подлежащие классификации, находятся в так называемом «корне» дерева. В зависимости от решения, принимаемого в узлах, процесс в конце концов останавливается в одном из листьев, где переменной отклика (искомому номеру класса) присваивается то или иное значение.

Метод деревьев решений реализует принцип так называемого «рекурсивного деления». В узлах, начиная с корневого, выбирается признак, значение которого используется для разбиения всех данных на 2 класса. Процесс продолжается до тех пор, пока не выполнится критерий остановки.

Случайный лес деревьев решений [10]. Одним из методов классификации с обучением является метод с использованием случайных лесов.

Случайный лес состоит из большого числа (ансамбля) решающих деревьев (является одним из основных параметров метода). Для того, чтобы понять, как работает случайный лес, нужно разобраться, что из себя представляют решающие деревья (или деревья решений).

Деревья решений используются для предсказания значения переменной на основе определенного количества входных параметров. Структура дерева представляет собой «листья» и «ветки». На ребрах («ветках») дерева записаны параметры, от которых зависит целевая функция, в «листьях» записаны значения целевой функции, а в остальных узлах – параметры, по которым различаются случаи. Для того, чтобы провести классификацию нового случая, необходимо спуститься по дереву до листа и выдать соответствующее значение. В простейшем случае у нас на вход подается всего один признак, для которого хорошо различимы границы между классами (то есть максимальное значение первого класса значительно меньше минимального значения второго класса). Следовательно, достаточно всего одного показателя, чтобы предсказать класс и получить ответ.

В задачах классификации в качестве решения принимается значение, получившее большинство голосов, при условии, что каждое дерево в лесу обладает одним голосом.

Обилие методов извлечения голосовых признаков и способов их классификации вызывает необходимость экспериментального исследования, целью которого является нахождение оптимального метода извлечения голосовых признаков и методов их классификации, которые обеспечивают наибольшую корректность идентификации личности по голосу.

Для исследования используется массив с голосовыми признаками для 1220 уникальных личностей. На каждую личность в этом массиве приходится 13 усредненных MFCC-коэффициентов и 13 их дисперсий, 5 усредненных LPC-коэффициентов и 5 их дисперсий и 13 формантных признаков. Таким образом на каждую личность приходится 49 признаков.

Такое количество признаков указывает на необходимость уменьшения размерности с помощью метода анализа главных компонент (PCA).

Метод главных компонент (PCA) – один из основных способов уменьшить размерность признаков, потеряв наименьшее количество информации.

Рассмотрим ситуацию с числом признаков, большим двух. В большинстве случаев эти признаки коррелированы, поскольку являются результатами частных измерений некоторых интегральных характеристик. Часто оказывается, что эти интегральные характеристики описываются главными компонентами. Идея метода главных компонент состоит в том,

чтобы заменить k -мерную случайную величину при наименьшей потере информативности на m - мерную ($m < k$).

Для реализации метода используем уменьшения мерности признаков до определенной величины.

Результаты экспериментов приведены в таблице 1. Для каждого из наборов признаков и метода классификации в таблице приведена точность классификации на тестовой выборке. В скобках указано количество компонент PCA, при которых была достигнута лучшая точность на кросс-валидационной выборке.

Таблица 1 – Оценка точности классификации на наборах признаков при использовании метода главных компонент

Признаки	к ближайших соседей	логистическая регрессия	наивный байесовский классификатор	метод опорных векторов	многослойный перцептрон	деревья решений	случайный лес деревьев решений
MFCC (26)	0.776 (26)	0.888 (26)	0.330 (5)	0.873 (26)	0.470 (25)	0.243 (10)	0.523 (26)
LPC (10)	0.211 (10)	0.225 (10)	0.254 (10)	0.247 (10)	0.316 (10)	0.161 (10)	0.286 (10)
формантные (13)	0.048 (13)	0.029 (10)	0.054 (10)	0.035 (10)	0.063 (13)	0.032 (13)	0.068 (13)
все (49)	0.756 (45)	0.890 (49)	0.293 (5)	0.849 (40)	0.460 (45)	0.225 (49)	0.483 (35)

Из анализа таблицы можно сделать вывод о том, что наилучшие результаты обеспечиваются при использовании в качестве признаков MFCC – коэффициентов, а для классификации – метода логистической регрессии. При этом сочетании обеспечивается точность идентификации порядка 88%.

Список литературы

1. Сорокин В.Н. Распознавание личности по голосу: аналитический обзор // Информационные процессы. – 2012. – Т. 12, № 1. – С. 1–30.
2. Бодин Н.А. Оценка параметров распределения по группированным выборкам / Н.А. Бодин // Теоретические задачи математической статистики: тр. Института им. Стеклова. – 1970. – № 3. – С. 110-150
3. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов / Пер. с англ. М. : Радио и связь, 1981. 496 с.
4. Жиликов Е.Г., Белов С.П. Об оценивании параметров линейных моделей многомерных сигналов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика, 2014. 8(179): 83–88.
5. Агеев М.С., Добров Б.В. Метод эффективного расчета матрицы ближайших соседей для полнотекстовых документов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2011. № 3. С. 72-84.
6. Хардле В. Прикладная непараметрическая регрессия. М.: Мир, 1993.
7. Саймон Хайкин, Нейронные сети полный курс, второе издание // Вильямс – 2006 – Г.1.3 стр.42-45.
8. Система исследования речевых компонентов В.С. Шерхонов [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.stelani.ru/services/uslugi-po-napravleniyu-rechevye-tehnologii/350/>.
9. Brett Lantz. Machine Learning with R. Packt Publishing, Birmingham – Mumbai, 2013 стр. 119 – 158.
10. Шахиди А. Деревья решений – общие принципы работы. URL: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/tree/description/> (дата обращения: 15.03.2015).

05.13.11

Д.С. Ночевой, И.В. Перминов канд. техн. наук, С.В. Клименков

Национальный исследовательский университет ИТМО,
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, 182506@niuitmo.ru, studentikispam@gmail.com, serge.klimenkov@cs.ifmo.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ИЗ ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАММАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В данной статье рассматривается применение нейронной сети для извлечения семантических отношений, полученных из структурированных и слабоструктурированных источников, рассматриваются основные элементы сети (концепты, отношения, атрибуты, лексемы и словоформы), а также основные типы связей между элементами. Приводится классификация методов для автоматизированного извлечения семантических связей из текста. Предложенная нейронная сеть позволяет с помощью грамматических свойств текста выявлять отношения типа «часть-целое» или «меронимия». Был проведен автоматизированный поиск меронимов и холонимов в национальном корпусе русского языка, а также были добавлены новые узлы и связи в исходную онтологию. В итоге подтвердилась гипотеза о влиянии грамматических свойств структурированного текста на точность получаемых семантических отношений при обучении нейронной сети.

Ключевые слова: *семантическая сеть, онтология, семантическая связь, мероним, холоним, нейронная сеть.*

Введение

Одним из ключевых элементов систем автоматической обработки текста являются онтологии или тезаурусы. Обычно в этом качестве используются онтологии или тезаурусы, построенные на базе тех или иных словарей. Общим недостатком таких онтологий является отсутствие специализированных терминов, специфичных для данной предметной области [1]. Поэтому всегда актуальной является проблема дополнения существующей онтологии узлами из внешних источников.

С повышением производительности средств вычислительной техники, увеличения объема хранимой информации появилась возможность хранить и обрабатывать гигантский объем накопленной человечеством информации в электронном виде [2]. Часто эти данные представлены как неструктурированные или слабоструктурированные данные в виде текстов. Важным средством представления и хранения знаний стали семантические сети. Для хранения структурированной информации широко используются разнообразные базы данных. Подходы к проектированию баз данных и реляционная алгебра хорошо изучены многочисленными исследователями. Однако сама задача извлечения информации из текстов и осуществление ее долгосрочного и эффективного хранения в виде базы данных является все более широко востребованной [3].

Учеными в данной области уже разработаны несколько способов извлечения семантических связей из текстов на естественном языке. Например, Винстоном, Чаффином и Германом [4] был предложен исчерпывающий список языковых конструкций, позволяющих выделить такие связи. Аусеннак, Гиллес [5] рассмотрели способы извлечения подобных отношений из структурированных документов в формате XML. Давальцу [6] и другие ученые также занимались поиском таких отношений в веб-страницах. Миколов [7] предложил использование нейронной сети для нахождения синонимов.

Однако все перечисленные методы не позволяют достичь приемлемой точности и полноты, поэтому предметом данного исследования стало извлечение семантических связей из структурированных текстов с учетом грамматических признаков слов, а в качестве

объекта исследования можно выделить семантические сети и их поддержание в актуальном состоянии. Целью работы стало расширение существующей онтологии, а также восстановление отсутствующих связей, а именно меронимии, описывающей связь «часть-целое» [1].

Из имеющихся исходных данных и цели были выявлены задачи, требующие решения:

- 1) поиск меронимов и холонимов в различных источниках неструктурированной и слабоструктурированной текстовой информации;
- 2) анализ найденных элементов;
- 3) добавление узлов и связей в исходную онтологию.

Онтологии и семантические сети

Онтология – значимые знания в какой-либо области, представленные в виде удобной структуры данных. Семантическая сеть – это ориентированный граф, узлами которого являются понятия (или смысловые значения), а ребрами - отношения между ними [1]. Для любой онтологии критически важной является актуальность ее содержимого, а для поддержания ее в актуальном состоянии необходимо вооружиться методами регулярного дополнения и обновления онтологии.

В общем смысле онтология или семантическая сеть состоит из множества смысловых понятий или концептов, связанных между собой семантическими отношениями или связями. Концепты и связи могут иметь свойства или атрибуты, характеризующие их. Концепты, связи и атрибуты образуют структурный компонент семантической сети. Кроме этого, концепты, связи и атрибуты могут иметь экземпляры, образующие информационный компонент семантической сети. К информационному компоненту также относятся связанные с концептами леммы (канонические формы лексем), предназначенные для образования множества словоформ, и глоссы (текстовые словарные определения соответствующего концепту понятия) [2].

Рассмотрим подробнее следующие лингвистические единицы: лексемы, словоформы и «сенсы» (от английского «sense» - смысл, значение) [1]. Лексема представляет собой какое-либо слово во всех возможных формах, а именно в единственном и во множественном числе, а также в различных склонениях, родах или падежах в зависимости от части речи.

Словоформа – это конкретная форма слова [1]. Для существительных словоформой будет слово в определенном числе и падеже. В качестве примеров словоформ можно привести следующие: «дерево», «деревья», «дереву», «деревьям», «деревом» и так далее. Очевидно, что лексема – это множество или агрегация всех соответствующих ей словоформ. Приведенные в примере выше словоформы можно объединить одной лексемой «дерево».

В то же время каждой словоформе можно сопоставить один или более «сенсов» – значение этой словоформы в данном контексте. Ярким примером наличия множества «сенсов» является словоформа «ключ», которая имеет, по крайней мере, 3 смысла в зависимости от использования в тексте: водный источник, ключ от замка или выключатель в электрической цепи. Каждый из этих смыслов является «сенсом» или смыслом словоформы.

Между лексемами в онтологии устанавливаются следующие основные семантические отношения [8]:

- 1) синонимия (слова одной части речи, равные или близкие по значению, например, «радость/веселье», «луна/месяц»);
- 2) антонимия (слова, имеющие противоположное значение, например, «белый/черный», «ночь/день»);
- 3) гипонимия/гиперонимия (отношение частное-общее, например, «вода/жидкость», «дуб/дерево»; гипоним наследует все свойства гиперонима, это отношение является центральным отношением для описания существительных);
- 4) меронимия (отношение часть-целое, в качестве примеров можно привести «двигатель/автомобиль», «комната/квартира»).

Таксономические или гипонимические связи определяют иерархические отношения между концептами, а именно представляют собой связь, характеризующую отношение типа

«is-a», определяющее принадлежность концепта некоторому классу. Такие связи обладают свойствами транзитивности, антирефлексивности и антисимметричности. Концепт более общего типа, лежащий выше по иерархии, называется гиперонимом, концепт, лежащий ниже по иерархии – гипонимом.

Меронимические связи определяют отношения между концептами типа «has-a». Такие связи обладают свойствами конъюнктивности и антисимметричности. Транзитивность и рефлексивность меронимических связей в общем случае может не соблюдаться. Концепт типа, представляющий целое, называется холонимом, концепт, представляющий часть, называется меронимом. Меронимические связи, в свою очередь, подразделяются на следующие подтипы: связь «коллекция-элемент», связь «агрегат-элемент», связь «композит-элемент» [2].

В рамках исследования была составлена классификация существующих способов извлечения семантических отношений из текста.

Рассмотрим основные группы методов, основанные на:

1) шаблонах (поиск в тексте информации, соответствующей одному из шаблонов, описывающих связь, например ЦЕЛОЕ «содержит» ЧАСТЬ) [4, 9];

2) анализе объектной модели документа и форматирования текста (часто вложенные и родительские элементы обладают семантической связью) [5, 6, 10];

3) машинном обучении (ярким примером этой категории является Word2vec [7], в котором автор использовал нейронную сеть для составления списка наиболее вероятных синонимов для данного слова).

К сожалению, все перечисленные подходы являются узконаправленными и не могут полностью решить задачу добавления специализированных терминов в онтологию.

Исходя из рассмотренных материалов, была выдвинута гипотеза, что грамматические свойства структурированного текста также могут повлиять на точность и полноту получаемых семантических отношений, если учитывать их при обучении нейронной сети.

Построение нейронной сети

Поскольку уже существующая онтология состоит из узлов и связей для русского языка, то и тексты для её дополнения необходимо было найти на русском языке. В качестве входных данных для работы данного алгоритма был использован национальный корпус текстов русского языка (а именно его синтаксически размеченный подкорпус «СинТагРус»), который распространяется бесплатно по запросу для научных исследований.

В этом корпусе имеется более 600 текстов на различные темы, причём каждый текст состоит из сотен размеченных предложений. Корпус состоит из множества XML-файлов. Структура каждого файла подразумевает наличие информации об авторе, редакторе, дате создания и изменения текста, а также о его названии. Вся эта информация находится внутри двойного тега <inf>...</inf>. Далее, внутри тегов <body>...</body> перечисляются предложения (в тегах <S>...</S>) и отдельные слова с синтаксической информацией (в тегах <W>...</W>). Для обработки документов в таком формате был разработан читатель на языке Python. Для каждой словоформы указаны часть речи и множество других признаков. Например, для существительных указывается число, род, одушевлённость и падеж. Именно существительные и были выбраны для нашего исследования, поскольку связь «меронимия» может иметь место только между двумя существительными.

Таким образом, для обучения нейронной сети были отобраны все пары существительных в пределах каждого предложения, найденные в корпусе русского языка. Для каждого слова в паре были записаны такие признаки, как число, одушевлённость, род и падеж. Кроме того, был добавлен дополнительный признак – расстояние между словоформами в предложении, то есть количество других словоформ между ними. Пример нескольких строк полученных данных можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Пары существительных и их признаки, используемые для обучения сети; признаки слева направо: одушевленность, число, род, падеж, а также расстояние между этими словами

		Од. (1)	Од. (2)	Чис. (1)	Чис. (2)	Род (1)	Род (2)	Пад. (1)	Пад. (2)	Расст.
археолог	раскопка	1	0	1	0	0	1	0	5	1
завод	механизм	0	0	0	0	0	0	3	3	3
часть	механизм	0	0	0	0	1	0	3	1	0
процесс	производство	0	0	0	0	0	2	3	1	0
место	туризм	0	0	0	0	2	0	5	1	5

Важно отметить, что для определения наличия связи «меронимия» у полученных пар существительных была применена уже существующая семантическая сеть. С помощью языка запросов SEMQL, используемого в ней, не составляет особого труда получить информацию об известных связях для заданной пары словоформ.

Таким образом, получилась следующая функция, описывающая работу нейронной сети: $Y = F(g_1, \dots, g_n)$, где $g_1 \dots g_n$ – это грамматические признаки («n» в данном случае равно 9), а Y – отсутствие или наличие связи (от 0, означающего отсутствие связи, до 1).

Для исследования в рамках выдвинутой гипотезы было построено несколько нейронных сетей с помощью программы NeuroGenetic Optimizer v2.6.142, подробно рассматриваемой в источнике [11]. Данная программа очень удобна, так как позволяет обучать сразу несколько нейронных сетей по заданным входным и выходным данным. При этом от пользователя не требуется глубокое понимание работы нейронных сетей. Загрузить данные в эту программу и задать параметры можно за несколько кликов.

Было обучено несколько нейронных сетей, средняя точность тестирования лучшей из них достигла 64.9%. Наилучшей нейронной сетью по данному критерию оказалась сеть обратного распространения ошибки.

Для проверки работы сети в реальных условиях были выбраны 1000 пар существительных, не использовавшихся при обучении. Среди выбранных данных оказалось 78 пар существительных, между которыми действительно была связь «меронимия». Остальные 922 пары не имели этой связи. На основе ответов нейронной сети была составлена матрица ошибок, приведённая в таблице 2. По матрице ошибок были вычислены точность, полнота и так называемая F-мера. Точность составила около 0.649, полнота оказалась равной 0.808, а F-мера – 0.721.

Таблица 2 – Матрица ошибок, полученная после тестирования нейронной сети

	True	False
Positive	63	34
Negative	743	15

Заключение

Полученный результат подтвердил гипотезу о том, что грамматические свойства структурированного текста также могут повлиять на точность и полноту получаемых семантических отношений, если учитывать их при обучении нейронной сети. Тем не менее, полученная точность при использовании только грамматических признаков, оказалась недостаточной. Следует отметить, что для достижения большей точности следует использовать не только грамматические, но и другие признаки. В процессе исследования была составлена классификация способов извлечения семантических отношений из неструктурированной и слабоструктурированной текстовой информации. Был проведен автоматизированный поиск меронимов и холонимов в национальном корпусе русского языка, а также были добавлены новые узлы и связи в исходную онтологию. Подтвердилась гипотеза о влиянии грамматических свойств структурированного текста на точность получаемых семантических отношений при обучении нейронной сети. Значение F-меры

построенной нейронной сети составило 64.9%. Полученные результаты показывают практическую значимость предложенного метода и возможность его применения для извлечения связей из текста.

В дальнейшей научной работе планируется продолжение исследований по этой теме, а именно увеличение точности извлечения семантических отношений из текста. Планируется также провести исследования по выявлению степени совместного влияния грамматических и других признаков, в частности, форматирования и структуры текста, на точность извлечения семантических отношений при их использовании для обучения нейронной сети.

Список литературы

1. *Письмак А.Е., Харитонова А.Е., Цона Е.А., Клименков С.В.* Метод автоматического формирования семантической сети из слабоструктурированных источников // Программные продукты и системы. 2016. №3. С. 74-78.
2. *Клименков С.В., Николаев В.В., Харитонова А.Е., Гаврилов А.В., Письмак А.Е., Покид А.В.* Применение семантической сети для хранения слабоструктурированных данных // Инженерный вестник Дона. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2020/6339
3. *Карташов О.О., Бутакова М.А., Чернов А.В., Костюков А.В., Жарков Ю.И.* Средства представления знаний и извлечения данных для интеллектуального анализа ситуаций // Инженерный вестник Дона. 2018. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5421
4. *Winston, M.E., R. Chaffin and D.A. Herrmann*, 1987. A taxonomy of part-whole relations. *Cognitive science*, 11(4): 417-444.
5. *Davulcu, H., S. Vadrevu and S. Nagarajan*, 2003. Ontominer: Bootstrapping and populating ontologies from domain-specific web sites. *IEEE Intelligent Systems*, 18(5): 24-33.
6. *Aussenac-Gilles, N. and M. Kamel*, 2009. Ontology Learning by Analyzing XML Document Structure and Content. *KEOD*, 9: 159-165.
7. *Mikolov, T., K. Chen, G. Corrado and J. Dean*, 2013. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. arXiv preprint arXiv:1301.3781, 3.
8. *Cederberg, S. and D. Widdows*, 2003. Using LSA and Noun Coordination Information to Improve the Precision and Recall of Automatic Hyponymy Extraction. *Proceedings of the seventh conference on Natural language learning at HLT-NAACL 2003-Volume 4, HLT-NAACL*, pp: 111-118.
9. *Wu, S., L. Hsiao, X. Cheng, B. Hancock and T. Rekatsinas*, 2018. Fonduer: Knowledge base construction from richly formatted data. *Proceedings of the 2018 International Conference on Management of Data, ACM*, pp: 1301-1316.
10. *Klimenkov, S., E. Tsopa, A. Pismak and A. Yarkeev*, 2016. Reconstruction of Implied Semantic Relations in Russian Wiktionary. *Proceedings of the 8th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (KDIR) - 2016, Vol. 2, KDIR*, pp: 74-80.
11. *Бессмертный И.А.* Искусственный интеллект. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. 132 с.

05.13.11

**М.Ю. Румянцева, П.В. Балакшин канд. техн. наук,
А.А. Фильченков канд. физ.-мат. наук**

Университет ИТМО,
факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, mari.s70c3@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РУДЫ

В рамках работы проведено исследование способа автоматизации гранулометрического анализа с использованием нейронной сети Unet. Рассмотрен базовый метод с использованием алгоритмов классического компьютерного зрения, на основе результатов которого подготовлена обучающая выборка, и основной метод на основе нейросети. Проведена оценка эффективности методов.

Ключевые слова: *гранулометрический анализ, нейронные сети, Unet, автоматизация, компьютерное зрение.*

В настоящий момент в ряде предприятий переработки руды управление мельницей для дробления реализовано за счёт визуальной оценки распределения камней по размеру. Проблема данного метода заключается в том, что такая оценка является неточной и субъективной, так как человеку сложно оценить реальное соотношение больших, средних и маленьких камней руды. Решением проблемы является автоматизация гранулометрического анализа с помощью компьютерного зрения [1]. Для решения этой задачи необходимо произвести сегментацию изображения, выделив пиксели, принадлежащие камням или фону (к фону так же относятся элементы конвейера). В ходе данного исследования были предложены базовый и основной методы.

Базовый метод основан на классических методах компьютерного зрения. Для определения объектов на изображении в основном используют методы на основе выделения границ и выращивания регионов. Наибольший интерес представляет сегментация на основе метода маркерного водораздела [2], являющийся методом выращивания регионов, уточненная с помощью одного из методов выделения границ.

Суть метода водораздела заключается в обнаружении маркеров, которые будут являться точками локального минимума, т.е. точек, находящихся на возвышенности, и точек, находящихся на склоне, с которых “вода” разных цветов будет спускаться к центру водоёма, заполняя области объектов [3]. Целесообразно использовать автоматическую расстановку маркеров, так как анализ должен производиться в реальном времени.

Для выделения объектов к кадру применяется операции размывания с размером окна пять пикселей и адаптивная бинаризация. Вычисление маркеров производится путём вычисления точек с максимальной интенсивности к результату применения дистанционной трансформации изображения (рис. 1).



Рис. 1 – Процесс расстановки маркеров и вычисление маски

Для повышения точности, метод водораздела комбинируют с одним из методов выявления границ, что позволяет уточнить области. Лучший результат показало использование в качестве маски изображение, обработанное оператором Собеля.

Оценка точности определения камней на конвейере была произведена с помощью матрицы ошибок (таблица 1), в которой сравнивались реальная маска сегментации с маской, построенной нейронной сетью. Если пересечение между реальной и сегментированной маской превышало 70%, то сегментация признается истинно положительной (TP, True positive), иначе результат признавался ложноположительным (FP, False positive). Истинно отрицательный результат (TN, true negative) не применим к данной задаче, так как на любом изображении неизбежно присутствует фон, который необходимо определять, и для всех изображений равен нулю. Выделенный объект классифицировался как ложноотрицательный результат (FN, False negative), если камень был определён как фон, т.е. не определён вообще. Вычисление происходило на основе 10 случайно выбранных изображений конвейера, прошедших предобработку (размер 256x256 пикселей, 8-бит, градации серого). На основе этих данных были вычислены следующие метрики: точность (1) и полнота (2). Точность позволяет определить долю верно определённых объектов относительно всех объектов. Полнота характеризует долю определённых объектов относительно всех объектов.

$$precision = TP / (TP + FP) \quad (1)$$

$$recall = TP / (TP + FN) \quad (2)$$

Таблица 1 – Матрица ошибок и метрики метода водораздела

Вычисленное	Реальное положение		Точность	Полнота
	Камни	Фон		
Камни	TP = 736	FP = 490	60%	84%
Фон	FN = 134	TN = 0		

Из полученной таблицы следует, что метод водораздела не обеспечивает высокую точность, так как определяет много лишних объектов, однако обеспечивает высокую полноту, определяя более 80% необходимых объектов. Классические методы, такие как метод водораздела, подвержены ошибкам разграничения частиц (множество мелких камней определяется как один большой) или чрезмерной сегментации, когда один большой камень определяется как множество мелких, так же часто как камень выделяются детали конвейера, однако, их возможно использовать как базовый метод для обучения нейронной сети.

В качестве основного метода была выбрана нейронная сеть U-Net, которая считается одной из стандартных архитектур свёрточных нейронных сетей, используемых для задач сегментации изображений [4]. Особенность данной нейронной сети в том, что она позволяет сегментировать область по классу, т.е. создать маску, позволяющую разделить изображение на несколько классов. Архитектура сети представляет собой полносвязную свёрточную сеть, модифицированную так, чтобы она могла работать с меньшим количеством примеров и позволяла осуществлять более точную сегментацию по классам [5]. В данном случае в качестве функции потерь используется бинарная кроссэнтропия.

Изображения обучающей выборки были модифицированы с использованием графического редактора: убраны ошибочно выделенные объекты, такие как детали конвейера, убраны распознанные как крупные камни области песка (ошибка разделения мелких частиц), выделены границы для нескольких камней, распознанных как один, убрана чрезмерная сегментация. Экспериментальным образом были подобраны следующие параметры обучения нейронной сети (таблица 2):

Таблица 2 – Параметры обучения сети U-net

Эпохи	5
Размер выборки	10 изображений
Аугментация	да
Шагов/эпоха	2000
Размер пакета	2

Нейронная сеть обучалась с использованием GPU. Достигнутое значение функции потерь составляет 0,04, достигнутая доля правильных ответов (англ. accuracy) – 98,1%. В результате работы нейронной сети получена бинарная маска, отделяющая камни от фона. Далее с помощью классических методов компьютерного зрения (детектор границ Канны и

следование по границе) получено маска, которую можно наложить на исходное изображение (рис. 2). По рисунку легко определить, что результат превосходит метод водораздела, не определяя лишние объекты.

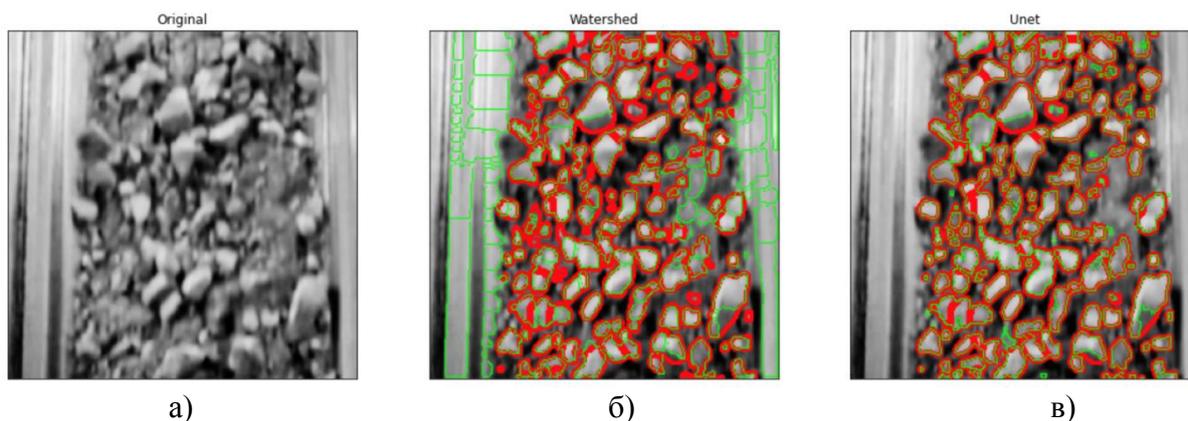


Рис. 2 – Сравнение результатов сегментации

Временные затраты на вычисление маски одного изображения (аппаратное обеспечение CPU Xeon Processors @2.3Ghz, GPU Tesla K80 12GB VRAM, RAM 13 GB) можно разделить на следующие: метод водораздела – 0,04 с, нейронная сеть – 0,09 с. Согласно построенной матрице ошибок и вычисленным метрикам по 10 изображениям (таблица 3) можно сделать вывод, что нейронная сеть U-Net обеспечивает точность детектирования, превосходящую метод водораздела в 1,57 раза, а время обработки одного изображения продолжительностью 0,09 с позволяет работать в реальном времени.

Относительно базового метода, использующего классических алгоритмы компьютерного зрения, обеспечивающего точность около 60%, основной метод на основе нейронной сети достаточно точно детектирует элементы, распознавая более 90% камней, игнорируя детали ленты конвейера. Нейронная сеть обучена таким образом, что не выделяет области мелких камней как один большой камень (ошибка разграничения частиц). Однако любые методы, использующие двумерные изображения, совершают ошибку профиля, т.е. определяют только части объекта вместо целого из-за тени. Классические методы целесообразно использовать в качестве базового метода для построения обучающей выборки.

Таблица 3 – Матрица ошибок и метрики нейронной сети

Вычисленное	Реальное положение		Точность	Полнота
	Камни	Фон		
Камни	TP = 947	FP = 56	94,4%	94,9%
Фон	FN = 23	TN = 0		

Список литературы

1. Hamzelo, E., Massinaei, M., Mehrshad, N. Estimation of particle size distribution on an industrial conveyor belt using image analysis and neural networks // Powder Technology. – 2014. – Vol. 261. – P. 185–190.
2. PratimAcharjya, P., Ghoshal, D. Watershed Segmentation based on Distance Transform and Edge Detection Techniques // International Journal of Computer Applications. – 2012, Aug. – Vol. 52. – P. 6–10. – DOI: 10.5120/ 8259-1792.
3. Gonzalez, M., Ballarin, V. Automatic marker determination algorithm for watershed segmentation using clustering // Latin American Applied Research. – 2009, July. – Vol. 39. –P. 225–229.
4. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. U-Net Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI). – Vol. 9351. – Springer, 2015. – P. 234–241. – (LNCS). – URL: <http://lmb.informatik.uni-freiburg.de/Publications/2015/RFB15a> (дата обращения 05.05.2020).
5. Liu, X., Ore image segmentation method using U-Net and Res_Unet convolutional networks // RSC Adv. – 2020. – Vol. 10, Is. 16. – P. 9396–9406. — URL: <http://dx.doi.org/10.1039/C9RA05877J> (дата обращения 14.05.2020).

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

05.13.18

¹Ф.А. Галимянов, ²П.В. Малов

¹Казанский государственный энергетический университет,
кафедра Информатики и информационно управляющих систем,
²Казанский национальный исследовательский технологический университет,
кафедра Информатики и прикладной математики,
Казань, fanisgalimyanov@gmail.com, pavel.malov@mail.ru

КОНСТРУКТИВНЫЕ, НЕЗАВИСИМЫЕ ОТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЫ ОБОБЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОБУЧАЕМЫХ МАШИН

В работе рассмотрена задача двойной классификации. Функция потерь может принимать два значения, и соответственно зависимость от них функция риска принимается как ошибка классификации и функция эмпирического риска как ошибка обучения соответственно. Мы приняли что эмпирическая частота возникновения каких-либо событий почти наверняка сходится к фактической вероятности этих же событий при количестве попыток, стремящемся к бесконечности. Мы рассмотрели понятие VC-измерения, которая накладывает ограничения на скорость равномерной сходимости. В частности, для множества функций классификации с VC-измерением, равным h .

Ключевые слова: функционал риска, VC-измерения, вероятность события, доверительный интервал, дихотомия.

Введение.

Рассмотрим особый тип задач двоичной классификации образов, в которых ожидаемый отклик определяется множеством $d = \{0,1\}$. Как следствие, функция потерь может принимать одно из двух следующих значений:

$$L(d, F(x, w)) = \begin{cases} 0, & \text{если } (x, w) = d, \\ 1, & \text{если } F(x, w) \neq d. \end{cases} \quad (1)$$

При этих условиях функционалы риска $R(w)$ и эмпирического риска $R_{emp}(w)$, определяемые формулами: $R(w) = \int L(d, F(x, w)) dF_{X,D}(x, d)$ и $R_{emp}(w) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(d_i, F(x_i, w))$ соответственно, могут иметь следующую интерпретацию.

- Функционал риска $R(w)$ — это вероятность ошибки классификации (probability of classification error), обозначаемой $P(w)$.
- Функционал эмпирического риска $R_{emp}(w)$ — это ошибка обучения (training error) (т.е. частота появления ошибок в процессе обучения), обозначаемая $v(w)$.

Согласно закону больших чисел (law of large numbers) [1], эмпирическая частота возникновения каких-либо событий почти наверняка сходится к фактической вероятности этих же событий при количестве попыток, стремящемся к бесконечности (подразумевается, что эти попытки независимы и одинаково распределены). Этот результат говорит о том, что для любого вектора w , не зависящего от обучающего множества, и для любой точности $\varepsilon > 0$ выполняется следующее условие [2]:

$$P(|P(w) - v(w)| > \varepsilon) \rightarrow 0 \text{ при } N \rightarrow \infty, \quad (2)$$

где N — размер множества обучения. Следует заметить, что выполнение условия (2) совершенно не означает, что минимизация ошибки обучения $v(w)$ при использовании некоторого правила классификации (т.е. данного вектора весов w) влечет минимизацию вероятности ошибки классификации $P(w)$. Для существенно большого размера N обучающего множества близость между $v(w)$ и $P(w)$ следует из более строгого условия [2]

$$P(\sup_w |P(w) - v(w)| > \varepsilon) \rightarrow 0 \text{ при } N \rightarrow \infty. \quad (3)$$

Постановка задачи.

В данном случае речь идет о равномерной сходимости частоты ошибок обучения к вероятности того, что $v(w) = P(w)$.

Понятие VC-измерения накладывает ограничения на скорость равномерной сходимости. В частности, для множества функций классификации с VC-измерением, равным h , выполняется следующее неравенство [2], [3]:

$$P(\sup_w |P(w) - v(w)| > \varepsilon) < \left(\frac{2eN}{h}\right)^h \exp(-\varepsilon^2 N), \tag{4}$$

где N — размер обучающего множества; e — основание натурального логарифма. Для того чтобы достичь равномерной сходимости, требуется обеспечить малое значение правой части неравенства (4) для больших значений N . В этом может помочь множитель $\exp(-\varepsilon^2 N)$, так как он экспоненциально убывает с ростом N . Оставшийся множитель $\left(\frac{2eN}{h}\right)^h$ представляет собой предел роста функции $\Delta_F(l)$ для семейства функций $F = \{F(x, w); w \in W\}$ при $l \geq h \geq 1$. Этот результат описывается леммой Сауера (Sauer's lemma). Ограничив слишком быстрый рост этой функции, мы обеспечиваем сходимость правой части неравенства к нулю при N , стремящемся к бесконечности. Это требование будет удовлетворено, если VC-измерение h не является бесконечно большим. Другими словами, конечность VC-измерения является необходимым и достаточным условием равномерной сходимости принципа минимизации эмпирического риска. Если входное пространство X обладает конечной мощностью, то семейство дихотомий F будет иметь конечное VC-измерение по X . Обратное утверждение не всегда верно.

Пусть α — вероятность события

$$\sup_w |P(w) - v(w)| \geq \varepsilon$$

Тогда с вероятностью $(1 - \alpha)$ можно утверждать, что все векторы весовых коэффициентов $w \in W$ удовлетворяют следующему неравенству:

$$P(w) < v(w) + \varepsilon. \tag{5}$$

Используя неравенство (4) и определение вероятности α , можно записать:

$$\alpha = \left(\frac{2eN}{h}\right)^h \exp(-\varepsilon^2 N) \tag{6}$$

Пусть $\varepsilon_0(N, h, \alpha)$ — некоторое значение ε , удовлетворяющее соотношению (6).

Тогда можно получить следующий важный результат [4]:

$$\varepsilon_0(N, h, \alpha) = \sqrt{\frac{h}{N} \left[\log\left(\frac{2N}{h}\right) + 1 \right] - \frac{1}{N} \log \alpha} \tag{7}$$

Величина $\varepsilon_0(N, h, \alpha)$ называется доверительным интервалом (confidence interval). Его значение зависит от размера обучающей выборки N , VC-измерения h и вероятности α .

Предел, описываемый выражением (4), при $\varepsilon = \varepsilon_0(N, h, \alpha)$ достигается в худшем случае с вероятностью $P(w) = \frac{1}{2}$, но, к сожалению, не для малых значений $P(w)$, которые интересны при решении практических задач. Для малых значений $P(w)$ более полезное ограничение можно получить в результате некоторой модификации неравенства (4) [2], [3]:

$$P\left(\sup_w \frac{|P(w) - v(w)|}{\sqrt{P(w)}} > \varepsilon\right) < \left(\frac{2eN}{h}\right)^h \exp\left(\frac{-\varepsilon^2 N}{4}\right) \tag{8}$$

В литературе представлены различные виды ограничения (8), зависящие от конкретной формы неравенства, используемого для их получений. Тем не менее все они имеют сходную форму. Из неравенства (8) следует, что с вероятностью $(1 - \alpha)$ одновременно для всех $w \in W$ выполняется соотношение [2], [3]

$$P(w) \leq v(w) + \varepsilon_1(N, h, \alpha, v) \tag{9}$$

где $\varepsilon_1(N, h, \alpha, v)$ — новый доверительный интервал, определяемый в терминах ранее рассмотренного доверительного интервала $\varepsilon_0(N, h, \alpha)$ следующим образом:

$$\varepsilon_1(N, h, \alpha, v) = 2\varepsilon_0^2(N, h, \alpha) \left(1 + \sqrt{1 + \frac{v(w)}{\varepsilon_0^2(N, h, \alpha)}}\right). \tag{10}$$

Этот доверительный интервал зависит от ошибки обучения $v(w)$. При $v(w) = 0$ он принимает упрощенный вид

$$\varepsilon_1(N, h, \alpha, 0) = 4\varepsilon_0^2(N, h, \alpha) \quad (11)$$

Выводы.

Теперь можно подвести итог и определить два ограничения на скорость равномерной сходимости.

1. В общем случае скорость равномерной сходимости удовлетворяет следующему ограничению:

$$P(w) \leq v(w) + \varepsilon_1(N, h, \alpha, v),$$

где $\varepsilon_1(N, h, \alpha, v)$ определяется формулой (10).

2. При малых (близких к нулю) значениях ошибки обучения $v(w)$ выполняется неравенство

$$P(w) \leq v(w) + 4\varepsilon_0^2(N, h, \alpha).$$

Это ограничение является более точным и более пригодным для реальных задач обучения.

3. При больших значениях ошибки обучения $v(w)$, близких к единице, выполняется ограничение

$$P(w) \leq v(w) + \varepsilon_0(N, h, \alpha)$$

Список литературы

1. Gray R.M. and L.D. Davisson. Random Processes: A Mathematical Approach for Engineers, Englewood Cliffs // NJ: Prentice-Hall, 1986.
2. Vapnik V.N. Statistical Learning Theory // New York: Wiley, 1998.
3. Vapnik V.N. Estimation of Dependences Based on Empirical Data // New York: Springer-Verlag, 1982.
4. Vapnik V.N. Principles of risk minimization for learning theory // Advances in Neural Information Processing Systems, 1992, vol. 4, p. 831-838, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.

05.13.18

А.А. Дубанов канд. техн. наук, А.В. Урбаханов канд. физ.-мат. наук,
Н.Б. Цыренжапов канд. физ.-мат. наук, А.Э. Севээн

Бурятский государственный университет,
Институт математики и информатики,
кафедра прикладной математики и дифференциальных уравнений,
Улан-Удэ, urbahanov@mail.ru

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОКРУЖНОСТЕЙ АПОЛЛОНИЯ ПРИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕТОДА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СБЛИЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

В статье представлена квазидискретная геометрическая модель задачи преследования с простым движением на плоскости методом параллельного сближения. Для каждого момента времени строится окружность Аполлония и связанные с ней характеристические линии. В данной геометрической модели для предопределенной траектории цели находится оптимальная траектория преследователя. Моделирование производилось в системе компьютерной математики MathCAD. По результатам моделирования был изготовлен анимационный ролик, где можно просмотреть перемещение и преобразование окружности Аполлония и связанных с ней характеристических точек и линий.

Ключевые слова: Задача преследования. Моделирование траекторий. Преследуемый объект.

В решении задач простого преследования на плоскости с использованием стратегии параллельного сближения используются окружности Аполлония.

Простым движением точки называется движение, когда пройденное расстояние S есть линейная функция времени: $S(t) = v \cdot t$, где $v = Const$ – модуль скорости точки.

Окружность Аполлония – это геометрическое место точек, когда $|KP|/|KT| = Const$ (Рис. 1).

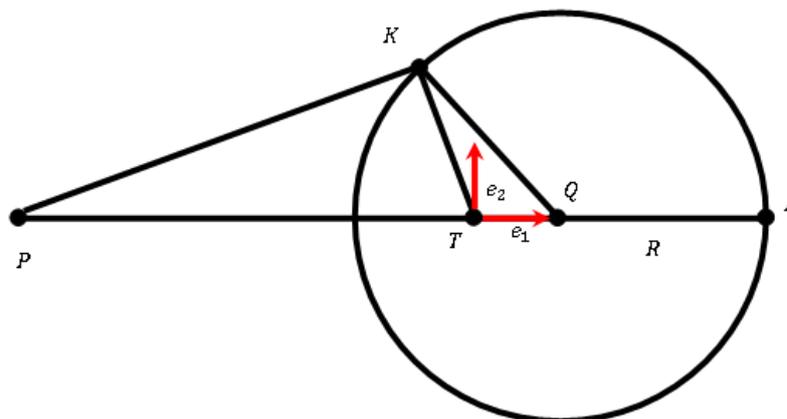


Рис. 1 – Окружность Аполлония

Применительно к задачам преследования окружность Аполлония содержит следующий смысл. Если преследователь и цель в определенный момент времени имеют положения на плоскости P и T , и значения скоростей, равные по модулю V_P и V_T , соответственно.

Тогда геометрическое множество точек K , как место возможных встреч преследователя P с целью T , является окружностью радиуса $|QK|$ с центром в точке Q [1], [2].

Направления скоростей преследователя и цели являются взаимосвязанными. То есть направление скорости цели диктует направление скорости преследователя или наоборот, направление преследователя определяет направление цели, чтобы обеспечить встречу в точках, принадлежащих окружности Аполлония.

Целью данной статьи является формализация и алгоритмизация метода параллельного сближения преследователя и цели.

Расчет параметров окружности Аполлония

Введем ортонормированную систему координат (e_1, e_2) с центром в точке T (Рис. 1), вектор e_1 сонаправлен вектору PT . Пусть $K = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$, а $P = \begin{bmatrix} -a \\ 0 \end{bmatrix}$, где $a = |PT|$. Тогда $|TK| = \sqrt{x^2 + y^2}$, а $|PK| = |K - P| = \sqrt{(x + a)^2 + y^2}$. Из условия того, что преследователь и цель приходят в точку K одновременно, имеем следующее: $\frac{|PK|}{V_P} = \frac{|TK|}{V_T}$. Откуда следует, что $V_T \cdot \sqrt{(x + a)^2 + y^2} = V_P \cdot \sqrt{x^2 + y^2}$. После возведения в квадрат и раскрытия скобок получаем уравнение:

$$\left(x - \frac{V_T^2}{V_P^2 - V_T^2} \cdot a\right)^2 + y^2 = \left(\frac{V_P \cdot V_T}{V_P^2 - V_T^2} \cdot a\right)^2.$$

Полученное уравнение в системе (e_1, e_2) с центром в точке T описывает окружность радиуса R и с центром в точке Q :

$$Q = \begin{bmatrix} \frac{V_T^2}{V_P^2 - V_T^2} \cdot a \\ 0 \end{bmatrix}, R = \frac{V_P \cdot V_T}{V_P^2 - V_T^2} \cdot a, a = |PT|.$$

Отметим одну характеристическую точку, называемой точкой Аполлония:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{V_T^2}{V_P^2 - V_T^2} \cdot a + \frac{V_P \cdot V_T}{V_P^2 - V_T^2} \cdot a \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Моделирование итерационного процесса задачи преследования

Факт того, что стратегия преследователя в задаче преследования при помощи метода параллельного сближения, является оптимальной в плане минимизации времени поимки цели доказан в работах Петросяна Л.О. [1-8].

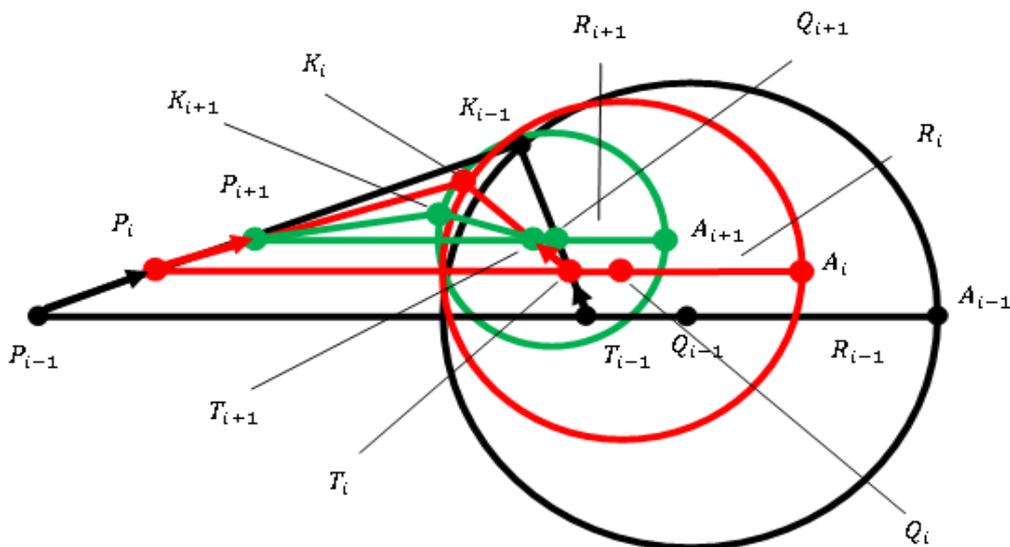


Рис. 2 – Итерационная схема

Будем считать, что для нашего итерационного процесса известны начальные данные P_0 и T_0 . Скорости преследователя и цели постоянны и равны по модулю V_P и V_T , соответственно. Траектория цели в нашей модели является predetermined, поэтому мы сможем рассчитать массив точек $\{T_i\}$, где дистанция между точками T_i и T_{i+1} равна: $|T_{i+1} - T_i| = V_T \cdot \Delta T$, ΔT - период дискретизации по времени

Итерационная схема расчета координат преследователя, координат центров окружностей Аполлония, радиусов окружностей Аполлония, характеристических точек представлена на рис. 2.

Координаты преследователя на i -ом шаге итераций будут выглядеть так:

$$P_i = P_{i-1} + V_P \cdot \Delta T \cdot \frac{K_{i-1} - P_{i-1}}{|K_{i-1} - P_{i-1}|}$$

Радиус окружности Аполлония: $R_i = \frac{V_T^2}{V_P^2 - V_T^2} \cdot |T_i - P_i|$.

Центр окружности Аполлония: $Q_i = T_i + \frac{V_T^2}{V_P^2 - V_T^2} \cdot (T_i - P_i)$.

Координаты точки K_i есть продукт решения системы уравнений относительно непрерывного параметра t :

$$\begin{cases} (K_i - Q_i)^2 = R_i^2 \\ K_i = T_i + V_T \cdot \frac{T_{i+1} - T_i}{|T_{i+1} - T_i|} \cdot t \end{cases}$$

Разрешенная относительно параметра t , система представляет собой корни квадратного уравнения, вывод которых в данной статье мы приводить не будем из-за громоздких выражений. В тестовой программе, написанной по материалам статьи, решение квадратного уравнения написано в виде отдельной процедуры – функции. С текстом тестовой программы можно ознакомиться здесь [9]. То, что отрезок $[P_i, T_i]$ останется параллельным отрезку $[P_0, T_0]$, не вызывает сомнений. Рассмотрим первый отрезок $[P_1, T_1]$. Координаты точек P_1 и T_1 равны (Рис. 3):

$$P_1 = P_0 + V_P \cdot \frac{P_0 K_0}{|P_0 K_0|} \cdot \Delta T$$

$$T_1 = T_0 + V_T \cdot \frac{T_0 K_0}{|T_0 K_0|} \cdot \Delta T$$

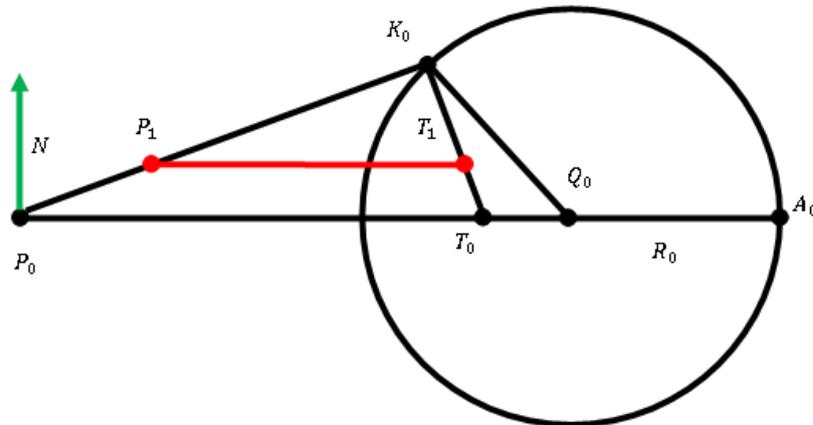


Рис. 3 – Параллельное сближение преследователя и цели

Исходя из того, что преследователь и цель должны прийти в точку K на окружности Аполлония одновременно, мы вправе сделать вывод, что:

$$\frac{V_P}{|P_0 K_0|} \cdot \Delta T = \frac{V_T}{|T_0 K_0|} \cdot \Delta T = \varepsilon.$$

$$P_1 T_1 = T_1 - P_1 = (T_0 - P_0) + \varepsilon \cdot T_0 K_0 - \varepsilon \cdot P_0 K_0 = (1 - \varepsilon) \cdot (T_0 - P_0).$$

Другими словами, вектор $P_1 T_1$ сонаправлен вектору $P_0 T_0$ и перпендикулярен вектору нормали N (Рис. 3).

Результаты моделирования задачи преследования

Нами была разработана тестовая программа, результат работы показан на рис. 4а, видно, что отрезки $[P_i, T_i]$ образуют однопараметрическую последовательность параллельных $[P_0, T_0]$ линий.

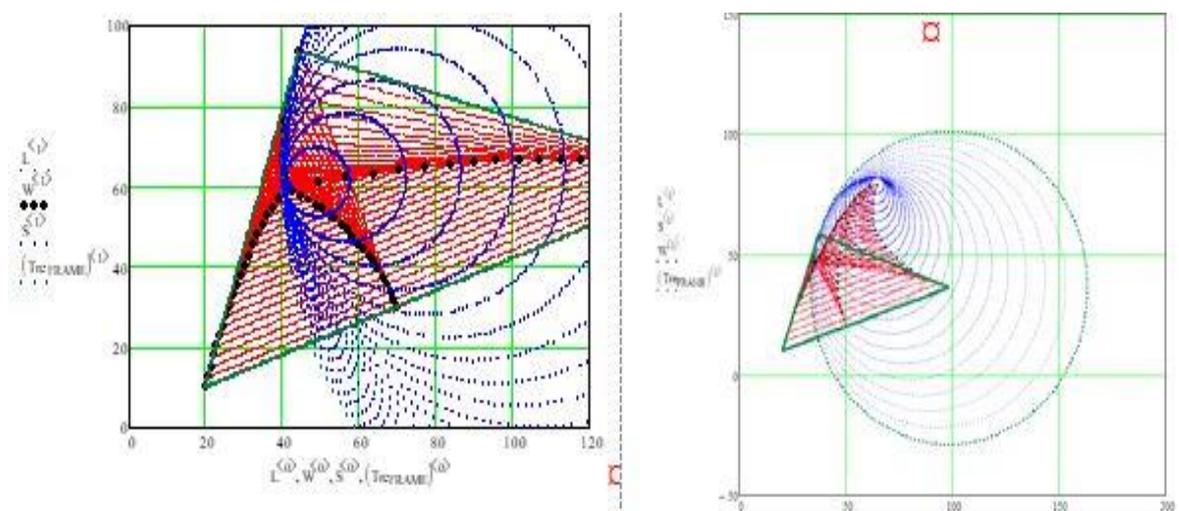


Рис. 4а - Перехват цели, 4б - Моделирование убегания цели от преследователя

Также на рис. 4а показано, точки P_i, T_i, Q_i, A_i принадлежат одной прямой. Показан подвижный треугольник P_i, Q_i, K_i , который сходится к точке встречи преследователя и цели. Глядя на рис. 4а, а именно на однопараметрическое множество окружностей Аполлония, сходящееся к точке встречи, может возникнуть обманчивое впечатление, все множество окружностей все касается в точке встречи преследователя и цели. В следующей модели с иной траекторией цели мы покажем, что это не так.

Рис. 4а дополнен ссылкой на анимированное изображение [10], где можно посмотреть как изменяется во времени расположение преследователя, цели, точек на окружности Аполлония. Итак, ситуацию, представленную на рис. 4, можно интерпретировать как моделирование перехвата преследователем цели.

Ситуацию, представленную на рис. 4б, можно интерпретировать как моделирование процесса убегания цели от преследователя [11].

На рис. 4б также показан подвижный треугольник P_i, Q_i, K_i , точки P_i, T_i, Q_i, A_i и окружности Аполлония. Хотелось бы обратить внимание на поведение точки K_i , оно похоже на поведение точки возврата второго рода. Здесь как раз наблюдается схождение окружностей Аполлония к точке встречи преследователя и цели, но множество окружностей не является касательными в одной точке [11].

Заключение

Целью данной статьи являлось показать движение всех характеристических линий и точек в реализации метода параллельного сближения в задачах простого преследования на плоскости.

Показано, движение окружности Аполлония, ее схождение к точке встречи преследователя и цели. Показано, как сходится отрезок, соединяющий преследователя и цель, будучи параллелен самому себе.

При геометрическом моделировании методом параллельного сближения не обязательно вычислять параметры окружности Аполлония. Достаточно будет строить однопараметрическое множество параллельных линий, соединяющих преследователя и цель, окружность, с радиусом равным шагу преследователя, чтобы найти точку следующего положения преследователя. Тексты программ выложены на ресурсе [9]. Ссылки на анимированное изображение, изготовленных по результатам работы программ доступны на ресурсах [10], [11].

Список литературы

1. Петросян Л.А. Дифференциальные игры преследования // Соросовский Образовательный Журнал. — 1995. — № 1.
2. Петросян Л.А., Рихсиев Б.Б. Преследование на плоскости. — Москва: «Наука», 1961. — (Популярные лекции по математике). — ISBN 5-02-014154-2.
3. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Шевкопляс Е.В. Теория Игр. Изд-во «БХВ-Петербург», 2012. — 424 с.
4. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Семина Е.А. Теория игр. Москва, 1998. — 300 с.
5. Петросян Л.А., Рихсиев Б.Б. Преследование на плоскости. Изд-во Наука, 1991. — 94 с.
6. Петросян Л.А., Томский Г.В. Геометрия простого преследования. Изд-во Наука, 1983. — 143 с.
7. Петросян Л.А., Зубов В.И. Математические методы в планировании. Изд-во ЛГУ, 1982. — 96 с.
8. Петросян Л.А. Дифференциальные игры преследования. Изд-во ЛГУ, 1977. — 222 с.
9. Программный код в системе MathCAD представлен URL: <http://dubanov.exponenta.ru/books.htm>.
10. Анимированное изображение «Окружность Аполлония 1» <https://www.youtube.com/watch?v=rsMGA1ICo7M>
11. Анимированное изображение «Окружность Аполлония 2» <https://www.youtube.com/watch?v=hGieKXNiuz8>

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

05.13.19

**¹А.Ю. Крюкова, ¹О.П. Соколова, ²Н.Н. Нагорнова,
¹К.А. Пшеничный канд. геол.-минерал. наук**¹Национальный исследовательский университет ИТМО,
факультет безопасности информационных технологий,²Находкинский городской тренинг-центр развития личной эффективности "Гебо",
a.kryukova@list.ru, sool26062014@yandex.ru, kpd-gebo@mail.ru, cpshenichny@yandex.ru**СМЫСЛОВАЯ ЦЕЛОСТНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ
И ЕЁ ПОДДЕРЖКА В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ**

Семантическая целостность информации в базе данных недостижима без экспликации смыслов, составляющих предметную область, для которой разрабатывается эта база данных. Большинство предметных областей описывается естественными языками, и смыслы, выраженные на них, далеко не всегда адекватно отображаются в существующих формализованных языках, в частности, в нотации «сущность — связь». Специально для решения этой задачи была разработана новая формальная теория — теория совокупностей и её визуальная нотация — предметка. Предметка может быть использована в качестве модели данных для реляционной базы данных и при этом открывает много дополнительных возможностей её использования.

Ключевые слова: *смысловая целостность, база данных, «сущность – связь», схема данных, теория совокупностей, примета, наполнение.*

Введение

Семантическая целостность данных, наряду с синтаксической и прагматической, всегда была в центре внимания разработчиков баз данных (далее – БД) и учёных в области теории баз данных [1]. В отличие от двух других видов семантической целостности, она не всегда может быть обеспечена программными средствами, так как требует глубокого проникновения в предметную область и определяется в первую очередь тем, насколько удачно спроектирована БД. По этой же причине она относится не только к данным, но в первую очередь к метаданным и к знаниям, лежащим в основе модели данных БД.

Наиболее распространённым языком для составления моделей данных является язык «сущность — связь» (Entity-Relationship diagram, ER) П. Чена [2], позволяющий выявлять большинство часто встречающихся нарушений семантической целостности, состоящих в отсутствии или неоднозначности отношений между объектами и (или) их атрибутами или самих объектов. Вместе с тем, данная нотация обнажила ещё один аспект семантической целостности. Так, в ней крайне сложно отобразить n -арные отношения при $n > 2$, работать с множествами, задаваемыми перечислением элементов без характерного признака, показать наследование смыслов от сущности к сущности, формально различить сущности, которые можно рассматривать как множества из t элементов, и сущности, всегда представленные в единственном экземпляре, особенно, когда t принимает значение 1, а также сущности, которые могут быть пустым множеством, и сущности, которые не могут быть ничем иным, кроме пустого множества. Эти и многие другие аспекты семантической целостности относятся к области толкования смыслов (герменевтики) и составляют предмет *смысловой целостности* информации в БД, являющейся неотъемлемой, но, как правило, игнорируемой частью семантической целостности. Для обеспечения смысловой целостности оказывается недостаточно инструментария логики и теории множеств, на которых основана теория Чена [3].

Цель данной работы — построить механизм, обеспечивающий смысловую целостность данных и метаданных в реляционных БД.

В работе описано формирование подобного механизма на основе теории совокупностей [3], рассмотрен конкретный пример, и на нём продемонстрированы свойства предлагаемого метода.

Применение теории совокупностей для моделирования данных

Теория совокупностей оперирует объектами «обозначенные смыслы», «обозначенная бессмыслица» (семантическая или синтаксическая) и «наполнение». Первые и последнее вместе образуют *совокупности*, или наполненные обозначенные смыслы, понимаемые как объекты и факты бытия [3; 4]. Обозначенный смысл сам по себе можно трактовать в терминах логики как объект, представляющий собой отдельно взятое содержание (концепт, интенционал) понятия и выражение для него в том или ином языке. При этом постулируется, что одно и то же обозначение не может относиться к смыслу и к бессмыслице.

Отношения между обозначенными смыслами, в отличие от теоретико-множественных отношений, выстраиваются независимо от наполнения, а сама возможность наличия наполнения определяется видом и позицией смысла в контексте. Обозначенные смыслы состоят друг с другом в отношениях подчинения, тождества, несовместимости, пересечения или посвящения, а также порождения.

Различают смыслы вещей и отношений (предметы, S , или события, E) и смыслы признаков (приметы, P), а также семантическую (\perp) и синтаксическую ($\underline{\perp}$) бессмыслицы. Любые два предмета несовместимы: $S_i \perp S_j$. Их пересечение всегда даёт семантическую бессмыслицу: $S_i \cap S_j = \perp$. Предметы могут объединяться, и их объединение даёт либо третий предмет ($S_i \cup S_j = S_k$), либо синтаксическую бессмыслицу ($S_i \cup S_j = \underline{\perp}$). Предметы пересекаются с приметами ($S \cap P$) либо подчинены им ($S \leq P$) либо несовместимы с ними ($S \perp P$). В случае пересечения, оставшая часть предмета, не пересекающаяся с данной приметой, является *отрицанием* данной приметы (говорят, что это отрицание приметы по такому-то предмету: $\neg^S P$). В случае подчинения, примета называется *универсумом* данного предмета: P^{uSm} . В случае несовместимости, пересечение предмета и примет есть семантическая бессмыслица. События суть минимальные пересечения предметов и примет или их отрицаний по данному предмету ($E_i = S \cap P_1 \cap \neg^S P_2 \cap \dots \cap P_n$). Любые два события несовместимы: $E_i \perp E_j$, их пересечение есть семантическая бессмыслица. Каждое событие подчинено, по крайней мере, универсумам своего предмета: $E_{iSm} \leq P^{uSm}$. Предмет, подчинённый примете и пересекающийся не менее, чем с одной приметой, образует семейство (объединение) событий и тождественен ему: $S_m = E_{1Sm} \cup E_{2Sm} \cup \dots \cup E_{nSm}$. При этом приметы (как универсумы, так и пересекающиеся с предметом) находятся в отношении *посвящения* предмету: $S \dashv P^u_1, \dots, P^u_m, (\neg^S)P_{m+1}, (\neg^S)P_{m+2}, \dots, (\neg^S)P_{n-1}, (\neg^S)P_n$, где (\neg^S) означает «с отрицанием по S или без». Само по себе семейство событий не является единым смыслом. Заслуживает упоминания, что отношения любой валентности, в отличие от признаков, являются в теории совокупностей предметами, а не приметами: например, отец Ивана, Петра и Фёдора будет событием, образованным предметом «Отец» и приметами «Ивана», «Петра» и «Фёдора», а отношение $5 > 3$ — событием, образованным пересечением предмета «Больше» («Большинствование», «Преобладание») и примет «пяти» и «над тремя». Отношение $3 > 5$ в арифметике будет равно семантической бессмыслице.

Прямых отношений между приметами нет. Приметы в контексте, кроме самых общих, *порождаются* смыслами вещей, не имеющими подчинённых смыслов (то есть событиями или предметами, в которые не входят события): $E \rightarrow P$ или $S \rightarrow P$, соответственно. Смысл вещи может породить только одну примету. В таком случае говорят, что этот смысл является «отцом», а порождаемая примета — «дочерью». Всякий предмет в контексте должен быть подчинён примете, но не своей «дочери». Примета, подчиняющая предмет или событие, называется его универсумом. Примета не может быть подчинена предмету или событию и не совместима с предметом или событием, породившим её. Самые общие универсумы, которые не могут быть порождены ни одним предметом контекста, порождаются семантической

бессмыслицей. Она же является результатом пересечения двух несовместимых обозначенных смыслов (например, любых двух предметов или событий). В отличие от семантической бессмыслицы (которая единственна), синтаксическая бессмыслица — это любой набор обозначенных смыслов, не представляющий собой единого смысла, например, любые два предмета, взятые вместе. Синтаксических бессмыслиц бесконечно много, и над ними разрешены некоторые операции, определённые для обозначенных смыслов. Визуальная нотация, представляющая отношения между обозначенными смыслами в теории совокупностей, и соответствующий графический конструкт называются *предметкой*.

Наполнением независимо от других обозначенных смыслов могут обладать только смыслы вещей — предметы или события. Приметы могут обладать наполнением только на пересечениях с предметами (в широком смысле, пересечениями являются либо собственно предметы, либо события). При этом наполнение может «перетекать», мигрировать от смысла к смыслу. Если смысл наполнен, считается, что он обладает бытием, то есть существует в «физической реальности», если нет — он пребывает в мире чистых смыслов. Переходы наполнения обозначаются буквами старославянского алфавита: *ижен* (І) — переход от одной совокупности (одного наполненного смысла) к одному, *йон* (А) — от одного к многим, *шта* (Ш) — от многих к одному, *живот* (Ж) — от многих к многим [5].

Таким образом, наше знание о мире как таковом выражается в виде предметки, знание о реальном положении дел в мире — в виде утверждений о наличии или отсутствии наполнения у конкретных смыслов, а знание об изменениях, происходящих в мире, и о зависимостях, существующих в нём — в виде переходов наполнения. Чтобы подчеркнуть субъективный и неполный характер нашего знания, мы будем называть его *мнением*. Аргументом в нём, соответственно, выступает либо наполненное/не наполненное событие, либо переход наполнения от события к событию.

Наполнение может быть как «крупными», атомами чего угодно — и тогда это отдалённый аналог урэлемента из теории множеств в версии В. Куайна (так называемые «Новые основания теории множеств», или New Foundations) [6] так и единым целым (например, «Октябрьская революция», «теорема Пифагора»), и состоянием чего бы то ни было (неважно чего — например, шторм, сон, напряжение). Второй и третий виды наполнения не имеют аналогов в теории множеств. Наполнение не может существовать само по себе и может быть лишь наполнением смысла. Бессмыслица не может иметь наполнения. При этом, в отличие от теории множеств, ни сами смыслы, ни отношения между ними не зависят от наличия или характера наполнения. Напротив, наличие или отсутствие наполнения определяется видом и позицией смысла в контексте — собственным наполнением могут обладать только предметы и события, а приметы могут иметь наполнение лишь на пересечении с оными. Если предмет имеет целостное наполнение, его события не могут иметь атомарное. Напротив, если предмет имеет атомарное наполнение, существует «черта атомарности», за которой любой его подсмысл, если вообще наполнен, имеет целостное наполнение.

Фундаментальной проблемой построения реляционной БД на основе предметки является несовместимость теорий, на которых основаны эти формализмы. Так, БД в существующем понимании основана на теории множеств, а предметка — на теории совокупностей. Алгоритм перехода от одной теории к другой в настоящее время не разработан, и не исключено, что эта задача в целом является нерешаемой. В силу данного обстоятельства реляционная БД, построенная на основе теории совокупностей, будет содержать не элементы множеств, а наполнение совокупностей. Для её построения необходимо отобрать все смыслы-предметы, интересующие проектировщиков БД. Каждому отобранному смыслу требуется определить единственный тип наполнения: атомарный или целостный (волновой тип наполнения в данной работе не рассматривается). Выбор типа наполнения — это процесс, основанный на субъективных взглядах эксперта. Типы смыслов необходимо отобразить на предметке (буквы *A*, *C* соответственно). Каждый отобранный предмет станет реляционной таблицей.

Дальнейшие преобразования совокупностей будут происходить по правилам, установленным для смыслов. При этом будут устанавливаться отношения 1:1, 1:М, М:1 или М:М между смыслом-«отцом» приметы и смыслом-«сыном» той же приметы (то есть предметом или подсмыслом предмета, подчинённым ей). Таким образом, каждое событие предмета S , будучи образовано пересечением предмета S с приметами P_1, P_2, \dots, P_k , можно охарактеризовать набором из k отношений вида 1:1, 1:М, М:1 или М:М с соответствующими смыслами-отцами этих примет, заведомо несовместимыми с ним, и эти отношения уместно прописать в соответствующих столбцах реляционной таблицы. (Понятно, что если смысл-отец имеет наполнение типа C , то отношение к нему может быть только 1:1 или М:1). Тогда каждый столбец каждой таблицы можно будет использовать для связи с другими реляционными таблицами БД, то есть полученная БД будет отличаться наивысшей степенью организованности.

Пример применения теории совокупностей для проектирования базы данных

Данный подход будет продемонстрирован на примере извлечения смыслов из текста публикации в Интернете. В качестве исходного материала была взята статья Г. Левченко «Создан компьютерный вирус, меняющий результаты МРТ и КТ. Врачи не в состоянии заметить подмену: The Washington Post» [7]. Статья была опубликована в русском сегменте Интернета и к настоящему моменту собрала 35 комментариев. Анализ текста целиком и всех комментариев к нему невозможно осуществить в формате данной публикации, поэтому ниже мы ограничимся формулировкой основной идеи текста и лишь одним комментарием, относящимся напрямую к данной идее.

Основная мысль публикации может быть сформулирована так: «Вредоносное программное обеспечение добавляет в изображения компьютерной томографии (здесь и далее — КТ) злокачественные опухоли или удаляет из них настоящие новообразования прежде, чем их изучат врачи. Это позволяет исказить диагноз». Анализируемый комментарий-возражение имеет вид: «Это же вынудит пациентов делать повторную КТ, что наоборот улучшит диагностику».

На первом этапе по данному утверждению была построена предметка (рис. 1, обозначения предметов и примет см. в табл. 1). На ней, кроме отношений между смыслами, стрелками показано мнение, выражаемое в тексте:

$$S_1 - P_1^u, \neg^{S1} P_2, P_3, \neg^{S1} P_4, \neg^{S1} P_5 \text{ I } S_1 - P_1^u, P_2, P_3, \neg^{S1} P_4, \neg^{S1} P_5 \text{ I } S_6 - P_1^u, P_2, \neg^{S6} P_3, \neg^{S6} P_4, \neg^{S6} P_5;$$

$$S_1 - P_1^u, \neg^{S1} P_2, \neg^{S1} P_3, P_4, \neg^{S1} P_5 \text{ I } S_1 - P_1^u, P_2, \neg^{S1} P_3, P_4, \neg^{S1} P_5 \text{ I } S_6 - P_1^u, P_2, \neg^{S6} P_3, \neg^{S6} P_4, \neg^{S6} P_5.$$

Первое выражение гласит, что если снимок КТ содержал удалённые ныне черты опухолей до того, как был обдуман врачом, затем был обдуман врачом, то диагноз, обдумываемый врачом, неверен. Второе выражение означает то же самое, только вместо «содержал удалённые ныне черты опухолей» без отрицания в него входит примета «содержит привнесённые черты опухолей».

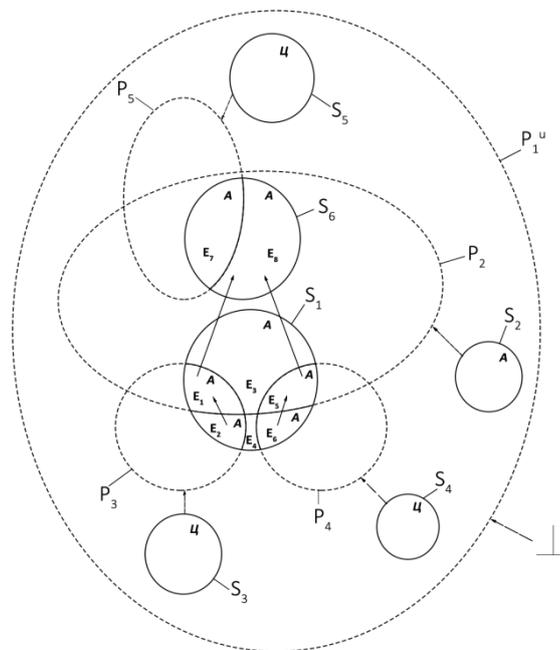


Рис. 1 - Предметка, описывающая исходное мнение, высказанное в публикации
Обозначения см. в табл. 1 и 2. Пояснения см. в тексте.

Таблица 1 - Обозначения предметов и примет на рис. 1 и 2

Символ	Смысл
Предметы	
S_1	Снимок компьютерной томографии
S_2	Врач
S_3	Стирание опухолевых черт вредоносным программным обеспечением
S_4	Привнесение опухолевых черт вредоносным программным обеспечением
S_5	Правильность
S_6	Диагноз
S_7	Повтор (только для предметки на рис. 3)
Приметы	
P_1	быть сущим (формальный универсум, порождается семантической бессмыслицей)
P_2	обдумываться врачом
P_3	подвергаться стиранию опухолевых черт
P_4	подвергаться добавлению опухолевых черт
P_5	правильный
P_6	повторный

Понятно, что большинство, если не все, предметы, перечисленные в табл. 1, сами являются событиями других предметов в более общем контексте, поэтому в теории совокупностей их также называют предмет-событиями.

Данная предметка фактически представляет собой модель данных для следующей гипотетической базы данных (рис. 2).

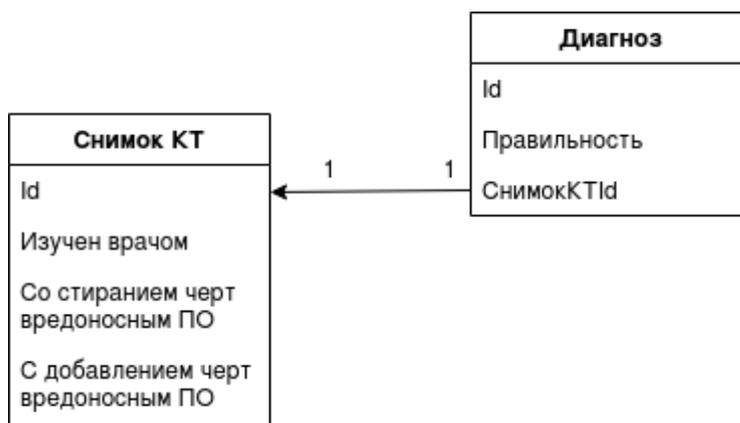


Рис.2 - Схема данных реляционной БД, описывающей взаимосвязь диагноза со снимком КТ

Пример наполнения этой БД представлен в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 — Снимок КТ

Снимок КТ (Id)	Изучен врачом 1:М	Со стиранием черт вредоносным ПО М:1	С добавлением черт вредоносным ПО М:1
1	Да	Да	Нет
2	В большей степени	Да	Нет
3	Нет	Да	Нет
4	Нет	Да	Нет
5	Да	Нет	Нет
6	В большей степени	Нет	Нет
7	Нет	Нет	Нет
8	В меньшей степени	Нет	Нет
9	В большей степени	Нет	Да
10	Да	Нет	Да
11	В меньшей степени	Нет	Да
12	Нет	Нет	Да

1.1.01. Наполнение табл. 2 соответствует событиям предметки на рис. 1: E_1 - кортежи 1, 2, E_2 - кортежи 3, 4, E_3 - кортежи 5, 6, E_4 - кортежи 7, 8, E_5 - кортежи 9, 10, E_6 - кортежи 11, 12.

1.1.02. Обеспечение наполнения БД только кортежами, удовлетворяющими событиям предметки, достигается с помощью следующего правила: значения несовместимых примет зависят друг от друга (в данном случае недопустимость одновременного значения «Да» в двух атрибутах).

Таблица 3 - Диагноз

Диагноз (Id)	Правильность М:1	СнимокКТId 1:М
1	Нет	1
2	Нет	2
3	Да	5
4	Да	6
5	Нет	9
6	Нет	10

Возражение на мнение, сформулированное выше, становится возможно при изменении контекста - привнесении в него приметы «повторный» и порождающего её предмета «Повтор» (см. табл. 1 и рис. 3).

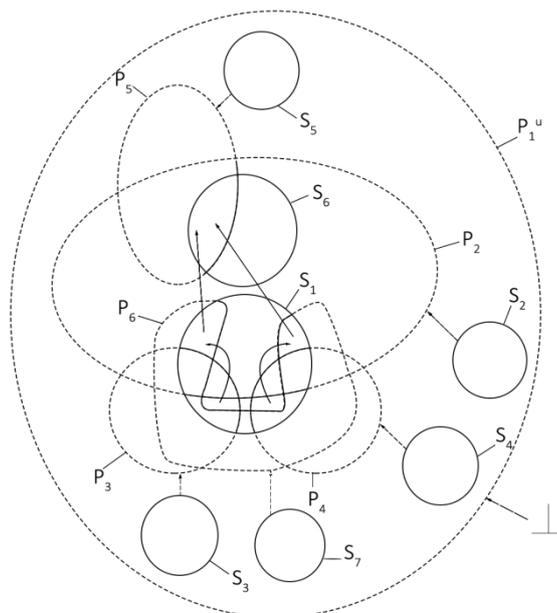


Рис. 3 - Предметка, которая описывает возражение, высказанное в комментарии к публикации

Формально это альтернативное мнение может быть выражено так:

$$\begin{aligned}
 & S_1 - P_1^u, \neg^{SI} P_2, P_3, \neg^{SI} P_4, \neg^{SI} P_5, \neg^{SI} P_6 \quad \mathbf{I} \quad S_1 - P_1^u, P_2, \neg^{SI} P_3, \neg^{SI} P_4, \neg^{SI} P_5, P_6 \quad \mathbf{I} \\
 & \quad S_6 - P_1^u, P_2, \neg^{S6} P_3, \neg^{S6} P_4, P_5; \\
 & S_1 - P_1^u, \neg^{SI} P_2, \neg^{SI} P_3, P_4, \neg^{SI} P_5, \neg^{SI} P_6 \quad \mathbf{I} \quad S_1 - P_1^u, P_2, \neg^{SI} P_3, \neg^{SI} P_4, \neg^{SI} P_5, P_6 \quad \mathbf{I} \\
 & \quad S_6 - P_1^u, P_2, \neg^{S6} P_3, \neg^{S6} P_4, P_5.
 \end{aligned}$$

Смысл первого выражения таков: если снимок КТ содержал черты опухолей, удалённые до того, как был обдуман врачом, и не был повторён, то он повторён и с него уже ничего не удалено, и только тогда он осмысливается врачом, который на его основе ставит правильный диагноз. Второе выражение, соответственно, гласит, что снимок содержал искусственно добавленные черты, но был повторён и уже не содержал таких черт, после чего поступил на обдумывание врачу, который поставил правильный диагноз.

Обсуждение и выводы

Реляционная БД, получаемая на основе теории совокупностей с использованием предметки как модели данных, математически не отличается от любой другой реляционной БД и при этом с самого начала, просто по правилам своего построения обладает наивысшей степенью нормализации, к которой в других случаях БД необходимо приводить специальными процедурами. Вместе с тем, она в гораздо большей степени поддерживает смысловую целостность содержащихся в ней данных и задающих её метаданных и знаний.

Кроме того, та же самая предметка может использоваться для решения многих других задач, из которых наиболее далёкой от проектирования и использования БД, пожалуй, является построение аргументации. В самом деле, каждая совокупность-событие может использоваться как аргумент или контраргумент в полемике, от производственной или научной дискуссии до такой игровой формы аргументационной деятельности, как дебаты. Например, кейсом дебатов может быть законопроект о запрете подключения компьютеров медицинских центров со специализированным программным обеспечением к глобальной сети Интернет. Актуальность этого кейса будет обусловлена наличием вируса, искажающего результаты КТ, цель - обезопасить процедуру медицинской диагностики, аргументом — что вирус, поражающий файлы с результатами КТ, распространяется по Интернету, а механизмом - физический либо удалённый контроль за подключением к Интернету. Возражением на это могут быть, во-первых, повторные исследования, как это было показано на рис. 3. Впрочем, на этом же рисунке видны и контр-контраргументы: повторное исследование может также дать искажённый результат (например, аргументация, что повторный снимок может также быть искажён и привести к неверному диагнозу: $S_1 - P_1^u, \neg^{SI} P_2, P_3, \neg^{SI} P_4, \neg^{SI} P_5, \neg^{SI} P_6 \quad \mathbf{I} \quad S_1 - P_1^u,$

$P_2, P_3, \neg^{S1}P_4, \neg^{S1}P_5, P_6 \text{ I } S_6-P_1^u, P_2, \neg^{S6}P_3, \neg^{S6}P_4, \neg^{S6}P_5$). Во-вторых, в анализируемом тексте было указание на то, что вирус был занесён на физическом носителе в локальную сеть, не связанную с Интернетом. Данная возможность не отображена на публикуемой предметке лишь по соображениям формата и читаемости. Контр-кейс будет состоять, например, в разработке технического регламента для тестирования медицинских локальных сетей и программного обеспечения на устойчивость к атакам и вторжениям. Подобный подход, только при других предметах рассмотрения, может оказаться особенно актуален в настоящее время для выработки стратегии борьбы с пандемией. При этом анализ аргументации будет осуществляться сразу в нескольких отношениях, и все они будут формализованы: количество аргументов и цепочек (определяется по предметке), наполнение каждого аргумента прецедентами (определяется по количеству строк в реляционных таблицах БД) и, при необходимости, другие (например, различные вероятностные меры для различных аргументов и цепочек). Таким образом, создаются предпосылки для создания принципиально новых СУБД, обеспечивающих все виды семантической целостности информации и предоставляющие беспрецедентно широкие возможности для анализа аргументации и, следовательно, поддержки принятия решений.

Список литературы

1. Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication — Bell System Technical Journal 1948.
2. Диаграммы «сущность-связь» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://samara.mgpi.ru/~dzhadza/dis/15/190.html> (дата обращения 01.05.2020).
3. Pshenichny C. Theory of multitudes as an alternative to the set theory // Representation of Dynamic Knowledge in Scientific Domains, 2018, pp. 1–31.
4. Пшеничный К.А., Стивак А.И. Метод куста событий в решении задач представления знаний. - СПб: Университет ИТМО, 2020. - 35 с.
5. Pshenichny C. Qualitative and quantitative formalisms for knowledge representation in the theory of multitudes // Representation of Dynamic Knowledge in Scientific Domains, 2018, pp. 32–75.
6. Quine, W. Mathematical logic (Revised ed.), 1951, Cambridge, Mass.: Harvard University Press
7. Создан компьютерный вирус, меняющий результаты МРТ и КТ. Врачи не в состоянии заметить подмену: The Washington Post // Meduza [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://meduza.io/feature/2019/04/04/sozdan-kompyuternyy-virus-menyayuschiy-rezultaty-mrt-i-kt-iz-za-nego-vrachi-stavyat-nepravilnye-diagnozy-the-washington-post> (дата обращения 26.05.2020).

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS****Б.Н. Иванов, Р.Н. Костромин, Р.Х. Шагимуллин
ХИМИЧЕСКИЙ И ФИЗИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС В
ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ.
СООБЩЕНИЕ 2. ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Статья продолжает и развивает цикл многолетних работ [1-15] по исследованию и рациональному применению общности и отличия физических и химических видов взаимодействия, применительно к важнейшим процессам химической технологии и универсальным приемам их осуществления.

Настоящая статья посвящена раскрытию некоторых теоретических и практических аспектов физического и химического резонансов в химико-технологических процессах.

Одним из наиболее важных, рациональных и универсальных направлений пользования химического резонанса представляется, по нашему мнению, трибохимические процессы (разного уровня структурности) механохимической технологии.

Ввиду сложности данной задачи параллельно разрабатываются варианты рационализации различных процессов механохимических технологий с помощью сочетаний физического и химического резонансов на основе несколько иных принципов [17].

Д.С. Горбатенко

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В МЕСТАХ
ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНЫХ РАБОТ**

Ключевые слова: безопасность движения, дорожно-транспортное происшествие, дорожные работы, временные средства организации движения, дорожный рабочий, нарушения правил дорожного движения, профилактика аварийности.

В статье рассматривается проблематика обеспечения безопасности движения в местах производства дорожных работ. Проведен анализ основных причин возникновения дорожно-транспортных происшествий в местах производства работ. Предложены и теоретически обоснованы мероприятия по профилактике аварийности.

**Р.Р. Губайдуллин, В.А. Заболотный, Т.Р. Сахбиев,
А.А. Тяжелова, О.Г. Морозов, А.Ж. Сахабутдинов,
И.И. Нуриев, Л.М. Сарварова, Р.Ш. Мисбахов
АЛГОРИТМ ЗОНДИРОВАНИЯ ВЫСОКОДОБОТНЫХ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

Ключевые слова: оптический векторный анализатор; высокочастотные волоконно-оптические структуры; адресная волоконная брэгговская структура; симметричное модуляционное преобразование оптической несущей; трехчастотный зондирующий сигнал.

В работе представлены результаты синтеза алгоритма зондирования высокочастотных волоконно-оптических структур с помощью полностью симметричного трехчастотного векторного анализатора сетей. На примере адресных волоконных брэгговских структур показана, что реализация алгоритма позволяет осуществить характеризацию их амплитудно-частотных характеристик с разрешающей способностью в 1 фемтометр. Данная характеристика определяется модуляционным разномом боковых частот зондирующего излучения на 1,2 МГц, что дополнительно позволяет проводить обработку информационных сигналов в области минимальных шумов фотоприемника с повышением чувствительности и отношения сигнал/шум измерений.

**B.N. Ivanov, R.N. Kostromin, R.Kh. Shagimullin
CHEMICAL AND PHYSICAL RESONANCE IN CHEMICAL
PROCESSES AND TECHNOLOGIES.
MESSAGE 2. TRIBOLOGICAL PROCESSES OF
MECHANOCHEMICAL TECHNOLOGY**

The article continues and develops the cycle of many years of work [1-15] on the study and rational application of the commonality and differences of physical and chemical types of interaction, as applied to the most important processes of chemical technology and universal methods for their implementation.

This article is devoted to the disclosure of some theoretical and practical aspects of physical and chemical resonances in chemical-technological processes.

One of the most important, rational and universal ways of using chemical resonance is, in our opinion, tribochemical processes (of different structural levels) of mechanochemical technology.

Due to the complexity of this task, parallel options are being developed for rationalizing various processes of mechanochemical technologies using combinations of physical and chemical resonances based on slightly different principles [17].

D.S. Gorbatenko

**MAKING SAFETY OF TRAFFIC IN PLACES OF
PRODUCTION OF ROAD WORKS**

Keywords: traffic safety, traffic accident, road works, temporary means of traffic organization, road worker, traffic violations, accident prevention.

The article discusses the issues of ensuring traffic safety in places of production of road works. The analysis of the main causes of road traffic accidents in the places of work. Accident prevention measures are proposed and theoretically justified.

**R.R. Gubaidullin, V.A. Zabolotny, T.R. Sakhbiev,
A.A. Tyazhelova, O.G. Morozov, A.Z. Sakhabutdinov,
I.I. Nuriev, L.M. Sarvarova, R.S. Misbakhov
PROBING ALGORITHM****FOR HIGH-QUALITY FIBER-OPTICAL STRUCTURES**

Keywords: optical vector analyzer; high-quality fiber optic structures; address fiber Bragg structure; symmetric modulation conversion of the optical carrier; three-frequency probing signal. The paper presents the results of the synthesis of a probing algorithm for high-quality fiber-optic structures using a fully symmetric three-frequency vector network analyzer. Using the example of address fiber Bragg structures, it is shown that the implementation of the algorithm allows the characterization of their amplitude-frequency characteristics with a resolution of 1 femtometer. This characteristic is determined by the modulation separation of the sideband frequencies of the probe radiation by 1.2 MHz, which additionally allows the processing of information signals in the region of the minimum noise of the photodetector with an increase in sensitivity and signal-to-noise ratio of measurements.

В.А. Заболотный, Р.Р. Губайдуллин, Т.Р. Сахбиев,
А.А. Тяжелова, О.Г. Морозов, А.Ж. Сахабутдинов,
И.И. Нуреев, Л.М. Сарварова, Р.Ш. Мисбахов, А.А. Василец
АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО
ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
СИММЕТРИЧНЫХ ВЫСОКОДОБОТНЫХ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Ключевые слова: оптический векторный анализатор; симметричные высокодобротные волоконно-оптические структуры; симметричное модуляционное преобразование оптической несущей; двухчастотный зондирующий сигнал с подавленной несущей.

В работе представлены результаты синтеза алгоритма зондирования симметричных высокодобротных волоконно-оптических структур с помощью двухчастотного сбалансированного излучения с подавленной несущей. На примере волоконных брэгговских структур с фазовым π -сдвигом показана, что реализация алгоритма позволяет осуществить характеристику их амплитудно-частотных характеристик с разрешающей способностью в единицы кГц. Данная характеристика определяется возможностью симметричной перестройки боковых составляющих по структуре с указанным шагом, применением сверхузкополосных EML лазеров, и подавлением несущей и составляющих высших порядков при формировании двухчастотного излучения по методу Ильина-Морозова.

В.Н. Игнатьев, Г.С. Филиппов, В.А. Чирков
ВЛИЯНИЕ ВИДА ТОПЛИВА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВОСПРОИЗВОДСТВА В РЕАТОРАХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

Ключевые слова: характеристика воспроизводства, топливный цикл, материалы активной зоны.

В работе исследовано влияние вида топлива на процесс воспроизводства топлива в реакторах различного типа. Для оценки воспроизводства топлива был разработан алгоритм расчета и реализован в программе на языке программирования Python. Расчет был произведен по фундаментальным характеристикам нуклидов для разных топливных циклов оксидного и нитридного топлива. Показано, что при различных топливных циклах в различных реакторах происходит изменение характеристик воспроизводства.

С.С. Павлов, Ю.С. Порохненко, А.А. Уляхин
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГЕРОЕВ
МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ИГРЫ НА ОСНОВЕ
КЛАССИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МЕТОДА
K-СРЕДНИХ

Ключевые слова: кластеризация, k-means, анализ данных, игровые роли, киберспорт.

В статье описана разработка модели решения задачи кластеризации героев. Рассматриваются использование классического представления метода (k-means) и алгоритм решения задачи кластеризации героев, как подготовку данных к дальнейшему построению рекомендаций по формированию стратегии действий игрока. Была получена кластеризация героев относительно их характеристик и показателей.

И.С. Полевщиков, В.С. Болилый, Е.Б. Кроха
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ
ОТЧЕТОВ О РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ
ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: автоматизированная система, тестирование программного обеспечения, отчет о результатах тестирования, тест-план, метрики.

Статья посвящена разработке автоматизированной системы (АС) для составления отчетов, позволяющих информативно, точно и объективно отражать результаты тестирования сложных программных систем (ПС) для принятия управленческих решений, при этом минимизируя рутинную работу специалиста по тестовой документации.

V.A. Zabolotny, R.R. Gubaidullin, T.R. Sakhbiev,
A.A. Tyazhelova, O.G. Morozov, A.Z. Sakhabutdinov,
I.I. Nuriev, L.M. Sarvarova, R.S. Misbakhov, A.A. Vasilets
ALGORITHM OF TWO-FREQUENCY PROBING
RADIATION FORMING FOR MONITORING SYMMETRIC
HIGH-QUALITY FIBER OPTICAL STRUCTURES

Keywords: optical vector analyzer; symmetric high-quality fiber optic structure; symmetric modulation conversion of the optical carrier; suppressed carrier dual frequency probing signal.

The paper presents the results of the synthesis of a probing algorithm for symmetric high-quality fiber-optic structures using two-frequency balanced radiation with suppressed carrier. By the example of fiber Bragg structures with a phase π -shift, it is shown that the implementation of the algorithm allows the characterization of their amplitude-frequency characteristics with a resolution of units of kHz. This characteristic is determined by the possibility of symmetric rearrangement of the side components in structure with the indicated step, the use of ultra-narrow-band EML-lasers, and suppression of the carrier and higher-order components during the formation of two-frequency radiation by the Il'in-Morozov's method.

V.N. Ignatev, G.S. Filippov, V.A. Chircov
INFLUENCE OF FUEL TYPE ON CHARACTERISTICS OF
FUEL REPRODUCTION IN REACTOR OF VARIOUS TYPE

Keywords: production characteristics, fuel cycle, materials of the active core.

In this research the following was explored: the influence of different kinds of fuel on the fuel generation in different types of nuclear reactors. The calculation algorithm was prepared and implemented in "Python" programming language to estimate the fuel generation. The calculation was made in according to fundamental characteristics of "the Nuclides" for different fuel cycles of Oxide fuel and Nitride fuel. The research shows that production characteristics change depending on fuel cycles in different reactors.

S.S. Pavlov, Y.S. Porokhnenko, A.A. Ulahin
DEVELOPMENT OF CLUSTERING MODELS OF HEROES
IN MULTIPLAYER GAMES BASED ON CLASSICAL
REPRESENTATIONS OF THE K-MEANS METHOD

Keywords: clustering, k-means, data analysis, game roles, cybersport.

The article describes the development of models for solving the problem of clustering heroes. Algorithms for solving the problems of clustering heroes, as data preparation for the further construction of recommendations on the formation of a player's action strategy. Clustering of heroes was obtained regarding their characteristics and indicators.

I.S. Polevshchikov, V.S. Bolilyy, E.B. Krokha
AUTOMATED SYSTEM FOR DEVELOPING REPORTS ON
THE RESULTS OF TESTING COMPLEX SOFTWARE
SYSTEMS

Keywords: automated system, software testing, report on test results, test plan, metrics.

The article is devoted to the development of an automated system (AS) for reporting test results. Such reports allow informatively, accurately and objectively reflect the results of testing complex software systems for making management decisions. The use of AS allows you to minimize the routine of a specialist in test documentation. A prototype AS has been developed that allows a specialist to create and edit reports that include information

Разработан прототип АС, позволяющей специалисту создавать и редактировать отчеты, включающие информацию о команде тестировщиков, процессе тестирования, календарном плане, дефектах, рекомендациях, метриках. Данная АС может быть интегрирована в единую автоматизированную систему управления тестированием сложных ПС на всех его фазах и дополнена средствами обучения молодых сотрудников практическим навыкам составления отчетов по реальным программным проектам. Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации.

В.И. Полуничев, С.А. Горбатов, Ю.А. Тимофеев
АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОМПЕНСАЦИИ
ДАВЛЕНИЯ ПЕРВОГО КОНТУРА В РЕАКТОРНЫХ
УСТАНОВКАХ С ВОДО-ВОДЯНЫМ РЕАКТОРОМ

Ключевые слова: реакторная установка, система компенсации давления, теплоноситель, парциальное давление газа, растворимость, газоперенос.

В данной статье рассмотрены различные типы систем компенсации давления в первом контуре реакторных установок с водо-водяным реактором, приведены основные принципы работы и расчёта технических характеристик, достоинства и недостатки. Авторами высказано мотивированное предпочтение паровой системе компенсации, предложен вариант её оптимизации, позволяющий повысить технико-экономические характеристики системы и реакторной установки в целом.

Т.Р. Сметанин, Е.А. Гурьева, В.В. Андреев, Н.Г. Андреев
РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА
«НЕЙТРОННЫЙ КОНВЕРТЕР»

Ключевые слова: поток нейтронов, нейтроны, материалы, биологическая защита, замедление нейтронов.

В работе проведен анализ конструкции лабораторной установки, а так же расчет 25 возможных вариантов ее исполнения из сочетаний различных материалов. Рассчитаны необходимые параметры, обеспечивающие безопасность при работе с комплексом. Из всех вариантов выявлены наиболее выгодные и перспективные по экономическим и массогабаритным параметрам.

Ю.А. Тимофеев, С.А. Горбатов, В.И. Полуничев
НОДУЛЯРНАЯ КОРРОЗИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНЫХ ЗОН
ИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ СУДОВЫХ РЕАКТОРОВ

Ключевые слова: активная зона судовых реакторных установок, газовая система компенсации давления, нодулярная коррозия, циркониевый сплав Э110, ресурс.

В работе представлены результаты исследования неконденсирующихся газов, растворенных в теплоносителе первого контура, на коррозионные процессы оболочек твэлов из циркониевого сплава Э110 в судовых реакторных установках с газовой системой компенсации давления.

Р.Р. Бакиров, И.С. Васильев, А.С. Хисматуллин
МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА
ЖИДКОГО АММИАКА НА НАЛИВ

Ключевые слова: контур, контроллер, противоаварийная защита, аммиак, цистерна.

В работе проведен пример модернизации измерения расхода жидкого аммиака на налив железнодорожных цистерн. Проанализировав существующую систему, решено обновить контур регулирования расхода на налив железнодорожных цистерн. Предлагается применение АСУ ТП на базе модульного контроллера противоаварийной защиты, регистрации и управления (ПЛК) FA-M3 фирмы «Yokogawa».

about the tester team, testing process, schedule, defects, recommendations, metrics. This AS can be integrated into a single automated control system for testing complex software systems at all its phases and supplemented by means of training young employees in the practical skills of reporting on real software projects.

The research is supported by a stipend of the President of the Russian Federation to young scientists and post-graduate students (No. SP-100.2018.5), which was assigned by the grants Council of the President of the Russian Federation.

V.I. Polunichev, S.A. Gorbатов, Y.A. Timofeev
ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF FIRST CIRCUIT
PRESSURE COMPENSATION SYSTEMS IN REACTOR
PLANTS WITH A PRESSURIZED WATER REACTOR

Keywords: reactor installation, pressure compensation system, coolant, gas partial pressure, solubility, gas transfer.

This article discusses the various types of pressure compensation systems in the primary circuit of a reactor plant with a pressurized water reactor, describes the basic principles of operation and calculation of technical characteristics, advantages and disadvantages. The authors expressed a motivated preference for the steam compensation system, proposed a variant of its optimization, which allows to increase the technical and economic characteristics of the system and the reactor installation as a whole.

T.R. Smetanin, E.A. Gureva, V.V. Andreev, N.G. Andreev
DESIGN CALCULATION OF NEUTRON CONVERTER
LABORATORY COMPLEX

Keywords: Neutron flux, neutrons, materials, biological protection, neutron moderation.

The work carried out an analysis of the design of the laboratory plant, as well as calculation of 25 possible versions of its implementation from combinations of different materials. The necessary parameters ensuring safety during operation with the complex were calculated. Of all the options, the most profitable and promising in terms of economic and mass-size parameters were revealed.

Y.A. Timofeev, S.A. Gorbатов, V.I. Polunichev
NODULAR CORROSION OF ELEMENTS OF ACTIVE
ZONES FROM ZIRCONIUM ALLOYS OF SHIP REACTORS

Keywords: active zone of marine reactor installations, gas pressure compensation system, nodular corrosion, zirconium alloy E110, resource.

The article presents the results of a study of non-condensable gases dissolved in a primary coolant on the corrosion processes of the cladding of fuel elements made of zirconium alloy E110 in marine reactor plants with a gas pressure compensation system.

R.R. Bakirov, I.S. Vasilev, A.S. Khismatullin
MODELING OF THE BLOCK OF MEASUREMENT OF
FLOW OF LIQUID AMMONIA IN BULK

Keywords: circuit, controller, emergency protection, ammonia, tank.

An example of modernization of measuring the flow rate of liquid ammonia in the loading of railway tanks was carried out. After analyzing the existing system, it was decided to update the flow control loop for loading railway tanks. It is proposed to use automated process control systems based on the modular controller of emergency protection, registration and control (PLC) FA-M3 from Yokogawa.

А.А. Бачурин, Д.В. Лобанов

К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ТЕРМИНА «ПРОЦЕНТ ГОРЕНИЯ» В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: качество, наружное освещение, светильник, обслуживание, небаланс нагрузки, небаланс освещенности, матрица небаланса.

В статье рассмотрены недостатки существующего способа расчета «процента горения» и неактуальность термина в существующем виде. Предложены варианты альтернативных способов оценки состояния осветительной сети и новые параметры заменяющие «процент горения».

А.И. Горькавый, М.А. Горькавый, М.А. Мельниченко
КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ
УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ МОДУЛЕМ С
ОПТИМАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

Ключевые слова: оптимальное управление, модальное управление, система электропривода, точность, функционал качества, мехатронный модуль.

В работе предложен подход к повышению точности системы управления положением, синтезированной на принципах детерминированного оптимального управления, который для одномерного объекта формализован в процедуру синтеза оптимально-модального ПИ-регулятора с многократным интегрированием. Это обеспечивает высокую точность системы в условиях действия нагрузок различной конфигурации. Рассматриваемое направление входит в перечень критических технологий Российской Федерации - «Базовые технологии силовой электротехники», а также является приоритетным в развитии науки, технологий и техники - «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика».

Б.М. Грицун, С.И. Ефрекин, А.В. Савчиц
БИОРЕАКТОР С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Ключевые слова: биореактор, хлорелла, автоматизированная система управления, Raspberry Pi, SimInTech.

В рамках данной статьи рассматривается одно из решений вопроса создания биореактора для культивирования микроводорослей, который был реализован в лабораторных условиях. Биореактор имеет централизованную автоматизированную систему управления, основой которой является миникомпьютер Raspberry Pi.

А.А. Ильинцева, М.А. Чесноков, С.В. Данилова, Е.В. Беляев
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕГРАЦИИ
СЭД И WMS СИСТЕМ

Ключевые слова: информационные системы, бизнес-процессы, систематизация, интеграционные решения, система электронного документооборота, система управления складом.

В статье рассмотрены результаты систематизации бизнес-процессов с помощью интеграции WMS и СЭД. Представлены проблемные бизнес-процессы производственного склада. Выявлены основные преимущества систематизации бизнес-процессов складского учета с использованием современных информационных систем. Определены, какие массовые трудоемкие рутинные операции предприятия можно систематизировать.

М.З. Искандаров, Р.М. Хисамутдинов
ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ СБОРОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизационная модель, моделирование сборочных систем, рабочие места, сборочная система.

A.A. Bachurin, D.V. Lobanov

TO THE QUESTION ABOUT THE ACTUALITY OF THE TERM "BURNING PERCENTAGE" IN MODERN SYSTEMS OF OUTDOOR LIGHTING

Keywords: quality, outdoor lighting, lamp, maintenance, unbalance of load, unbalance of illumination, unbalance matrix. The article discusses the shortcomings of the existing method of calculating the "burning percentage" and the irrelevance of the term in its current form. Variants of alternative ways of assessing the ready-state of the lighting network and new parameters replacing the "burning percentage" are proposed.

A.I. Gorkavyi, M.A. Gorkavyi, M.A. Melnichenko
COMPENSATION OF PERTURBATIONS IN THE CONTROL
SYSTEM OF MECHATRONIC MODULE WITH THE
OPTIMAL REGULATOR

Keywords: optimal control, modal control, electric drive system, accuracy, quality functional, mechatronic module.

The paper proposes an approach to improving the accuracy of the position control system synthesized on the principles of deterministic optimal control, which is formalized for a one-dimensional object into the synthesis procedure of an optimally modal PI-regulator with multiple integration. This ensures high accuracy of the system under conditions of loads of various configurations. The direction under consideration is included in the list of critical technologies of the Russian Federation - "Basic technologies of power electrical engineering", and is also a priority in the development of science, technology and technic - "Energy efficiency, energy conservation, nuclear energy".

B.M. Gritsun, S.I. Efrekin, A.V. Savchits
BIOREACTOR WITH AUTOMATIZED CONTROL SYSTEM
FOR MICROALGAE CULTIVATION

Keywords: bioreactor, chlorella, automatized control system, Raspberry Pi, SimInTech.

At this paper discusses one of the solutions to the problem of creating such a bioreactor, which was implemented in the laboratory. The bioreactor has a centralized automated control system based on the Raspberry Pi minicomputer.

A.A. Ilyintseva, M.A. Chesnokov, S.V. Danilova, E.V. Belyaev
SYSTEMATIZATION OF ENTERPRISE BUSINESS
PROCESSES BY INTEGRATION
OF EDMS AND WMS SYSTEMS

Keywords: information systems, business processes, systematization, integration solutions, electronic document management system, warehouse management system.

The article considers the results of systematization of business processes using the integration of WMS and SED. The problem business processes of a production warehouse are presented. The main advantages of systematization of business processes of warehouse accounting using modern information systems are revealed. It is determined which mass labor-intensive routine operations of the enterprise can be systematized.

M.Z. Iskandarov, R.M. Khisamutdinov
OPTIMIZATION MODEL OF PRODUCTION PROCESSES
OF AUTOMOBILE ASSEMBLY SYSTEM

Keywords: simulation modeling, optimization model, modeling of assembly systems, workplaces, assembly system.

This article considers a comprehensive introduction to the

Данная статья рассматривает всестороннее введение в имитационное моделирование производственных процессов сборочной системы автомобилей, где рассматривается анализ производственных процессов, из которых следует, что компьютерная симуляция является надежным методом проверки различных показателей сборочной системы. Имитационное моделирование представляет собой программный инструмент, с помощью которого можно произвести неограниченное количество экспериментов для определения наиболее эффективных параметров системы. Моделирование позволяет обнаружить и устранить проблемы, которые проявляются на ранних этапах пуско-наладочных работ сборочной системы, из чего следует значительная экономия затрат и времени [1]. В данной статье приведена часть теоретической базы темы и практический пример использования моделей. В качестве практического исследования разработана и изучена имитационная модель сборочной системы автомобилей с рабочими местами для подбора оптимальных параметров сборки автомобилей и рационального использования трудовых ресурсов при выполнении технологических операций. Для практического исследования использовались программное обеспечение и библиотеки объектов.

С.В. Латухов, К.Э. Никадимов

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА СУДОЗАХОДОВ КАК ОБЪЕКТА ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В АКВАТОРИИ ПОРТА

Ключевые слова: судозаход, экологическая безопасность, дисперсия, математическое ожидание, коэффициент вариации, среднеквадратическое отклонение, сжиженный природный газ.

Количество судозаходов, как правило, определяется потребностью в перевозимом грузе, климатическими условиями порта (наличие ледового фактора), развитостью инфраструктуры порта для перевалки груза, географическим расположением порта. Так как все параметры, кроме климатического фактора достаточно стабильны, то судозаход является случайной величиной.

На судозаход действуют и другие случайные факторы, в частности, человеческий. С учетом изложенного при обеспечении экологической безопасности в акватории морского порта необходимо учитывать снижение судозахода зимой и его избыток летом. В статье приведен анализ судозахода в морском порту Архангельск.

С.В. Леонтьев, А.Е. Никитина

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Ключевые слова: тепловлажностная обработка, автоматизированная система управления, система поддержки принятия решений.

Тепловлажностная обработка бетонных и железобетонных изделий является наиболее длительным, энергоемким и ответственным технологическим процессом, который зависит от множества факторов. Однако на большинстве предприятий ТВО осуществляется вручную, а её режим принят единым для всей номенклатуры выпускаемой продукции. Решением данной проблемы является разработка и внедрение в производство систем поддержки принятия решений, являющихся частью автоматизированной системы управления технологическим процессом ТВО ЖБИ широкой номенклатуры.

simulation of production processes of automobile assembly system, which examines the analysis of production processes, from which it follows that computer simulation is a reliable method of checking various indicators of the assembly system. Simulation is a software tool with which can be performed an unlimited number of experiments to determine the most effective parameters of system. Modeling allows to detect and eliminate problems that occur in the early stages of commissioning of assembly system, which implies significant cost and time savings [1]. This article provides a part of the theoretical basis of the topic and a practical example of the use of models. As a practical study, a simulation model of automobile assembly system with workplaces was developed and studied for selection of optimal automobile assembly parameters and the rational use of labor resources in performance of technological operations. The software and object libraries were used for practical research.

S.V. Latukhov, K.E. Nikadimov

TO THE QUESTION OF ANALYSIS OF SHIPPING AS AN OBJECT OF INFLUENCE ON THE ENVIRONMENTAL ENVIRONMENT IN THE PORT AQUATORY

Keywords: ship call, environmental safety, variance, expectation, coefficient of variation, standard deviation, liquefied natural gas. The number of calls, as a rule, is determined by the need for the transported cargo, the climatic conditions of the port (the presence of an ice factor), the development of the port's infrastructure for transshipment of cargo, the geographical location of the port. Since all parameters except the climatic factor are quite stable, the call is a random variable.

Other accidental factors, human, act on the call. Given the above, while ensuring environmental safety in the water area of the seaport, it is necessary to consider the reduction in ship call in winter and its excess in summer. The article provides an analysis of the call at the seaport of Arkhangelsk.

S.V. Leontev, A.E. Nikitina

CONCEPTUAL MODEL OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CURING OF VARIOUS NOMENCLATURE PRODUCTS AT PRECAST CONCRETE FACTORIES

Keywords: curing, automated control system, decision support system.

Curing of concrete and reinforced concrete products is the most long-term, energy-intensive and responsible technological process, which depends on many factors. However, at most enterprises, curing is performed manually, and its mode is adopted as a single one for the entire range of products. The solution to this problem is the development and implementation of decision support systems that are part of an automated process control system for curing of a wide range of products.

А.Д. Петриков, А.А. Силаев

МЕТОД ВЫБОРА РЕГУЛЯТОРА, ЕГО НАСТРОЙКИ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСТУПАЮЩЕЙ СМЕСИ В ТЕПЛООБМЕННИК

Ключевые слова: передаточная функция, объект управления, кривая разгона, теплообменник, коэффициент усиления, статистические критерии качества, динамические критерии качества.

В статье исследована одноконтурная САР, предложена методика расчета настроечных коэффициентов ПИ-регулятора, проведен анализ полученной модели с помощью критериев качества и оценена эффективность предложенной САР.

С.Г. Лялин

ВЫБОР МЕТОДА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Ключевые слова: голосовая идентификация, голосовые признаки, формантные признаки, кепстральные коэффициенты, коэффициенты линейного предсказания, методы классификации, метод главных компонент.

Рассматривается последовательность этапов голосовой идентификации. Более подробно рассмотрены этапы извлечения голосовых признаков и классификации признаков. В качестве методов извлечения голосовых признаков рассмотрены формантный метод, метод кепстральных коэффициентов и метод коэффициентов линейного предсказания. Рассмотрено применение на этапе классификации признаков следующих моделей: модель k ближайших соседей, модель логистической регрессии, модель наивного байесовского классификатора, метод опорных векторов, многослойный перцептрон, деревья решений, случайный лес деревьев решений. Для проведения экспериментальных исследований, целью которых является выбор метода извлечения признаков и их классификации, обеспечивающих наибольшую точность идентификации, использован метод главных компонент.

Д.С. Ночевной, И.В. Перминов, С.В. Клименков
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ИЗ ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАММАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Ключевые слова: семантическая сеть, онтология, семантическая связь, мероним, холоним, нейронная сеть.

В данной статье рассматривается применение нейронной сети для извлечения семантических отношений, полученных из структурированных и слабоструктурированных источников, рассматриваются основные элементы сети (концепты, отношения, атрибуты, лексемы и словоформы), а также основные типы связей между элементами. Приводится классификация методов для автоматизированного извлечения семантических связей из текста. Предложенная нейронная сеть позволяет с помощью грамматических свойств текста выявлять отношения типа «часть-целое» или «меронимия». Был проведен автоматизированный поиск меронимов и холонимов в национальном корпусе русского языка, а также были добавлены новые узлы и связи в исходную онтологию. В итоге подтвердилась гипотеза о влиянии грамматических свойств структурированного текста на точность получаемых семантических отношений при обучении нейронной сети.

М.Ю. Румянцева, П.В. Балакшин, А.А. Фильченков
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РУДЫ

Ключевые слова: гранулометрический анализ, нейронные сети, Unet, автоматизация, компьютерное зрение.

В рамках работы проведено исследование способа автоматизации гранулометрического анализа с

A.D. Petrikov, A.A. Silaev

METHOD OF SELECTING THE REGULATOR, ITS SETTINGS AND ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE RESULTING SYSTEM FOR REGULATING THE TEMPERATURE OF THE INCOMING MIXTURE IN THE HEAT EXCHANGER

Keywords: transfer function, control object, acceleration curve, heat exchanger, gain factor, statistical quality criteria, dynamic quality criteria.

The article investigates a single-circuit automated control system, proposes a method for calculating the tuning coefficients of the PI controller, analyzes the obtained model using quality criteria and evaluates the effectiveness of the proposed automated control system.

S.G. Lyalin

SELECTING A FEATURE EXTRACTION METHOD FOR VOICE IDENTIFICATION

Keywords: voice identification, voice features, formant features, kepsral coefficients, linear prediction coefficients, classification methods, principal component analysis.

The sequence of stages of voice identification is considered. The stages of extracting voice features and classification of features are discussed in more detail. As methods for extracting speech features, the formant method, the cepstral coefficient method, and the linear prediction coefficient method are considered. The application of the following models at the stage of classification of features is considered: the model of k nearest neighbors, the logistic regression model, the naive Bayesian classifier model, the support vector machines method, the multi-layer perceptron, decision trees method, a random forest of decision trees. For conducting experimental studies, the purpose of which is to choose a method for extracting features and their classification, ensuring the greatest accuracy of identification, the principal component analysis method is used.

D.S. Nochevnoi, I.V. Perminov, S.V. Klimentov
AUTOMATED EXTRACTION OF SEMANTIC RELATIONS FROM TEXT BY USING GRAMMATICAL FEATURES

Keywords: semantic network, ontology, semantic relation, meronym, holonym, neural network.

Extraction of semantically related words from the text in a natural language is always actual in order to build a modern ontology. The aim of this study is meronymy and holonymy semantic relations recovery by using implied data from text structure. The new neural network was proposed that allows using grammatical properties of the text to identify relationships of the "part-whole" or "meronymy" type. An automated search for meronyms and holonyms was performed in the national corpus of the Russian language, and new nodes and relations were added to the original ontology. As a result, the hypothesis about the influence of grammatical features of structured text on the accuracy of semantic relations obtained during neural network training was confirmed.

M. Y. Rumiantceva, P.V. Balakshin, A.A. Filchenkov
APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR AUTOMATION OF PARTICLE ANALYSIS OF ORE

Keywords: particle size analysis, neural networks, Unet, automation, computer vision

This paper presents a method for automating particle size analysis using the Unet neural network. The basic method using

использованием нейронной сети *Unet*. Рассмотрен базовый метод с использованием алгоритмов классического компьютерного зрения, на основе результатов которого подготовлена обучающая выборка, и основной метод на основе нейросети. Проведена оценка эффективности методов.

Ф.А. Галимянов, П.В. Малов
 КОНСТРУКТИВНЫЕ, НЕЗАВИСИМЫЕ ОТ
 РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЫ ОБОБЩАЮЩЕЙ
 СПОСОБНОСТИ ОБУЧАЕМЫХ МАШИН

Ключевые слова: функционал риска, VC-измерения, вероятность события, доверительный интервал, дихотомия. В работе рассмотрена задача двойной классификации. Функция потерь может принимать два значения, и соответственно зависимые от них функция риска принимается как ошибка классификации и функция эмпирического риска как ошибка обучения соответственно. Мы приняли что эмпирическая частота возникновения каких-либо событий почти наверняка сходится к фактической вероятности этих же событий при количестве попыток, стремящемся к бесконечности. Мы рассмотрели понятие VC-измерения, которая накладывает ограничения на скорость равномерной сходимости. В частности, для множества функций классификации с VC-измерением, равным h .

classical computer vision algorithms is considered, based on the results of which a training sample has been prepared, and the main method based on a neural network. The effectiveness of the methods was evaluated.

F.A. Galimyanov, P.V. Malov
 CONSTRUCTIVE, INDEPENDENT FROM THE
 DISTRIBUTION LIMITS OF THE GENERAL ABILITY OF
 TRAINED MACHINES

Keywords: risk functional, VC measurements, probability of an event, confidence interval, dichotomy. The paper considers the dual classification problem. The loss function can take two values, and accordingly the risk function dependent on them is taken as a classification error and the empirical risk function as a learning error, respectively. We accepted that the empirical frequency of the occurrence of any events almost certainly converges to the actual probability of the same events with the number of attempts tending to infinity. We examined the concept of VC-measurement, which imposes restrictions on the speed of uniform convergence. In particular, for many classification functions with a VC-dimension equal to h .

А.А. Дубанов, А.В. Урбаханов, Н.Б. Цыренжапов,
 А.Э. Севээн

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОКРУЖНОСТЕЙ АПОЛЛОНИЯ ПРИ
 ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕТОДА
 ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СБЛИЖЕНИЯ НА ПЛОСКОСТИ

Ключевые слова: Задача преследования. Моделирование траекторий. Преследующий объект.

В статье представлена квазидискретная геометрическая модель задачи преследования с простым движением на плоскости методом параллельного сближения. Для каждого момента времени строится окружность Аполлония и связанные с ней характеристические линии. В данной геометрической модели для предопределенной траектории цели находится оптимальная траектория преследователя. Моделирование производилось в системе компьютерной математики *MathCAD*. По результатам моделирования был изготовлен анимационный ролик, где можно просмотреть перемещение и преобразование окружности Аполлония и связанных с ней характеристических точек и линий.

A.A. Dubanov, A.V. Urbahanov, N.B. Tsyrenzhapov,
 A.E. Seven

VISUALIZATION OF THE APOLLONIUM CIRCLE DURING
 GEOMETRIC SIMULATION OF THE METHOD OF
 PARALLEL APPROXIMATION ON THE PLANE

Keywords: The task of persecution. Trajectory modeling. Haunting Object.

This article presents a quasidiscrete geometric model of the problem of simple pursuit on a plane by the method of parallel approximation. For each moment of time, the Apollonius circle and associated characteristic lines are constructed. In this geometric model, for the predetermined target path, the optimal path of the pursuer is found. Modeling was performed in the computer mathematics system *MathCAD*. Based on the simulation results, an animated video was made, where you can view the movement and transformation of the Apollonius circle and associated characteristic points and lines.

А.Ю. Крюкова, О.П. Соколова, Н.Н. Нагорнова,
 К.А. Пшеничный

СМЫСЛОВАЯ ЦЕЛОСТНОСТЬ ИНФОРМАЦИИ И ЕЁ
 ПОДДЕРЖКА В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Ключевые слова: смысловая целостность, база данных, «сущность – связь», схема данных, теория совокупностей, примета, наполнение.

Семантическая целостность информации в базе данных недостижима без экспликации смыслов, составляющих предметную область, для которой разрабатывается эта база данных. Большинство предметных областей описывается естественными языками, и смыслы, выраженные на них, далеко не всегда адекватно отображаются в существующих формализованных языках, в частности, в нотации «сущность – связь». Специально для решения этой задачи была разработана новая формальная теория — теория совокупностей и её визуальная нотация — предметка. Предметка может быть использована в качестве модели данных для реляционной базы данных и при этом открывает много дополнительных возможностей её использования.

A.Yu. Kryukova, O.P. Sokolova, N.N. Nagornova,
 C.A. Pshenichny

MEANING-BASED INTEGRITY OF INFORMATION AS
 SUPPORTED IN THE RELATIONAL DATABASE DESIGN

Keywords: meaning-based integrity, database, “entity-relationship”, schema, theory of multitudes, primeta, fill.

Semantic integrity of information in a database requires, inter alia, explication of meanings in a subject area the database is designed for. Most of these, however, are described in natural languages, and verbalized meanings are often far from adequately expressible in the existing languages of knowledge representation, including the entity-relationship diagrams. To cope with this complication, a new formal theory was developed, the theory of multitudes, with an ad hoc visual notation termed *predmetka*. The paper shows that *predmetka* can be fairly well used as a data model for a relational database and, in addition, opens wide spectrum of new opportunities of database application.

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

№6 2020

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.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 25.06.2020 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 25.06.2020

7,2 усл.печ.л. 8,0 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 2770.

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»