ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Материалы XVI Международной научно-практической конференции

14 декабря 2016

Том 1

Сборник зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52828

Председатель Организационного комитета

Воронцов Алексей Васильевич, д-р филос. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, первый вице-президент Петровской академии наук и искусств,председатель Межрегиональной общественной организации «Российско-Белорусское Братство», председатель «Комиссии по науке и высшей школе» Законодательного собрания СПб (г. Санкт-Петербург)

Заместители председателя Оргкомитета

Али Пири, к-т филос. наук, Университет Алламе Табатабаи, Председатель научно-исследовательского института (Иран, Тегеран)

Байнев В.Ф., д-р эконом. наук, профессор кафедры менеджмента Белорусского государственного университета (Беларусь, г. Минск)

Матвеев В.В., д-р техн. наук, канд эконом. наук, профессор, академик Академии геополитических проблем, Академии военных наук, Петровской академии наук и искусств (Санкт-Петербург)

Потапов Б.В., д-р. техн. наук, профессор Мюнхенского технического университета (Германия, г. Мюнхен)

Учредитель конференции:
Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего»

Адрес редакции:
191002, Санкт-Петербург, ул. Социалистическая, д. 4 литер А, пом. 2Н
E-mail: to-future@mail.ru
Web: www.to-future.ru
ISSN 2307-1354
Отпечатано в ООО "Стратегия будущего"
Форма 60х48/16т
Тираж 500 экз.
© Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего»

Организационный комитет:

Баранов В.Е., д-р филос. наук
Безлепкин В.В., д-р эконом. наук
Белов П.Г., д-р техн. наук
Буг С.В., д-р пед. наук
Буйневич М.В., д-р техн. наук
Бутырский Е.Ю., д-р физ.-мат. наук
Варзин С.А., д-р мед. наук
Домаков В.В., д-р эконом. наук, д-р техн. наук
Доценко С.М., д-р техн. наук
Дронов Р.В., д-р эконом. наук
Ежов М.В., д-р истор. наук
Ефимов В.А., д-р эконом. наук
Иванов В.С., д-р физ.-мат. наук
Кефели И.Ф., д-р филос. наук
Комаров М.П., д-р воен. наук
Куликова О.Ю., канд. истор. наук
Лукин В.Н., д-р полит. наук
Матвеев А.В., канд. техн. наук
Мусиенко Т.В., д-р полит. наук
Наумов В.Н., д-р воен. наук
Нурышев Г.Н., д-р полит. наук
Печников А.Н.. д-р пед. наук, д-р техн. наук
Попов А.Н., д-р воен. наук
Привалов В.Е., д-р физ.-мат. наук
Рищук С.В., д-р мед. наук
Розенберг В.Я., д-р техн. наук
Фотиади А.Э., д-р физ.-мат. наук
Цветков В.Ю., д-р геогр. наук
Циммерман Ю., д-р наук
Щербак С.Г., д-р мед. наук

Сборник издается без редакторских правок. Ответственность за содержание материалов возлагается на авторов

FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCHES IN THE MODERN WORLD

Materials XVI of the International scientific and practical conference

14 December 2016

Volume 1

The collection is registered in Russian Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications
Certificate on registration ПИ № ФС77-52828

Chairman of organizing committee

Vorontsov Alexey Vasilyevich,
Doctor in Philosophy, Professor, Head of the department «Stories and theories of sociology» of Herzen University, Chairman «Commissions on science and the higher school» Legislative assembly of SPb (Russia, St. Petersburg)

Vice-chairman of organizing committee

Ali Piri, PhD in Philosophy, Founder and Chairman of Talayedarane Ofoghe Elm Scientific & Research Institute (Iran, Tehran)

Baynev V. F., Doctor in Economics, Professor of department of management of the Belarusian state university (Belarus, Minsk)

Matveev V. V., Doctor in Engineering, Professor, Head of the department «Management of social and economic systems» of Institute of development of additional professional education (Russia, St. Petersburg)

Potapov B. V., Doctor in Engineering, Professor of the Technical University of Munich (Germany, Munich)

Founder of conference:
Information publishing educational scientific center «Strategy of the Future»,
Saint-Petersburg, Russia

Address of the editorial office:
191002, St. Petersburg, Sotsialisticheskaya St. 4 block A-2H
E-mail: to-future@mail.ru
Web: www.to-future.ru

ISSN 2307-1354

Form 60x48/16
Circulation 500 copies

© Information publishing educational scientific center «Strategy of the Future»

Organizing committee:

Baranov V. E., Doctor in Philosophy
Bezlepkin V. V., Doctor in Economics
Belov P. G., Doctor in Engineering
Bug S. V., Doctor in Pedagogics
Buynevich M. V., Doctor in Engineering
Butyrsky E. Yu., Doctor in Physics and Mathematics
Varzin S. A., Doctor in Medicine
Domakov V. V., Doctor in Economics, Doctor in Engineering
Dotsenko S. M., Doctor in Engineering
Ezhov M. V., Doctor in History
Efimov V. A., Doctor in Economics
Ivanov V. S., Doctor in Physics and Mathematics
Kefeli I. F., Doctor in Philosophy
Komarov M. P., Doctor in Military
Kulikova O. Yu., PhD in History
Lukin V. N., Doctor in Politics
Matveev A. V., PhD in Engineering
Musienko T. V., Doctor in Politics
Naumov V. N., Doctor in Military
Nurishev G. N., Doctor in Politics
Pechnikov A. N. Doctor in Pedagogics, Doctor in Engineering
Popov A. N., Doctor in Military
Privalov V. E., Doctor in Physics and Mathematics
Rischuk S. V., Doctor in Medicine
Rosenberg V. Ya., Doctor in Engineering
Fotiadi A. E., Doctor in Physics and Mathematics
Tsvetkov V. Yu., Doctor in Geography
Zimmerman U., Doctor in Engineering
Shcherbak S. G., Doctor in Medicine

The collection is published without editorial editings. Responsibility for obsession of materials is conferred on authors

СОДЕРЖАНИЕ

Секция ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бутырский Е.Ю. Модели динамических систем с отказами 5

Орлов Е.А. Математическая модель элементарного объекта..... 22

Зинина А.И. Визуализация геометрических объектов в Mathematica 35

Эрдниева Н.С. Разработка алгоритма кодирования-декодирования кодов избыточных систем остаточных классов 39

Корнеев Н.М. Некоторые аналитические свойства рядов Дирихле, аппроксимирующиеся полиномами Дирихле..... 41

Матвеева М.В., Малинова О.Е., Сидорова Т.В. Использование направленных ответвителей в волноводных системах, работающих в S и X диапазонах частот .. 43

Гурьева П.В., Конов К.И., Орлова М.О. Синхротронное излучение и его применение в исследовании нанодисперсных материалов 46

Орлова М.О., Конов К.И., Гурьева П.В. Моделирование процесса прохождения частиц через многослойные нанопленки 49

Конов К.И., Орлова М.О., Гурьева П.В. К вопросу о численном моделировании распространения электромагнитных волн в слоистых средах 52

Секция ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Санникова А.П. Геодезическое обеспечение открытой разработки месторождений полезных ископаемых 54

Шитов М.В., Соловьёв А.Г. Явление интенсивного уширения в первых черновых проходах в системе вертикальные – горизонтальные валки 57

Сапаров А.Ю. Обучение распознаванию рукописных математических формул с использованием человеко-машинного взаимодействия..... 61

Волкова О.Р. Влияние статистических характеристик тестирующих процессов на результат идентификации исследуемой системы 70

Сиваков С.И. Обзор и анализ состояния исследований атеросклеротических процессов сосудов сердца 76

Пирская Л.В. Особенности алгоритмизации решения задачи определения местоположения беспилотного летательного аппарата с использованием дельта-преобразований..... 79

Дьячков Д.И., Сазонникова Н.А. Экспериментальное исследование эффективности лазерных информационно-измерительных систем для оценки состояния поверхностей летательных аппаратов..... 81

Кечкина Н.И., Зубков И.Л., Орлов Е.С. Разработка конструкции ПАВ-сенсора для решения задач контроля сероводорода в воздухе 86

Аллам А.Ю.Ф., Долгонова Н.В. Область применения и свойства Хитозана 90

Барклаевская Н.В., Шарапова О.М., Лахманова И.Е. Основы T-SQL в системе обучения бакалавров по направлению бизнес-информатика 93

Нгуен В.Х. Влияние параметров процесса калибровки на изгибную жесткость стальных прутков 98

Пукса А.О. Исследование алгоритма Гёрцеля 101
Зотов А.И., Черпаков А.В., Гриценко В.В. Об одном способе решения задач оптимизации методом полного перебора 103
Остудин Н.В., Антюхов В.И. Концептуальные вопросы оценки эффективности моделей интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России 106
Иванов А.Н., Рыжко А.С. Особенности процесса управления безопасностью критически важных и потенциально опасных объектов 111
Лещинский П.Д. Сетецентрическое управление как одно из направлений повышения безопасности в чрезвычайных ситуациях 114
Ильин А.В., Крылов А.В. Перспективы применения системы поддержки принятия решений при пожаре 117
Ильин А.В., Уткин О.В. Программно-алгоритмическое обоснование управления пожарными подразделениями при подаче огнетушащих веществ 120
Лаптева И.А., Сарилов М.Ю. Очистка резервуаров от остатков нефтепродуктов 123
Летягина А.С., Сарилов М.Ю. Способ защиты змеевика от негативного воздействия коррозионной среды трубчатой печи 125
Шкиря А.В., Торосян Е.К. Управление рисками при внедрении корпоративных информационных систем 127
Еремин Н.В., Могильников Ю.В. Система интервального регулирования движения поездов по радиоканалу «СИНТЕРА» 131
Чурина Е.Д., Могильников Ю.В. Система технического диагностирования и мониторинга состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики 135
Чурина А.Д., Могильников Ю.В. Безрелейная автоматическая переездная сигнализация МАПС-М 138
Пиникер В.А., Батурин М.В., Васильева Д.А., Чикунова А.В., Эльман К.А. Анализ комплексной защиты работника на нефтеперерабатывающем предприятии 142
Марущенко Е.И., Шмидт А.А., Толстихин П.С. Оптимизация соединения ребра жёсткости с пластиной 145
Свищев А.В. Организация порядка допуска подрядных организаций для производства работ на примере одного из газовых месторождений 148
Шкурин И.Г., Тиллоев И.С., Сухоленцев А.И. Упрочнение деталей плазменным напылением (наплавкой), свойства полученных покрытий 151
Курчаткин А.А. Один подход к расчёту напряжённо-деформированного состояния пологих оболочек с контролем разрушения 154
Пензин А.Г., Литвинов М.Н., Гусев Д.В. Технологии и устройства для оперативного непрерывного дистанционного контроля качества топлив при применении на технике 155
Крючкова Ю.А., Краснопахтова Л.И. Перспективы применения 3D-кадастра в России 159
Козьмина Е.Д., Липатова А.В. Особенности гальванических покрытий 162
Лобов Д.С., Моисеев И.М., Мумладзе Д.Г., Зиновьев Е.В. Воздушные завесы 165

СЕКЦИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

PHYSICO-MATHEMATICAL SCIENCE

УДК 681.519

МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОТКАЗАМИ

Бутырский Евгений Юрьевич,

д.ф-м.н., профессор, СПбГУ, Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются модели обработки информации в дискретных динамических системах с отказами. Для различных математических моделей параметра отказа строятся алгоритмы фильтрации, которые затем обобщаются на нелинейную задачу фильтрации-обнаружения сигналов на фоне помех и белого шума. Проведено математическое моделирование, которое подтвердило результаты полученные аналитическим путем.

Ключевые слова: модель; отказ; система; фильтрация; обнаружение; шум.

DINAMICHESKIESISTEMY WITH THE FAILURES

Butyrskiy E.Y.,

Doctor in Physical and Mathematical Sciences, professor, SPbGU, Saint-Petersburg

ABSTRACT

In the article the models of information processing in the discrete dynamic systems with the failures are examined. For different mathematical models of the parameter of failure are built the algorithms of filtration, which then are generalized to the nonlinear task filtration- of detecting the signals against the background of interferences and white noise. The mathematical simulation, which confirmed results obtained by the analytical, is carried out.

Keywords: model; failure; system; filtration; detection; noise.

Введение

Современное развитие средств вычислительной средств, связанное с появлением высокопроизводительных управляемых ЭВМ, способных работать в реальном масштабе времени, создали предпосылки для использования в прикладных задачах теории управления все более сложных технических систем и алгоритмов обработки информации. Но усложнение алгоритмов обработки приводит к тому, что несмотря на высокую отказоустойчивость отдельных элементов, в целом, возрастает вероятность появления отказов, как в самой динамической системе, так и в канале наблюдения, что обуславливается целым рядом причин [1]. Не учет отказов при синтезе алгоритмов приводит к тому, что качество фильтрации значительно снижается, а при решении задачи обнаружения сигналов, к снижению ухудшению вероятностных характеристик обнаружения. Поэтому актуальным является разработка алгоритмов оптимальной фильтрации и обнаружения, которые обеспечивают устойчивость динамических систем (ДС) к различного рода нарушениям функционирования (отказам). Решению этой задачи, с учетом ряда ограничений, накладываемых практической реализуемостью алгоритмов и посвящена настоящая статья. Статья основывается на фундаментальных результатах работы [1] и обобщает их на задачи обна-

ружения сигналов. Ситуация, которая может приводить к теории систем с отказами, к примеру, возникает в задачах построения траектории, когда время от времени сигнал от цели может пропадать.

Математические модели динамических систем с отказами

Под отказом будем понимать возможные скачкообразные изменения параметров или структуры динамических систем, происходящие в случайные моменты времени.

Под устойчивостью к отказам понимается способность ДС выполнять свои функции и после возникновения неисправностей. Нарушения функционирования в ДС могут быть вызваны целым рядом причин, таких как отказы отдельных элементов системы, приводящие к скачкообразному изменению ее динамических свойств или характеристик канала измерения, случайные пропадания информационных сигналов в контуре управления, или появление аномальных измерений, сбои в ЭВМ, приводящие к искажению обрабатываемых данных или ошибочному выполнению части алгоритма и т.д.

Наличие отказов приводит к тому, что даже для линейных систем алгоритмы обработки, являются нелинейными и их трудно получить в замкнутой форме. Поэтому важнейшее значение приобретают методы субоптимального оценивания состояния ДС и обработки сигналов, устойчивых к нарушениям в канале измерения. Развитие этих методов является одной из важнейших задач теории оценивания, имеющей большое практическое значение для систем радиолокации, навигации, связи и управления.

Важнейшим источником нарушений в ДС, является канал измерения, основными нарушениями в котором являются:

– случайные пропадания информационных сигналов;
– появление ложных (аномальных) измерений $\mathbf{z}(t)$, не содержащих информации об оптимальном векторе состояния $\mathbf{x}(t)$;
– изменение свойств каналов распространения сигналов;
– резкое возрастание шумов измерений или изменение их характера;
– отказы датчиков и помехи в линиях связи.

Одна из особенностей синтеза алгоритмов обработки информации в ДС с отказами состоит в том, что качественные характеристики эффективности этих алгоритмов трудно получить в замкнутой форме. Это влечет за собой необходимость выполнения в процессе синтеза большого объема математического моделирования, требуемого для сравнительного анализа эффективности различных алгоритмов. Возрастающие возможности ЭВМ, и как следствие, построение все более сложных алгоритмов обработки информации, приводит к росту вероятности тех или иных сбоев в работе алгоритма и ЭВМ. Последнее стимулирует развитие такого направления, как развитие теории отказоустойчивых алгоритмов обработки сигналов и информации, а также теории управления.

Для систем управления, например, учет возможности появления отказов позволил сформулировать принципиально новый подход к их синтезу [1], заключающийся в том, что состояние системы к частичным отказам рассматривается как одно из допустимых ее состояний, которое определяет алгоритм управления. Такой алгоритмический способ повышения надежности управления основан, с одной стороны, на использовании принципов избыточности, а с другой стороны – на перераспределении качества управления. Наличие отказов приводит к тому, что даже для линейных систем с отказами, алгоритмы обработки, как правило, являются нелинейными. Тем более это будет иметь место для нелинейных динамических систем [1]. Использование при этих условиях алгоритмов оценивания, не учитывающих возможности появления нарушений в канале измерения,

приводит к существенному возрастанию ошибок фильтрации, пропуску цели при решении задачи обнаружения, или срыву слежения в задаче сопровождения.

Поэтому важнейшее значение приобретают методы субоптимального оценивания состояния ДС и обработки сигналов, устойчивых к нарушениям в канале измерения, и являются, таким образом, одной из важнейших задач теории оценивания, имеющей большое практическое значение для систем радиолокации, гидроакустики, навигации, связи и управления.

Рассмотрим основные положения теории отказоустойчивых линейных динамических систем. Положим, что ДС описывается уравнениями [1]:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{A}_{i,i+1}\mathbf{x}_i + \mathbf{B}_{i+1,i}\mathbf{u}_i + \mathbf{G}_{i+1,i}\mathbf{n}_{1i}, \\ \mathbf{z}_i = \mathbf{H}_i\mathbf{x}_i + \mathbf{D}_i\mathbf{u}_i + \Psi_i\mathbf{n}_{0i}. \end{cases} \quad (1)$$

где $\mathbf{x_i}$ – n-мерный вектор состояния системы; $\mathbf{A}_{i+1,i}$ – переходная матрица размера $n\times n$; $\mathbf{n}_i$ – p-мерный вектор управлений (вектор входа); $\mathbf{B}_{i+1,i}$ – переходная матрица управления размером $n\times p$; $\mathbf{n}_{1,i}$ – случайный r-мерный вектор гауссовских шумов с нулевым средним $<\mathbf{n}_{1,i}>=0$ и корреляционной функцией $<\left\{\mathbf{n}_{1i}\mathbf{n}_{1i}^T\right\}>=\mathbf{N}_1\delta_i$; $\mathbf{G}_{i+1,i}$ – переходная матрица шумов возмущений размера $n\times r$; $\mathbf{z}_i$ – s-мерный вектор наблюдений; $\mathbf{H}_i$ – матрица наблюдений системы размера $s\times n$; $\mathbf{n}_{0i}$ – случайный n-мерный вектор гауссовских шумов измерений с нулевым средним и корреляционной матрицей $<\left\{\mathbf{n}_{0i}\mathbf{n}_{0i}^T\right\}>=\mathbf{N}_0\delta_i$; $\mathbf{D}_i$, ψ_i – матрицы системы размера $s\times p$ и $n\times m$ соответственно. Для полного статистического описания ДС, необходимо задать плотность распределения вероятностей ее начального состояния $p(\mathbf{x}_0)$. Так как все случайные переменные в уравнении (1) гауссовские, то начальное состояние ДС, полностью описывается вектором средних $<\mathbf{x}_0>=\overline{\mathbf{x}}_0$ и корреляционной матрицей (КМ) $\mathbf{P}_0=<\left(\mathbf{x}_0-\overline{\mathbf{x}}_0\right)\left(\mathbf{x}_0-\overline{\mathbf{x}}_0\right)^T>$. Оптимальный алгоритм оценивания, записанный в форме рекуррентных уравнений Калмана, имеет следующий вид [2, 3]:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_{i+1} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_i + \mathbf{K}_i\left(\mathbf{z}_i - \mathbf{H}_i\mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_i\right), \\ \mathbf{K}_i = \mathbf{P}_i\mathbf{H}_i^T\mathbf{N}_{0i}^{-1}, \\ \mathbf{P}_{i+1} = \overline{\mathbf{P}}_{i+1} - \overline{\mathbf{P}}_{i+1}\mathbf{H}_i^T\left(\mathbf{H}_i\overline{\mathbf{P}}_{i+1}\mathbf{H}_i^T + \mathbf{N}_{0i}\right)^{-1}\overline{\mathbf{P}}_{i+1i}, \\ \overline{\mathbf{P}}_{i+1} = \mathbf{A}_{i+1}\mathbf{P}_i\mathbf{A}_{i+1.i}^T + \mathbf{G}_{i+1,i}\mathbf{N}_{1i}\mathbf{G}_{i+1,i}^T, \\ \hat{\mathbf{x}}_\mathbf{0} = \overline{\mathbf{x}}_\mathbf{0}, \quad \mathbf{P_0} = \overline{\mathbf{P}}_\mathbf{0}. \end{cases} \quad (2)$$

Работа фильтра начинается с введения, на основе априорной информации, начальных значений $\overline{\mathbf{x}}_0$. $\overline{\mathbf{P}}_0$ и элементов КМ шумов возмущения $\mathbf{N_{1i}}$ и шумов измерения $\mathbf{N_{0i}}$. Оценки вектора состояния вычисляются рекуррентно по мере поступления новых измерений. При этом, как видно из (2), для вычисления текущего значения оценки $\hat{\mathbf{x}}_{i+1}$ нет необходимости запоминать все предыдущие значения $\left(\mathbf{z}_1,\mathbf{z}_2,\ldots,\mathbf{z}_{i-1}\right)$, так как вся информация о них содержится в оценке $\hat{\mathbf{x}}_i$. Фильтр Калмана, как следует из его структуры, представляет собой ДС с переменным матричным коэффициентом усиления $\mathbf{K_i}$, величина которого зависит от точности текущих оценок и уровня шумов измерения. Текущая оценка в соответствии с формулой (2) является суммой оценки экстраполяции $\overline{\mathbf{x}}_{i+1}=\mathbf{A}_{i+1}\hat{\mathbf{x}}_i$ и корректирующей поправки $\mathbf{K}_i\left(\mathbf{z}_i-\mathbf{H}_i\mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_i\right)$. Оценка экстраполяции формируется как произве-

дение оценки фильтрации на предыдущем шаге и матрицы перехода системы, которая описывает ее движение (изменение вектора состояния при отсутствии внешних воздействий). Величина поправки определяется тем весом, который зависит от уровня шумов измерений и текущей точности оценивания, уменьшаясь по мере уточнения оценок. Если шумы возмущения малы, то $\lim_{t\to 0}\mathbf{K}_i \to 0$, что означает бесконечное сужение полосы пропускания. В итого фильтр теряет чувствительность к новым данным и в качестве текущей оценки он начинает выдавать оценку экстраполяции, что приводит к расходимости оценки вектора состояния по отношению к его истинному значению на входе фильтра. Если модель системы известна недостаточно точно, то это свойство калмановского фильтра становится одним из его существенных недостатков, приводящим к расходимости оценки вектора состояния по отношению к его истинному значению на входе фильтра. Анализ влияния сбоев на качество работы калмановского фильтра [1, 2, 4] показал, что ухудшение качества фильтрации приводит к возрастанию ошибок оценивания, нарушению условий применимости нормальности и линейности оценок оценивания относительно наблюдаемых данных. Это означает, что применение фильтра Калмана а случаях, когда реально имеются отказы, является неправомочным и требует модернизации алгоритмов оценивания и учета математической модели отказа в ДС. на практике предположение об идеальном функционировании ДС и условии применимости фильтра Калмана, редко выполняются. А непосредственное использование методов линейного оценивания, без учета отказов приводит к резкому возрастанию ошибок фильтрации.

Для адекватного математического описания ДС с отказами, введем случайный вектор параметров γ_i, характеризующий на данный момент структуру или параметры ДС. Появление отказов приводит к скачкообразному изменению этого вектора. Уравнения состояния и наблюдений динамической системы оказываются в этом случае зависящими от вектора γ_i и в самом общем виде могут быть записаны в виде [1]:

$$\begin{cases}\mathbf{x}_{i+1}=\mathbf{F}\left(\mathbf{x}_i,\gamma_i,\mathbf{u}_i,\mathbf{n}_{1i}\right),\\ \mathbf{z}_i=\mathbf{h}\left(\mathbf{x}_i,\gamma_{\mathbf{i}},\mathbf{n}_{0i}\right),\end{cases}\qquad \mathbf{F},\ \mathbf{h}\ -\text{известные функции.} \quad (3)$$

Для получения конструктивных результатов необходимо конкретизировать статистические характеристики вектора γ_i. Вопросы классификации отказов в динамических системах рассмотрены в [1] и, показаны на рис.1.

Рассмотрим типы моделей случайного вектора параметров γ_i которые определяют его эволюцию во времени. Наиболее часто рассматриваются два типа моделей: марковские модели и модели в виде однократных скачков, происходящих в случайные моменты времени, причем функции распределения для этих моментов не известны.

В моделях первого типа значения γ_i на отдельных шагах образуют марковскую цепь (или последовательность).

Модели отказов ДС второго типа, характеризуются однократным изменением их структуры или параметров, причем статистические характеристики моментов возникновения отказов считаются неизвестными [1, 4].

В общем случае для этих моделей уравнений состояния и наблюдения можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases}\mathbf{x}_{i+1}=\left(\mathbf{A}_{i+1,i}+\mathbf{I}_{i,m_1}\Delta\mathbf{A}\right)\mathbf{x}_i+\mathbf{n}_{1i}+\mathbf{I}_{i,m_2}\Delta\mathbf{n}_1,\\ \mathbf{z}_i=\left(\mathbf{H}_i+\mathbf{I}_{i,m_3}\Delta\mathbf{H}\right)\mathbf{x}_i+\mathbf{n}_{0i}+\mathbf{I}_{i,m_4}\Delta\mathbf{n}_0,\end{cases} \quad (4)$$

где $\Delta\mathbf{A}$, $\Delta\mathbf{n}_1$, $\Delta\mathbf{H}$, $\Delta\mathbf{n}_0$ – приращения соответствующих матриц и векторов, возникающих за счет отказов; $\mathbf{I}_{i,m}$ – единичная ступенчатая функция; m_i – неизвестный момент возникновения отказа ($i = 1,\ 2,\ 3,\ 4$).

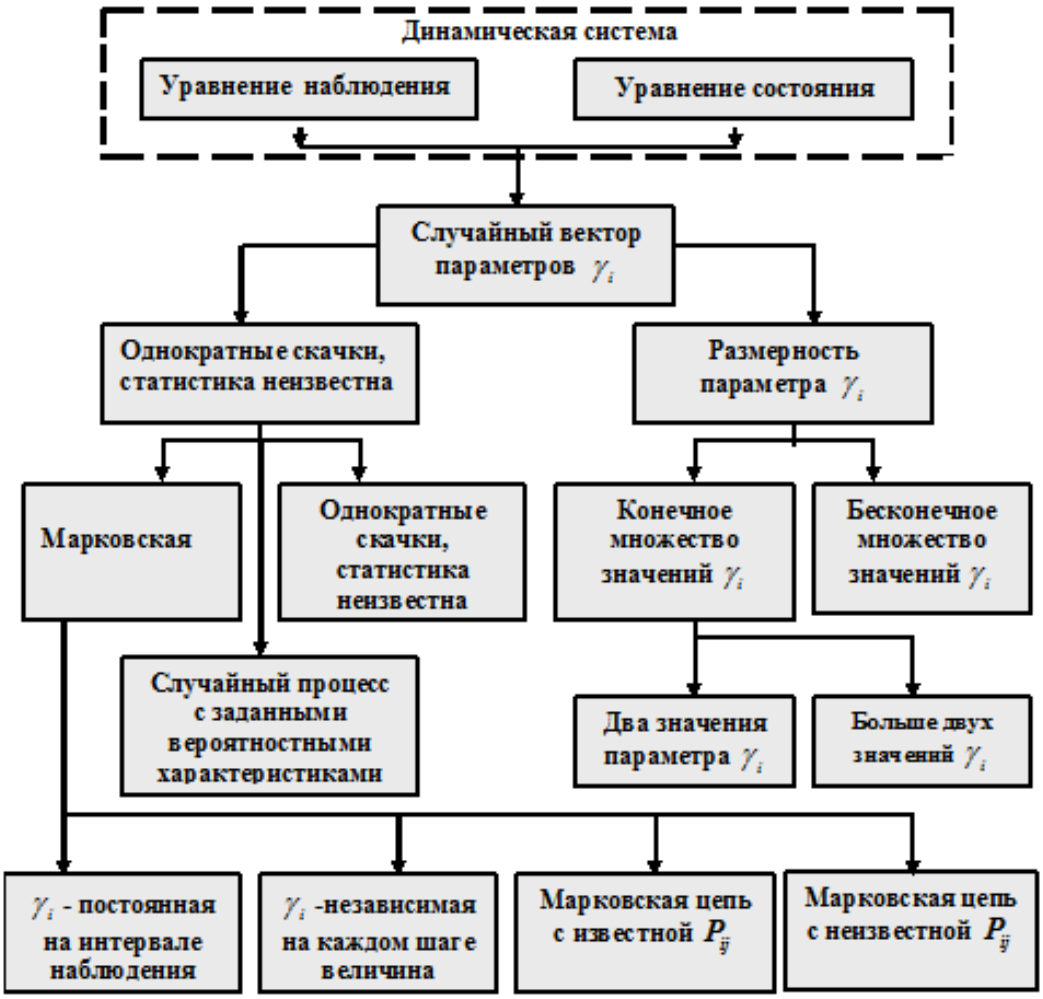


Рисунок 1 – Классификация динамических систем с отказами

Уравнения (4) являются частным случаем уравнений (3), в которых случайный параметр γ_i принимает только два значения из области задания. Эти уравнения описывают внезапные отказы в объекте или канале измерения, маневры сопровождаемых целей при радиолокационном и гидроакустическом наблюдении, появление мешающих сигналов в связи. Разбиение моделей отказов ДС на два больших класса удобно при синтезе устойчивых к отказам алгоритмов обработки, поскольку для каждой из моделей используется самостоятельный подход [1].

Анализ влияния сбоев на качество работы калмановского фильтра показал, что ухудшение качества фильтрации при наличии отказов в динамической системе происходит по следующим причинам.

1. Сбои приводят к изменению коэффициента усиления и значительному возрастанию ошибок оценивания, вследствие чего фильтр перестает быть оптимальным и не минимизирует средний квадрат ошибки.
2. За счет скачков оценок, возникающих за счет отказов, нарушаются условия применимости нормальности оценок оценивания.
3. Получаемые оценки не являются линейными относительно наблюдаемых данных.

4. Результаты оценивания зависят от наблюдаемых данных, вследствие чего, в частности, нельзя априори вычислить коэффициент усиления калмановского фильтра.

Вышесказанное означает, что применение фильтра Калмана при модели динамической системы, в которой реально имеются отказы, является неправомочным и требует модернизации алгоритмов оценивания и учета математической модели отказа в ДС.

Алгоритм оптимальной фильтрации в ДС с отказами

В данном пункте статьи рассмотрим задачу дискретной фильтрации в ДС, подверженных отказам, применительно к модели случайного вектора γ_i, характеризующего эволюцию структуры или параметров системы во времени, в виде конечной цепи Маркова. Предположим, что уравнения динамики системы и наблюдения описываются выражениями (3). Будем полагать, что значения вектора γ_i принадлежит конечному множеству $\mathbf{R}_N$, содержащему N элементов, а последовательность γ_i образует во времени марковскую цепь с известной матрицей переходных вероятностей:

$$\mathbf{P}_{kj} = \mathbf{P}\left[\gamma_{k,i+1} / \gamma_{ji}\right]. \qquad (5)$$

Задача фильтрации заключается в получении оптимальной оценки вектора состояния $\hat{\mathbf{x}}_i$ по наблюдениям $\mathbf{Z}^i = \{\mathbf{z}_i, \mathbf{z}_{i-1}, ..., \mathbf{z}_1\}$, которая удовлетворяет критерию минимума СКО и приводит к оценкам условного среднего: $\hat{\mathbf{x}}_i =< \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}^i >$. Качество оценок определяется КМ ошибок оценивания:

$$\mathbf{P}_i =< (\mathbf{x}_i - \hat{\mathbf{x}}_i)(\mathbf{x}_i - \hat{\mathbf{x}}_i)^T / \mathbf{Z}^i >.$$

Сформулированная задача является типичной задачей нелинейной фильтрации даже в тех случаях, когда уравнения состояния и наблюдений ДС линейны. В связи с необходимостью оценивания вектора γ, сформулированная задача является задачей нелинейной фильтрации, а оценивание γ означает дентификацию структуры ДС. Для упрощения записей обозначим событие, заключающееся в том, что на *i-м* шаге вектор параметров γ принимает значения γ_i через Γ_i^k, $k = \overline{1, N}$. В этих обозначениях выражение (5) для матрицы переходных вероятностей однородной марковской цепи записывается в виде:

$$\mathbf{P}_{kl} = \mathbf{P}\left[\Gamma_i^k / \Gamma_{i-1}^k\right].$$

Реализацию последовательности значений γ_i, начиная с первого шага, обозначим, как $\bar{\Gamma}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{k}}$. С учетом этого можно записать следующее соотношение: $\bar{\Gamma}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{k}} = \left\{\Gamma_{\mathbf{i}}^{\mathbf{k}}, \bar{\Gamma}_{\mathbf{i-1}}^{\mathbf{k}}\right\}$. Для определения всех возможных реализаций вектора параметров γ_i от начала наблюдения на текущий момент включительно, необходимо задать $\Gamma_{\mathbf{i}}^{\mathbf{k}}$ для всех наборов последовательности индексов $-\left(k_i, k_{i-1}, ..., k_1\right)$. Обозначим пространство реализаций через Ω_i.

Синтезируем алгоритм оптимальной фильтрации для вычисления оценки $\hat{\mathbf{x}}_i =< \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}^i >$. Учитывая сглаживающие свойства условного среднего, можно записать выражение для апостериорной плотности вероятностей оцениваемого вектора состояния динамической системы следующим образом:

$$f\left(\mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_k^i\right) =< f\left(\mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_k^i, \bar{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_i^k\right) >= \sum_{\bar{\Gamma} \in \Omega_i} f\left(\mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_k^i, \bar{\Gamma}_i^k\right) P\left(\bar{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right), \qquad (6)$$

где $f\left(\mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_k^i, \overline{\Gamma}_i^k\right)$ – условная плотность распределения вероятностей вектора $\mathbf{x_i}$ для фиксированных реализаций $\mathbf{Z}_k^i$ и $\overline{\Gamma}_i^k$, а $P\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right)$ – апостериорная вероятность реализации $\overline{\Gamma}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{k}}$.

Искомая оценка $\hat{\mathbf{x}}_\mathbf{i}$ с учетом (6) определяется выражением [1]:

$$\hat{\mathbf{x}}_i = \sum_{l \in N^i} \hat{\mathbf{x}}_i^{(l)} P\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right), \tag{7}$$

где $\hat{\mathbf{x}}_i^{(l)} =< \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_i^i, \overline{\Gamma}_i^k >$ – оптимальная оценка, полученная для конкретной реализации последовательности $\overline{\Gamma}_\mathbf{i}^k$ и удовлетворяющая критерию минимума СКО; $P\left(\overline{\Gamma}_\mathbf{i}^k / \mathbf{Z}_k^i\right)$ – условная вероятность этой реализации.

Из (7) следует, что оптимальная оценка $\hat{\mathbf{x}}_i^{(l)}$ вектора $\mathbf{x}_i$, образуется как взвешенная сумма частных оценок, полученных для каждой реализации вектора γ_k. Весовые коэффициенты являются апостериорными вероятностями этих реализаций и рассчитывается в соответствии с выражениями [1]:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_i = \sum \hat{\mathbf{x}}_i^{(l)} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right), \\ \mathbf{P}_{kj} = \mathbf{P}\left[\Gamma_i^k / \Gamma_{i-1}^j\right], \\ \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right) = \dfrac{f\left[\mathbf{z}_i / \overline{\Gamma}_i^k, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right] \mathbf{P}_{kj}}{\sum\limits_{n \in \Omega_\mathbf{i}} f\left[\mathbf{z}_i / \overline{\Gamma}_i^k, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right] \mathbf{P}\left[\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^{i-1}\right]} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_{i-1}^j, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right). \end{cases} \tag{8}$$

В выражении (8) $\mathbf{x}_i^{(l)} =< \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_l^i, \overline{\Gamma}_i^k >$ оптимальная оценка, полученная для конкретной реализации последовательности $\overline{\Gamma}_i^k$ и удовлетворяющая критерию минимума СКО, а $\mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right)$ – условная вероятность этой реализации. Система уравнений (9) является нелинейной и связывает значения апостериорных вероятностей $\mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_k^i\right)$ на данном шаге с их значениями $\mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_{i-1}^j / \mathbf{Z}_k^{i-1}\right)$ на предыдущем шаге и результатами текущих измерений. КМ ошибок оптимального оценивания в общем случае определяется выражением:

$$\mathbf{P}_i = \sum_{n \in \Omega_i} \mathbf{P}\left[\overline{\Gamma}_i^n / \mathbf{Z}_k^i\right] \left\{ \mathbf{P}_i\left[i, \overline{\Gamma}_i^n\right] + \left(\hat{\mathbf{x}}_i^{(n)} - \hat{\mathbf{x}}_i\right)\left(\hat{\mathbf{x}}_i^{(n)} - \hat{\mathbf{x}}_i\right)^T \right\}. \tag{9}$$

Объединяя воедино выражения (8) и (9) получаем систему уравнений, определяющей алгоритм оптимальной фильтрации в ДС с отказами (1):

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_i = \sum \hat{\mathbf{x}}_i^{(l)} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_k^i / \mathbf{Z}_k^i\right), \\ \mathbf{x}_i^{(l)} =< \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_l^i, \overline{\Gamma}_k^i >, \quad \mathbf{P}_{kj} = \mathbf{P}\left[\Gamma_i^k / \Gamma_{i-1}^j\right], \\ \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_k^i / \mathbf{Z}_k^i\right) = \dfrac{f\left[\mathbf{z}_i / \overline{\Gamma}_k^i, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right] \mathbf{P}_{kj}}{\sum\limits_{\mathbf{n} \in \Omega_\mathbf{i}} f\left[\mathbf{z}_i / \overline{\Gamma}_k^i, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right] \mathbf{P}\left[\overline{\Gamma}_k^i / \mathbf{Z}_k^{i-1}\right]} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_j^{i-1}, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right), \\ \mathbf{P}_i = \sum_{n \in \Omega_i} \mathbf{P}\left[\overline{\Gamma}_i^n / \mathbf{Z}_k^i\right] \left\{ \mathbf{P}_i\left[i, \overline{\Gamma}_i^n\right] + \left(\hat{\mathbf{x}}_i^{(n)} - \hat{\mathbf{x}}_i\right)\left(\hat{\mathbf{x}}_i^{(n)} - \hat{\mathbf{x}}_i\right)^T \right\}. \end{cases} \tag{10}$$

Из последнего выражения (10), следует, что алгоритм оптимальной фильтрации в случае, когда значения вектора параметров γ_k, описывающего характер нарушений

в системе, образуют марковскую цепь, сводится к следующей последовательности вычислений.

1. На основании принятой реализации измерений z_i, рассчитываются частные оценки вектора состояния. Эти оценки строятся с учетом уравнений состояния и наблюдений конкретных ДС и согласуются с конкретной реализацией последовательности нарушений $\overline{\Gamma}_{\mathbf{k}}^{\mathbf{i}}$.

2. На основании второго уравнения (8) находятся значения весовых коэффициентов (апостериорные плотности вероятности) $\mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_k^i / \mathbf{Z}_k^i\right)$.

3. В соответствии с первым уравнением системы (2.3.1.10) вычисляется результирующая оценка вектора состояния $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}}$.

4. По формуле (9) рассчитывается корреляционная матрица оценивания, после чего все вычисления повторяются.

Фильтрации и обнаружение в динамической системе с отказами

Рассмотрим задачу фильтрации-обнаружения. Предположим, что имеет место следующая модель динамической системы и наблюдения:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{F}\left(\mathbf{x}_i, \gamma_i, \mathbf{n}_{1i}\right), \\ \mathbf{z}_i = \mathbf{h}\left(\theta \mathbf{s}_i, \mathbf{x}_{\mathbf{i}}, \gamma_i, \mathbf{n}_{0i}\right), \end{cases} \tag{11}$$

где $\mathbf{s}_i$ – некоторый сигнал (положим – детерминированный); θ – детерминированная и неизвестная величина, $\theta = 0$ или $\theta = 1$; $\mathbf{x}_i$ – помеха.

Требуется, исходя из математических моделей формирующего шума $\mathbf{n}_{1i}$ и шума наблюдения $\mathbf{n}_{0i}$, синтезировать оптимальный алгоритм обнаружения детерминированного сигнала $\mathbf{s}$. Оптимальный приемник обнаружения сигнала на фоне марковской помехи и белого шума, структурно состоит из 2-х каналов фильтрации марковской помехи соответственно при гипотезах наличия и отсутствия сигнала, а также – индикатора обнаружения, который вычисляет отношение правдоподобия (или оценивание параметра θ), а также блока принятия решения [5-7]. Если экстраполировать этот результат на ДС с отказами, то для определения отношения правдоподобия требуется вычислять оценку помехи соответствующую значению параметрической переменной $\gamma = 1$ при гипотезах наличия и отсутствия сигнала в реализации – $\hat{\mathbf{x}}_1^{(l)}$ и $\hat{\mathbf{x}}_0^{(l)}$.

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_{1i}^{(l)} = < \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_l^i, \mathbf{s}_i, \overline{\Gamma}_i^k, \theta = 1 >, \\ \hat{\mathbf{x}}_{0i}^{(l)} = < \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_k^i, \overline{\Gamma}_i^k, \theta = 0 > . \end{cases}$$

Добавив к этим выражениям, уравнение для вычисления отношения правдоподобия $\mathbf{L}_i$, получаем систему уравнений для решения задачи фильтрации-обнаружения:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_{1i} = \sum\limits_{k\in N^i} \hat{\mathbf{x}}_{1i}^{(l)} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_1^i\right), \;\; \hat{\mathbf{x}}_{0i} = \sum\limits_{k\in N^i} \hat{\mathbf{x}}_{0i}^{(l)} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_1^i\right), \\ \mathbf{x}_{1i}^{(l)} = < \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_l^i, \mathbf{s}_i, \overline{\Gamma}_i^l, \theta = 1 >, \;\; \mathbf{x}_{0i}^{(l)} = < \mathbf{x}_i / \mathbf{Z}_l^i, \overline{\Gamma}_i^l, \theta = 0 >, \\ \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_1^i\right) = \dfrac{f\left[\mathbf{z}_i / \overline{\Gamma}_i^k, \mathbf{Z}_1^{i-1}\right]\mathbf{P}_{ij}}{\sum\limits_{\mathbf{n}\in\Omega_\mathbf{i}} f\left[\mathbf{z}_i / \overline{\Gamma}_i^k, \mathbf{Z}_1^{i-1}\right]\mathbf{P}\left[\overline{\Gamma}_i^k / \mathbf{Z}_1^{i-1}\right]} \mathbf{P}\left(\overline{\Gamma}_{i-1}^j, \mathbf{Z}_1^{i-1}\right), \\ \mathbf{P}_i = \sum\limits_{n\in\Omega_i} \mathbf{P}\left[\overline{\Gamma}_i^n / \mathbf{Z}_1^i\right]\left\{\mathbf{P}_i\left[i, \overline{\Gamma}_i^n\right] + \left(\hat{\mathbf{x}}_i^{(n)} - \hat{\mathbf{x}}_i\right)\left(\hat{\mathbf{x}}_i^{(n)} - \hat{\mathbf{x}}_i\right)^T\right\}, \\ \mathbf{P}_{kl} = \mathbf{P}\left[\Gamma_i^k / \Gamma_{i-1}^l\right], \\ \mathbf{L}_{i+1} = \mathbf{L}_i + \left(2\mathbf{z}_i - \mathbf{s}_i - \hat{\mathbf{x}}_{1i} - \hat{\mathbf{x}}_{0\mathbf{i}}\right)\mathbf{N}_{0i}^{-1}\left(\mathbf{s}_i + \hat{\mathbf{x}}_{1i} - \hat{\mathbf{x}}_{0i}\right). \end{cases} \quad (12)$$

Таким образом, алгоритм оптимальной фильтрации-обнаружения в динамической системе с отказами, сводится к выполнению следующей последовательности операций:

1. На основании принятой реализации наблюдений рассчитываются частные оценки вектора состояния $\hat{\mathbf{x}}_{1i}^{(l)}, \hat{\mathbf{x}}_{0i}^{(l)}$ динамической системы при гипотезах наличия и отсутствия сигнала в принятой реализации.
2. На основании пятого уравнения системы (12) находятся значения весовых коэффициентов $\boldsymbol{P}\left(\overline{\Gamma}_k^i / \boldsymbol{Z}_k^i\right)$.
3. Исходя из первого и второго уравнения системы (12) вычисляются результирующие оценки вектора состояния соответствующим гипотезам наличия и отсутствия сигнала в наблюдении.
4. По шестой формуле системы (12) рассчитывается корреляционная матрица ошибок оценивания.
5. Вычисляется отношение правдоподобия, после чего все вычисления повторяются.

Оптимальное оценивание в линейных ДС с отказами

Рассмотрим линейную динамическую систему с отказами в канале измерения, имеющие большое значение как при решении задач оценивания состояния ДС, так и обработки информации в локации, навигации, связи и управлении. Пусть динамическая система описывается уравнением вида:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{A}_{i+1,i}\mathbf{x}_i + \mathbf{n}_{1i}, \\ \mathbf{z}_i = \mathbf{H}_i\mathbf{x}_i + \gamma_i\mathbf{G}_i\mathbf{n}_{0i}, \end{cases} \text{ где } \gamma_л = \begin{cases} 1, \\ \sigma >> 1. \end{cases} . \quad (13)$$

Для заданной модели ДС найдем субоптимальные алгоритмы оценивания вектора состояния при различных моделях переменной γ_k. Рассмотрим алгоритм оценивания состояния ДС при γ_k, который определяется выражением:

$$\gamma_k = \gamma = \begin{cases} 1, \; P(1) = q, \\ \sigma, \; P(\sigma) = 1 - q. \end{cases}$$

Так как общее число возможных реализаций последовательностей значений величины γ_k в этом случае равно 2, то, воспользовавшись общей формулой (8), получим выражение для оптимального алгоритма фильтрации:

$$\hat{\mathbf{x}}_i = \hat{\mathbf{x}}_i^{(1)}\mathbf{P}\left(1 / \mathbf{Z}_k^i\right) + \hat{\mathbf{x}}_i^{(\sigma)}\mathbf{P}\left(\sigma / \mathbf{Z}_k^i\right).$$

где $\hat{\mathbf{x}}_i^{(1)}$, $\hat{\mathbf{x}}_i^{(\sigma)}$ – частные оценки, полученные при условии, что в уравнении наблюдений (13) величина γ_k равна 1 и σ соответственно. Эти оценки вычисляют по формулам ($\tilde{\mathbf{z}}_i^{(k)} = \mathbf{z}_i - \mathbf{H}_i\hat{\mathbf{x}}_i^{(k)}$ – «обновляющий процесс»):

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_{i+1}^{(1)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_i^{(1)} + \mathbf{P}_i^{(1)}\mathbf{H}_i^T\mathbf{N}_{0i}^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_i^{(1)}, \\ \hat{\mathbf{x}}_{i+1}^{(\sigma)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_i^{(\sigma)} + \mathbf{P}_i^{(\sigma)}\mathbf{H}_i^T\left[\sigma^2\mathbf{N}_{0i}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_i^{(\sigma)}. \end{cases} \quad (14)$$

Корреляционная матрица ошибок фильтрации $\mathbf{P}_i^{(k)}$ вычисляется в соответствии с выражением [1]:

$$\mathbf{P}_i^{(k)} = \bar{\mathbf{P}}_i - \bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T\left(\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T + k^2\mathbf{N}_{0i}\right)^{-1}\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i, \quad k = 1,\ \sigma;$$

$\bar{\mathbf{P}}_i = \mathbf{A}_{i-1,i}\mathbf{P}_{i-1}^{(k)}\mathbf{A}_{i-1,i}^T + \mathbf{G}_{i-1,i}\mathbf{N}_{1i}\mathbf{G}_{i-1,i}^T$ – КМ ошибок экстраполяции.

Для вычисления $\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i\right)$ и $\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^i\right)$, которые представляют апостериорные вероятности соответствующих значений переменной γ, можно воспользоваться 2-м выражением системы (8). В результате получим формулу:

$$\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right) = \Lambda_i\frac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}\left[1 + \frac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}\Lambda_i\right]^{-1}$$

с начальным условием $\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i\right) = q,$ и отношением правдоподобия – Λ_i.

Это отношение можно рассчитать рекуррентным способом, учитывая, что плотности вероятностей вида $f\left(\mathbf{z}_i/k,\ \mathbf{Z}_k^{i-1}\right),\ k = 1,\ \sigma$, входящие в 3-ю формулу системы (7), гауссовские, с параметрами, определяемые соотношением [1]:

$$f\left(\mathbf{z}_i, \mathbf{Z}_k^{i-1}\right) = N\left\{\mathbf{H}_i\hat{\mathbf{x}}_i,\ \mathbf{H}_i\mathbf{P}_i\mathbf{H}_i^T + \mathbf{N}_{0i}\right\}. \quad (15)$$

Учитывая (15), отношение правдоподобия Λ_i можно представить в виде:

$$\Lambda_i = \left[\frac{\det\tilde{\mathbf{P}}_i^{(\sigma)}}{\det\tilde{\mathbf{P}}_i^{(1)}}\right]^{-\frac{1}{2}}\exp\left\{-\frac{1}{2}\sum_{k=1,\sigma}\left(\tilde{\mathbf{z}}_i^{(k)}\right)^T\left[\tilde{\mathbf{P}}_i^{(k)}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_i^{(k)}\right\},$$

$\tilde{\mathbf{P}}_i^{(k)}$ – корреляционная матрица обновляющего процесса ($k = 1,\ \sigma$), которая вычисляется в соответствии с выражением: $\tilde{\mathbf{P}}_i^{(k)} = \mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T + k^2\mathbf{N}_{0i},\ k = 1,\ \sigma.$ Матрицы $\mathbf{P}_i^{(k)}$ вычисляются с помощью фильтра Калмана. Окончательно структурная схема представляется в виде двух параллельно работающих фильтров Калмана, которые вычисляют оценки в соответствии с алгоритмами (14). Обновляющие процессы $\tilde{\mathbf{z}}_i^{(k)}$, используются для расчета весовых коэффициентов $\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i\right)$ и $\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^i\right)$ по формулам (12) и (13). Результирующая оценка $\hat{\mathbf{x}}_\mathbf{i}$ получается как взвешенная сумма (10). В условиях нормальной работы канала измерения $\lim_{t\to\infty}\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i\right)\to 1$, а $\lim_{t\to\infty}\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^i\right)\to 0$, поэтому 2-й канал со временем отключается, а фильтр превращается в одноканальный фильтр Калмана, настроенный на режим нормальной работы ($\gamma = 1$). В случае отказа $\gamma = \sigma$ и $\lim_{i\to\infty}\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i\right)\to 0$. Результирующая оценка формируется только за счет величины $\hat{\mathbf{x}}_\mathbf{i}^{(\sigma)}$. При $\sigma >> 1$ коэффициент

усиления 2-го фильтра $\mathbf{K}_i^{(\sigma)} \to 0$, а результирующая оценка получается экстраполяцией оценок, запоминаемых в этом фильтре. Сводка формул, описывающая алгоритм фильтрации при постоянных значениях параметрической переменной $\gamma = const$ на интервале наблюдения для ДС (13), имеет вид:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_i = \hat{\mathbf{x}}_i^{(1)}\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i\right) + \hat{\mathbf{x}}_i^{(\sigma)}\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^i\right), \\ \hat{\mathbf{x}}_{i+1}^{(1)} = \mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}\hat{\mathbf{x}}_i^{(1)} + \mathbf{P}_i^{(1)}\mathbf{H}_\mathbf{i}^\mathbf{T}\mathbf{N}_{0i}^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_\mathbf{i}^{(1)}, \\ \hat{\mathbf{x}}_{i+1}^{(\sigma)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_i^{(\sigma)} + \mathbf{P}_i^{(\sigma)}\mathbf{H}_i^T\left[\sigma^2\mathbf{N}_{0i}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_i^{(\sigma)}, \\ \mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right) = \Lambda_i \dfrac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}\left[1 + \dfrac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}\right)}\Lambda_i\right]^{-1}, \\ \mathbf{P}_i^{(k)} = \bar{\mathbf{P}}_i - \bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T\left(\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T + k^2\mathbf{N}_{0i}\right)^{-1}\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i, \\ \bar{\mathbf{P}}_i = \mathbf{A}_{i-1,i}\mathbf{P}_{\mathbf{i}-1}^{(k)}\mathbf{A}_{i-1,i}^T + \mathbf{G}_{i-1,i}\mathbf{N}_{1i}\mathbf{G}_{i-1,i}^T, \quad k = 1,\sigma, \\ \tilde{\mathbf{P}}_i^{(\eta)} = \mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T + k^2\mathbf{N}_{0i}, \\ \Lambda_i = \left[\dfrac{\det\mathbf{P}_i^{(\sigma)}}{\det\mathbf{P}_i^{(1)}}\right]^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\dfrac{1}{2}\sum_{k=1,\sigma}\left(\tilde{\mathbf{z}}_i^{(k)}\right)^T\left[\mathbf{P}_i^{(k)}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_\mathbf{i}^{(k)}\right\}. \end{cases} \quad (16)$$

Рассмотрим динамическую систему с отказами следующего вида:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{i+1} = \mathbf{A}_{i+1,,i}\mathbf{x}_i + \mathbf{n}_{1i}, \\ \mathbf{z}_i = \theta\mathbf{s}_i + \mathbf{H}_i\mathbf{x}_i + \gamma_i\mathbf{G}_i\mathbf{n}_{0i}. \end{cases}$$

Решим задачу обнаружения детерминированного сигнала $\mathbf{s}$ на фоне помехи $\mathbf{x}_i$ и белого гауссовского шума $\mathbf{n}_{0i}$, спектральная плотность которого меняется в соответствии с изменениями параметра γ_i, принимающего значения 1 или σ на интервале наблюдения. Алгоритм обнаружения сигнала $\mathbf{s}$, при условии наличия отказов в канале измерения, представляется четырехканальной схемой и блоками вычисления отношения правдоподобия и принятия решения. Причем первые два канала реализуют вычисление помехи при гипотезе наличия сигнала, а вторые – гипотезе его отсутствия. Два канала необходимо, чтобы реализовать вычисление оценки помехи как результат взвешенного суммирования частных оценок.

$$
\begin{cases}
\hat{\mathbf{x}}_{1i} = \hat{\mathbf{x}}_{1i}^{(1)}\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^i, \mathbf{s}_i, \theta = 1\right) + \hat{\mathbf{x}}_{1i}^{(\sigma)}\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^i, \mathbf{s}_i, \theta = 1\right), \\
\hat{\mathbf{x}}_{0i} = \hat{\mathbf{x}}_{0i}^{(1)}\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^i, \theta = 0\right) + \hat{\mathbf{x}}_{0i}^{(\sigma)}\mathbf{P}\left(\gamma = \sigma/\mathbf{Z}_k^i, \theta = 0\right), \\
\hat{\mathbf{x}}_{1,i+1}^{(1)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_{1,i}^{(1)} + \mathbf{P}_i^{(1)}\mathbf{H}_i^T\mathbf{N}_{0i}^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_{1i}^{(1)}, \;\; \hat{\mathbf{x}}_{1,i+1}^{(\sigma)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_{1,i}^{(\sigma)} + \mathbf{P}_i^{(\sigma)}\mathbf{H}_i^T\left[\sigma^2\mathbf{N}_{0i}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_{1,i}^{(\sigma)}, \\
\hat{\mathbf{x}}_{0,i+1}^{(1)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_{0,i}^{(1)} + \mathbf{P}_i^{(1)}\mathbf{H}_i^T\mathbf{N}_{0i}^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_{0i}^{(1)}, \;\; \hat{\mathbf{x}}_{0,i+1}^{(\sigma)} = \mathbf{A}_{i+1,i}\hat{\mathbf{x}}_{0,i}^{(\sigma)} + \mathbf{P}_i^{(\sigma)}\mathbf{H}_i^T\left[\sigma^2\mathbf{N}_{0i}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_{0,i}^{(\sigma)}, \\
\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \mathbf{s}_i, \theta = 1\right) = \Lambda_{1i}\dfrac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \mathbf{s}_i\theta = 1\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \mathbf{s}_i, \theta = 1\right)}\left[1 + \dfrac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \mathbf{s}_i, \theta = 1\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \mathbf{s}_i\theta = 1\right)}\Lambda_i\right]^{-1}, \\
\mathbf{P}\left(\gamma = 1/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \theta = 0\right) = \Lambda_{i0}\dfrac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \theta = 0\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \theta = 0\right)}\left[1 + \dfrac{\mathbf{P}\left(1/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \theta = 0\right)}{\mathbf{P}\left(\sigma/\mathbf{Z}_k^{i-1}, \theta = 0\right)}\Lambda_i\right]^{-1}, \\
\mathbf{P}_i^{(k)} = \bar{\mathbf{P}}_i - \bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T\left(\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T + k^2\mathbf{N}_{0i}\right)^{-1}\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i, \\
\bar{\mathbf{P}}_i = \mathbf{A}_{i-1,i}\mathbf{P}_{i-1}^{(k)}\mathbf{A}_{i-1,i}^T + \mathbf{G}_{i-1,i}\mathbf{N}_{1i}\mathbf{G}_{i-1,i}^T, \quad k = 1, \sigma, \\
\tilde{\mathbf{P}}_i^{(k)} = \mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_i\mathbf{H}_i^T + k^2\mathbf{N}_{0i}, \\
\Lambda_{1ii} = \left[\dfrac{\det\mathbf{P}_i^{(\sigma)}}{\det\mathbf{P}_i^{(1)}}\right]^{-\frac{1}{2}}\exp\left\{-\dfrac{1}{2}\sum_{k=1,\sigma}\left(\tilde{\mathbf{z}}_{1i}^{(k)}\right)^T\left[\mathbf{P}_i^{(k)}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_{1i}^{(k)}\right\}, \\
\Lambda_{0i} = \left[\dfrac{\det\mathbf{P}_i^{(\sigma)}}{\det\mathbf{P}_i^{(1)}}\right]^{-\frac{1}{2}}\exp\left\{-\dfrac{1}{2}\sum_{k=1,\sigma}\left(\tilde{\mathbf{z}}_{0ii}^{(k)}\right)^T\left[\mathbf{P}_i^{(k)}\right]^{-1}\tilde{\mathbf{z}}_{0i}^{(k)}\right\}, \\
\mathbf{L}_{i+1} = \mathbf{L}_i + \left(2\mathbf{z}_i - \mathbf{s}_i - \hat{\mathbf{x}}_{1i} - \hat{\mathbf{x}}_{0i}\right)\mathbf{N}_{01}^{-1}\left(\mathbf{s}_i + \hat{\mathbf{x}}_{1i} - \hat{\mathbf{x}}_{0i}\right)
\end{cases}
\tag{17}
$$

Таким образом, алгоритм фильтрации-обнаружения в динамической системе с отказами, сводится к выполнению следующих операций.

1. На основании принятой реализации $\mathbf{z_i}$ и предыдущих оценок помехи и матрицы ошибок фильтрации $\mathbf{P}_i^{(k)}$, рассчитываются частные оценки $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{1i}}^{(\mathbf{k})}$ и $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{0i}}^{(\mathbf{k})}$ вектора помехи (уравнения 3 и 4 системы (17)).

2. По уравнениям 10 и системы (17) вычисляется корреляционная матрица ошибок экстраполяции $\bar{\mathbf{P}}_i$.

3. По уравнению 9 и системы (17) вычисляется корреляционная матрица ошибки фильтрации $\mathbf{P}_i^{(k)}$.

4. Вычисляется корреляционная матрица $\tilde{\mathbf{P}}_i^{(k)}$ обновляющих процессов $\tilde{\mathbf{z}}_{\mathbf{i}}^{(\mathbf{k})}$ (уравнение 11 системы (17)).

5. Вычисляются отношения правдоподобия $\Lambda_{\mathbf{1i}}$ и $\Lambda_{\mathbf{0i}}$ (уравнения 12 и 13 системы (16)).

6. По уравнениям 7 и 8, с учетом значений, полученных на предыдущем шаге, вычисляются значения весовых коэффициентов:

$$\mathbf{P}\left(\gamma = 1/\mathbf{Z}_k^i, \mathbf{s_i}, \theta = 1\right),$$

$$\mathbf{P}\left(\gamma = \sigma/\mathbf{Z}_k^i, \mathbf{s_i}, \theta = 1\right), \; \mathbf{P}\left(\gamma = 1/\mathbf{Z}_k^i, \theta = 0\right) \text{ и } \mathbf{P}\left(\gamma = \sigma/\mathbf{Z}_k^i, \theta = 0\right).$$

7. Вычисляются результирующие оценки $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{1i}}, \hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{0i}}$ марковской помехи при гипотезах наличия и отсутствия сигнала $\mathbf{s_i}$ в принятой реализации (уравнения 1 и 2 системы (17)).

8. Вычисляется отношение правдоподобия (последнее уравнение системы (17)), после чего все вычисления повторяются.

Из анализа системы уравнений (17) видно, что оптимальный алгоритм обнаружения в целом и его каналы фильтрации, в частности, являются существенно нелинейными, так как при вычислении корреляционных матриц фильтрации и экстраполяции используются наблюдаемые данные. Поэтому, нельзя использовать процедуру предварительного вычисления корреляционной матрицы ошибок (следовательно, и коэффициента усиления фильтра).

Фильтрации потоков отказов, представляющих марковскую цепь

Рассмотрим алгоритм субоптимальной фильтрации при марковской параметрической переменной γ_i, которая представляет собой марковскую цепь с двумя состояниями $\gamma_1 = 1, \quad \gamma_2 = \sigma$. Положим, что заданы начальные вероятности этих состояний $p_\sigma, \; p_1$ и матрица марковской цепи:

$$\mathbf{P_{ij}} = \begin{bmatrix} p_{\sigma\sigma} & p_{\sigma 1} \\ p_{1\sigma} & p_{11} \end{bmatrix}. \tag{18}$$

Динамическая система определяется своими уравнениями состояния и наблюдения:

$$\mathbf{x_{i+1}} = \mathbf{A_{i+1,i}x_i} + \mathbf{n_{1i}}, \quad \mathbf{z_i} = \mathbf{H_i x_i} + \gamma_\mathbf{i} \mathbf{G_i n_{0i}}.$$

Вывод уравнений фильтрации в этом случае практически повторяет процедуры, сделанные для модели параметрической переменной в виде независимой на каждом шаге случайной величиной. Уравнение оценки фильтрации представляется уравнениями вида (16). Однако входящие в него апостериорные вероятности исправного состояния канала $p_i^{(1)}$ должны вычисляться иным способом, так как значения γ_i, γ_{i-1} вследствие того, что они являются элементами марковской цепи, оказываются связанными между собой. Для расчета условных вероятностей вида $p_i^{(1)} = \mathbf{P}\left[\gamma_i = 1 / \mathbf{Z_i^{(1)}}\right]$ следует пользоваться общей формулой для получения вероятности нахождения канала в исправном состоянии:

$$p_i^{(1)} = \frac{f\left[\mathbf{z_i} / \gamma_i = 1, \mathbf{Z_{i-1}^{(1)}}\right] P\left[\gamma_i = 1 / \mathbf{Z_{i-1}^{(1)}}\right]}{\sum\limits_{j=1,\sigma} f\left[\mathbf{z_i} / \gamma_i = i, \mathbf{Z_{i-1}^{(1)}}\right] P\left[\gamma_i = i / \mathbf{Z_{i-1}^{(1)}}\right]}. \tag{19}$$

Принимая во внимание марковские свойства γ_i, из которых следует:

$$\mathbf{P}(\gamma_\mathbf{i} = 1 / \mathbf{Z}_1^{i-1}) = p_1^{(\sigma)} \mathbf{P}(\gamma_{\mathbf{i-1}} = \sigma / \mathbf{Z_1^{i-1}}) + p_i^{(1)} \mathbf{P}(\gamma_{\mathbf{i-1}} = 1 / \mathbf{Z_1^{i-1}}).$$

Выражение (19) можно записать в следующей форме:

$$p_i^{(1)} = \frac{f_i^{(1)} \sum\limits_{k=1,\sigma} p_1^{(k)} p_{i-1}^{(k)}}{\sum\limits_{k=1,\sigma} f_i^{(k)} \sum\limits_{s=1,\sigma} p_1^{(k)} p_{i-1}^{(k)}}. \tag{20}$$

Общая сводка формул, определяющая алгоритм фильтрации состояния динамической системы с отказами, при условии марковости параметрической переменной с матрицей перехода (16), имеет вид:

$$\begin{cases} \hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i+1}} = \bar{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}} + p_i^{(1)}\mathbf{K}_i^{(1)}\tilde{\mathbf{z}}_{\mathbf{i}} + [1 - p_i^{(1)}]\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\sigma)}\tilde{\mathbf{z}}_{\mathbf{i}}, \\ \bar{\mathbf{x}} = \mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}} \\ \mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)} = \mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\mathbf{1})} - \mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\sigma)} \\ \mathbf{P}_{i+1} = \bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}} - p_i^{(1)}\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)}\mathbf{H}_{\mathbf{i}}\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}} + (1 - p_i^{(1)})\, p_i^{(1)}\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)}\mathbf{S}_{\mathbf{i}}\left(\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)}\right)^T - \mathbf{K}_i^{(\sigma)}\mathbf{H}_i\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}} \\ \mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(k)} = \bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}}\mathbf{H}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}\left[\mathbf{H}_{\mathbf{i}}\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}}\mathbf{H}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}} + k^2\mathbf{N}_{\mathbf{0i}}\right]^{-1}, \quad k = 1,\sigma \\ \bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i+1}} = \mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}\mathbf{P}_{\mathbf{i}}\mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}^T + \mathbf{N}_{\mathbf{1i}} \\ p_i^{(1)} = \dfrac{f_i^{(1)}\sum\limits_{k=1,\sigma} p_1^{(k)} p_{i-1}^{(k)}}{\sum\limits_{k=1,\sigma} f_i^{(k)} \sum\limits_{s=1,\sigma} p_1^{(k)} p_{i-1}^{(k)}} \\ \mathbf{S}_{\mathbf{i}} = \left(\mathbf{z}_{\mathbf{i}} - \mathbf{H}_{\mathbf{i}}\bar{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}}\right)\left(\mathbf{z}_{\mathbf{i}} - \mathbf{H}_{\mathbf{i}}\bar{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}}\right)^T. \\ \hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{0}} = <\mathbf{x}_{\mathbf{0}}>, \quad \mathbf{P}_{\mathbf{0}} = \bar{\mathbf{P}}_0 \end{cases} . \quad (21)$$

Таким образом, последовательность вычислений субоптимальной фильтрации вектора состояния $\mathbf{x}_{\mathbf{i}}$ и марковской переменной γ_i в линейной ДС с каналом измерения $\mathbf{z}_{\mathbf{i}} = \mathbf{H}_{\mathbf{i}}\mathbf{x}_{\mathbf{i}} + \gamma_{\mathbf{i}}\mathbf{G}_{\mathbf{i}}\mathbf{n}_{\mathbf{0i}}$, включает в себя:

9. По результатам оценивания состояния динамической системы на предыдущем шаге $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}}$ и значению матрицы перехода $\mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}$ рассчитывается оценка экстраполяции $\bar{\mathbf{x}}_{\mathbf{i+1}} = \mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}}$.

10. По формуле $\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i+1}} = \mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}\mathbf{P}_{\mathbf{i}}\mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}^T + \mathbf{N}_{\mathbf{1i}}$, включающей в себя предыдущего значение корреляционной матрицы ошибок фильтрации $\mathbf{P}_{\mathbf{i}}$, значению матрицы перехода $\mathbf{A}_{\mathbf{i+1,i}}$ и спектральной плотности шума формирования $\mathbf{N}_{\mathbf{1i}}$ находится корреляционная матрица ошибок экстраполяции $\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}}$.

1. Используя результаты текущего измерения $\mathbf{z}_{\mathbf{i}}$ и величины «обновляющего процесса» $\tilde{\mathbf{z}}_{\mathbf{i}}$, находят значение апостериорной вероятности $p_i^{(1)}$ нахождения канала измерения в исправном состоянии.

2. По формуле $\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(k)} = \bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}}\mathbf{H}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}\left[\mathbf{H}_{\mathbf{i}}\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}}\mathbf{H}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}} + k^2\mathbf{N}_{\mathbf{0i}}\right]^{-1}$, $k = 1,\sigma$ вычисляют значения коэффициентов усиления фильтра $\mathbf{K}_i^{(1)}$ и $\mathbf{K}_i^{(\sigma)}$.

3. В соответствии с выражением $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i+1}} = \hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}} + p_i^{(1)}\mathbf{K}_i^{(1)}\tilde{\mathbf{z}}_{\mathbf{i}} + [1 - p_i^{(1)}]\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\sigma)}\tilde{\mathbf{z}}_{\mathbf{i}}$, рассчитывается результирующая оценка $\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{i}}$.

4. По формуле $\mathbf{P}_{i+1} = \bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}} - p_i^{(1)}\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)}\mathbf{H}_{\mathbf{i}}\bar{\mathbf{P}}_{\mathbf{i}} + (1 - p_i^{(1)})\, p_i^{(1)}\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)}\mathbf{S}_{\mathbf{i}}\left(\mathbf{K}_{\mathbf{i}}^{(\delta)}\right)^T$ вычисляется корреляционная матрица ошибок фильтрации.

5. Вычисления повторяются снова.

Получение математической модели, описывающей алгоритмы фильтрации-обнаружения в динамической системе с отказами для марковской модели параметрической переменной, не вызывает затруднений.

Пример моделирования ДС с отказами и анализ результатов

Для иллюстрации полученных теоретических результатов приведем пример моделирования скалярной динамической системы следующего вида:

$$\begin{cases} x_{\mathbf{i}+1} = \alpha x_{\mathbf{i}} + n_{1i}, \\ z_i = x_i + \gamma_i n_{0i}, \end{cases} \quad \gamma_i = \begin{cases} 1, & q_i = 0,2, \\ 10, & p_i = 0,8, \end{cases}$$

$$\alpha = 0,9; \quad Q_i = 4 \cdot 10^{-4}; \quad R_i = 25 \cdot 10^{-4},$$

где γ_i – независимая на каждом шаге случайная последовательность.

Используя систему уравнений (16), получаем следующие соотношения для субоптимальной фильтрации:

$$\begin{cases} \hat{x}_{\mathbf{i+1}} = \hat{x}_{\mathbf{i}} + p_i^{(1)} K_i^{(1)} \tilde{z}_{\mathbf{i}}, \quad K_i^{(k)} = p_i^{(1)} \dfrac{\overline{P}_i}{\overline{P}_i + R_i k^2}, \quad k = 1, \sigma \\ p_i^{(1)} = \dfrac{f_i^{(1)} q_i}{f_i^{(1)} q_i + f_i^{(\sigma)} (1 - q_i)} \\ P_{i+1} = \overline{P}_{\mathbf{i}} - K_{\mathbf{i}}^{(1)} \overline{P}_{\mathbf{i}} + \dfrac{1 - p_i^{(1)}}{p_i^{(1)}} \left(K_{\mathbf{i}}^{(1)} \right)^2 S_{\mathbf{i}} \\ \overline{P}_{\mathbf{i}} = \alpha^2 P_{\mathbf{i}} + Q_{\mathbf{i}}, \quad S_{\mathbf{i}} = \left(z_{\mathbf{i}} - \alpha \hat{x}_i \right)^2 \end{cases}$$

Учитывая, что плотности вероятности входящие в формулу для определения $p_i^{(1)}$ являются гауссовскими, то после несложных вычислений получаем:

$$p_i^{(1)} = q_i T_i^{(1)} \left(q_i T_i^{(1)} + \sqrt{\frac{K_i^{(1)}}{K_i^{(\sigma)}}} (1 - q_i) T_i^{(\sigma)} \right)^{-1}; \quad T_i^{(1)} = \exp\left\{ -\frac{1}{2} \frac{\left(z_i - \alpha \hat{x}_i \right)^2}{\overline{P}_i + R_i k} \right\}, \quad k = 1, \sigma.$$

При тех же самых условиях рассмотрим математическую модель задачи обнаружения сигнала s (фильтрация параметра θ):

$$\begin{cases} x_{\mathbf{i}+1} = \alpha x_{\mathbf{i}} + n_{1i}, \\ z_i = \theta s_i + x_i + \gamma_i n_{0i}, \end{cases} \quad \gamma_i = \begin{cases} 1, & q_i = 0,2, \\ 10, & p_i = 0,8. \end{cases}$$

Параметр обнаружения $\theta = 1$ при наличии сигнала в принятой реализации и $\theta = 0$ – в альтернативном случае. Учитывая, что при решении задачи фильтрации-обнаружения оптимальный алгоритм, представляется в виде двухканальной структуры, первый канал которой оценивает помеху при наличии сигнала в принятой реализации, а второй при ее отсутствии, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \hat{x}_{1,i+1} = \hat{x}_{1,\mathbf{i}} + p_i^{(1)} K_i^{(1)} \left(2z_{\mathbf{i}} - s_i - \hat{x}_{1,i} \right) \\ \hat{x}_{0,\mathbf{i+1}} = \hat{x}_{0,\mathbf{i}} + p_i^{(1)} K_i^{(1)} \left(z_{\mathbf{i}} - \hat{x}_{0,i} \right) \\ K_i^{(k)} = p_i^{(1)} \dfrac{\bar{P}_i}{\bar{P}_i + R_i k^2}, \quad k = 1,\ \sigma \\ p_i^{(1)} = q_i T_i^{(1)} \left(q_i T_i^{(1)} + \sqrt{\dfrac{K_i^{(1)}}{K_i^{(\sigma)}}} (1 - q_i) T_i^{(\sigma)} \right)^{-1} \\ T_i^{(k)} = \exp\left\{ -\dfrac{1}{2} \dfrac{\left(z_i - \alpha \hat{x}_i \right)^2}{\bar{P}_i + R_i k^2} \right\} \\ P_{i+1} = \bar{P}_{\mathbf{i}} - K_{\mathbf{i}}^{(1)} \bar{P}_{\mathbf{i}} + \dfrac{1 - p_i^{(1)}}{p_i^{(1)}} \left(K_{\mathbf{i}}^{(1)} \right)^2 \left(z_{\mathbf{i}} - \alpha \hat{x}_i \right)^2, \quad \bar{P}_{\mathbf{i}} = \alpha^2 P_{\mathbf{i}} + Q \\ L_{i+1} = \left(2z_i - s_i - \hat{x}_{0,i} - \hat{x}_{1,i} \right) R^{-1} \left(s_i + \hat{x}_{1,i} - \hat{x}_{0,i} \right) \end{cases} \tag{23}$$

На основании соотношений (22) проведено математическое моделирование, результаты которого приведены на рис.2 и 3.

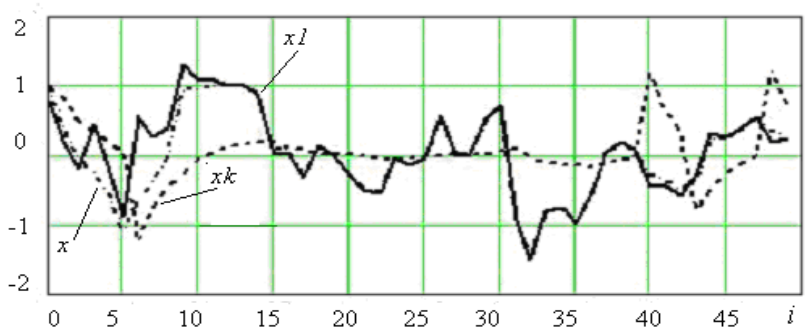


Рисунок 2 – Оцениваемый параметр x, его оценки фильтром, учитывающим отказы в системе – $x1$ и фильтром Калмана – xk

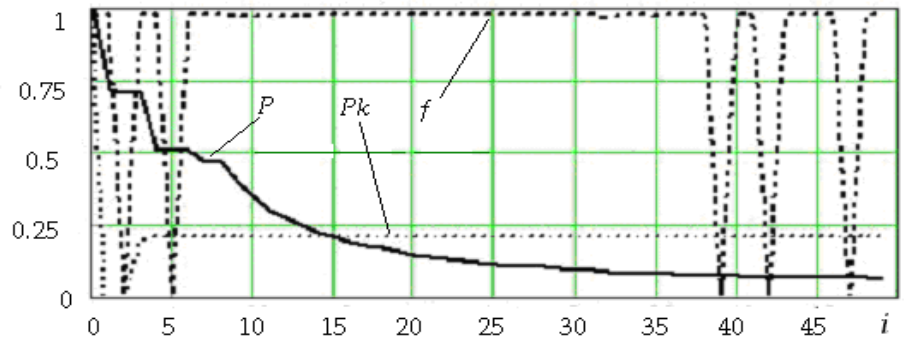


Рисунок 3 – Эволюция коэффициента усиления фильтра Pk, ошибок экстраполяции P и апостериорной вероятности f

Из их сравнения с истинным значением x видно, что субоптимальный фильтр дает очень хорошее приближение получаемой оценки к истинному значению и практически, начиная с двенадцатого отсчета $x1$ и x совпадают (рис.1). Оценка, получаемая калмановским фильтром xk, за счет аномальных измерений значительно отличается от истинного значения, что объясняется тем, что фильтр за счет аномальных измерений не успева-

ет войти в стационарный режим работы. Зависимости, изображенные на рис.1, 2 рассчитаны по 100 реализациям оценок фильтрации, при фиксированной последовательности γ_i. Сравнение точностных характеристик показывает, что при появлении отказов в канале измерений субоптимальный фильтр имеет существенное преимущество перед фильтром Калмана.

Зависимость апостериорных вероятностей $f = p_i^{(1)}$ от времени, рассчитанная для одной из реализаций z_i при $q_i = 0.8$ приведена на рис.2. Эта зависимость однозначно определяет и поведение коэффициента усиления субоптимального фильтра Pk. Из графиков видно, что в момент появления отказа величина f резко падает, что влечет за собой пропорциональное уменьшение коэффициента усиления фильтра. Поэтому фильтр резко теряет чувствительность к вновь поступающим данным и в качестве текущей оценки выдает оценку экстраполяции, находящейся в его памяти, при этом дисперсия ошибок экстраполяции P монотонно уменьшается.

Заключение

Полученные алгоритмы субоптимального оценивания для моделей параметрической переменной в виде независимой или марковской случайной последовательности неявно основывается на том предположении, что вероятности исправного состояния канала q_i или элементы переходной матрицы марковской цепи $\mathbf{P_{ij}}$ априорно известны. Если снять указанные ограничения, то основная структура алгоритмов оценивания останется неизменной. Изменения затронут только алгоритм вычисления апостериорных вероятностей исправного состояния канала, а сама процедура оценивания приобретет адаптивный характер. В целом, используя результаты работы [1,8,], а также одномерных сплайн-представлений, изложенных в работах [9,10], нетрудно обобщить полученные алгоритмы до адаптивных, а также для решения задач фильтрации-обнаружения.

Список литературы

1. Гришин Ю.П., Казаринов Ю.М. Динамические системы устойчивые к отказам. – М.: Радио и связь, 1985.
2. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. – М.: Наука, 1982.
3. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991.
4. Красовский А.А. и др. Справочник по теории автоматического управления. – М.: Наука, 1987.
5. Сосулин Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов. – М.: Сов. радио, 1978.
6. Бутырский Е.Ю. Обнаружение широкополосного гидроакустического сигнала на фоне реверберационной помехи // НТК «Военная радиоэлектроника». – Петродворец: ВВМУРЭ, 1996.
7. Бутырский Е.Ю. Обнаружение сигнала на фоне реверберационной помехи. – СПб.: НИИ «Нептун»., 2001. – С. 35-47.
8. Бутырский Е.Ю. Динамические системы с отказами // Научное приборостроение. – 2014. – Т. 24. – № 2. – С. 61-71.
9. Бутырский Е.Ю., Кувалдин И.А., Чалкин В.П. К вопросу сплайн-фильрации сигналов // Научное приборостроение. – 2010. – Т.20. – №3. – С 64-76.
10. Бутырский Е.Ю. Сплайн-модели сигналов и сплайн-фильтрация // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2014. – № 2(6). – С. 43-56.

УДК 538.9

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ОБЪЕКТА

Орлов Евгений Альбертович,
кандидат технических наук, г. Челябинск

АННОТАЦИЯ

Для приближения теоретических результатов исследования элементарных объектов к экспериментальным формам определения динамических характеристик элементарных частиц, предложено систему отсчета в получаемых функционалах выбирать как систему координат обобщенного пространства Лагранжа. Теоретическое определение установившейся формы движения элементарного образования, позволило не только упростить вид математической модели, но и дать физическую интерпретацию постоянной тонкой структуры с геометрической точки зрения. Предлагается математическую модель элементарных образований строить только для установившихся движений.

Ключевые слова: полный глюон; функционал действия; кварк; постоянная тонкой структуры.

MATHEMATICAL MODEL OF ELEMENTARY OBJECT

Orlov E.A.,
PhD in Engineering, Chelyabinsk

ABSTRACT

To approximate the theoretical research results of elementary objects to experimental forms of determining dynamic characteristics of elementary particles, proposed a system of reference, received functional, choose as generalized Lagrange space coordinate system. Theoretical definition of established forms of movement of elementary objects, allowed not only simplify the mathematical models, but also give a physical interpretation of the fine structure constant from a geometric point of view. Proposed mathematical model of elementary objects build only for the established movements.

Keywords: full gluon; functional action; quark; the fine structure constant.

Введение

В работе [1], была выведена полная энергия элементарного объекта «кварка» как функция мгновенной конфигурации данного образования. Для приведения полной энергии «кварка» к форме, используемой в практических задачах физики, предлагается систему отсчета выбирать как систему координат обобщенного пространства Лагранжа. Дается обоснование, что функционал действия элементарного объекта физического многообразия («полного глюона») может быть сформирован на основании полной энергии «кварка». В результате получены уравнения состояния элементарного объекта в виде уравнений Эйлера-Лагранжа. Для упрощения данных уравнений предлагается перейти к форме установившихся движений элементарных образований.

1. Выбор обобщенных координат

Обобщенными координатами любой динамической системы называют набор динамических переменных, значения которых полностью определяют её состояние. Существует четыре типа таких обобщенных координат: – это q_i – обобщенная координата; q_i' – обобщенная скорость; p_i – обобщенный импульс; f_i – обобщенная сила. Только две переменные из данного набора могут быть независимыми переменными. Если какая-нибудь пара из данного набора определена для данного состояния динамической системы, то и остальные переменные также определяются. При описании состояния системы любая из пары обобщенных координат может быть выбрана в качестве независимых переменных.

Выбор конкретной пары обобщенных координат, в последующем определяет вид силовой функции, с которой и совершаются операции дифференцирования для определения уравнений состояния динамической системы. Так если в качестве пары независимых переменных выбраны обобщенная координата и обобщенный импульс, то роль силовой функции играет гамильтониан или сумма кинетической и потенциальной энергии динамической системы. Если в качестве пары независимых переменных выбраны обобщенная координата и обобщенная скорость, то роль силовой функции играет лагранжиан или разница между кинетической и потенциальной энергией системы.

Следует отметить, что названия кинетическая и потенциальная энергия системы являются условными и зависят от того какие обобщенные переменные входят в состав данных силовых функций. Если, в состав, какой либо из силовых функций, входит обобщенная скорость, то такая силовая функция автоматически причисляется к кинетической энергии динамической системы.

Так как в большинстве задач физики в качестве силовой функции используется лагранжиан, то и в данной работе мы остановимся на данном выборе, тогда в качестве пары независимых переменных у нас будут обобщенные координаты и обобщенные скорости. Но данный выбор независимых обобщенных переменных не означает, что мы распространили полностью данное соответствие и на переменные входящие в систему отсчета динамической системы. Необходимо принять соответствие между переменными системы и обобщенными координатами. Данный выбор не является наперед заданной структурной формой, а подлежит определению в соответствии с необходимостью решения той или иной физической проблемы. Так если в качестве формы соответствия между обобщенными координатами и переменными системы выбрать следующий вид: – обобщенным координатам соответствуют продольные или угловые перемещения; обобщенным скоростям соответствуют продольные или угловые скорости, то при использовании лагранжиана мы получим уравнения сил или моментов действующих в системе. Если обобщенным координатам и скоростям соответствуют импульсы и силы динамической системы, то при использовании лагранжиана мы получаем уравнения неразрывности пространства.

В силу сказанного, форму соответствия между обобщенной координатой, обобщенной скоростью и системой отсчета «кварка», будем определять по конкретному виду найденных первых интегралов движения «кварка» и, заодно определять, к какому типу силовой функции – кинетической или потенциальной энергии они относятся.

Собственная энергия «кварка» определена в следующем виде:

$$W_A = \frac{4}{7}\mu_A \pi \overline{Q}^2 \frac{1}{R_k^2} \tag{1.1}$$

В качестве обобщенной координаты, логично выбрать радиус-вектор «кварка» R_k. В соответствии с работой [1], данная координата является экстенсивной и относится к термодинамическим координатам «кварка». Зафиксируем данный выбор в виде соотношения:

$$q_1 = R_k \tag{1.2}$$

Других обобщенных координат, а также обобщенных скоростей в выражение (1.1) нет, поэтому будем считать собственную энергию «кварка» – потенциальной энергией и записываться в виде:

$$W_A = \frac{4}{7}\mu_A \pi \overline{Q}^2 \frac{1}{q_1^2} \tag{1.3}$$

Энергия «информационного поля» определена как:

$$W_B = \mu_B \frac{1}{n^2} \frac{Z_n^2 \Delta R}{2\pi R_k} (R_k - 2\tilde{\rho}) \tag{1.4}$$

В данное выражение входят, кроме величины R_k, дополнительные динамические переменные системы:

ΔR – величина флуктуаций радиуса «кварка»;

$k_\theta p_{\min}, k_\theta p_{\max}$ – величины, характеризующие минимальный и максимальный уровень информационного воздействия и входящие в функциональный коэффициент Z_n, который определен как:

$$Z_n = 4k_\theta p_{\min}\left|\sin(n\frac{\pi}{2})\right| + k_\theta p_{\max}(\cos n\pi + 4\left|\sin(n\frac{\pi}{2})\right|).$$

Где $\tilde{\rho}$ – величина продольного смещения «кварка» относительно, выделенной гармоники «информационного поля».

Величина флуктуаций ΔR радиуса «кварка» является величиной переменной и может принимать различные значение в зависимости от уровня информационного воздействия. Поэтому, для данной величины, введем её соответствие обобщенной координате q_2:

$$q_2 = \Delta R\ , \tag{1.5}$$

Для величин, характеризующий минимальный и максимальный уровень информационного воздействия примем их соответствие обобщенным скоростям:

$$q_3' = k_\theta p_{\max},\ q_4' = k_\theta p_{\min} \tag{1.6}$$

Для величины продольного смещения «кварка», примем её соответствие обобщенной координате:

$$q_5 = \tilde{\rho} \tag{1.7}$$

В результате выражение энергии «информационного поля» примет вид:

$$W_B = \mu_B \frac{1}{n^2}\frac{Z_n^2(q_3', q_4')q_2}{2\pi q_1}(q_1 - 2q_5) \tag{1.8}$$

Где

$$Z_n = 4q_4'\left|\sin(n\frac{\pi}{2})\right| + q_3'(\cos n\pi + 4\left|\sin(n\frac{\pi}{2})\right|) \tag{1.8a}$$

В данное выражение входят обобщенные скорости, поэтому считаем энергию «информационного поля» – кинетической энергией.

Выражение для энергии «поля связи» имеет вид:

$$W_{AB} = 2\mu_{AB}\pi\overline{Q}^2\frac{\Delta R}{R_k^3} + \mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{Z_n}{\pi n\Delta R}\left(\frac{((-1)^{n-1}-1)\cos(n-1)\tilde{\varphi}}{(n-1)^2} - \frac{((-1)^{n+1}-1)\cos(n+1)\tilde{\varphi}}{(n+1)^2}\right)\times$$

$$\times\left((R_k + \Delta R - \tilde{\rho})\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4}R_k^{-\frac{1}{2}} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\Delta R R_k^{-\frac{3}{2}}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}\right) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4}R_k^{-\frac{1}{2}} + \Delta R R_k^{-\frac{3}{2}}\frac{\sqrt{3}-1}{8}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}\right)\right) - \frac{2\sqrt{3}}{3}(R_k - \tilde{\rho})R_k^{-\frac{1}{2}}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}\right)\right)\right) +$$

$$+ \mu_{AB}\frac{Z_n^2}{8\pi}\frac{1}{n^2\Delta R}\left(\frac{1}{(n-1)^2} + \frac{1}{(n+1)^2}\right)(R_k^2 - 2\Delta R R_k - \tilde{\rho}^2 + 6\Delta R\tilde{\rho})) + \mu_{AB}\frac{Z_n^2}{4\pi R_k^2}\frac{1}{n^2}(R_k - \tilde{\rho})^2\Delta R$$

Кроме уже рассмотренных ранее динамических переменных в данное выражение входит величина $\tilde{\varphi}$ – поворот радиуса «кварка», относительно выделенной гармоники «информационного поля», в рассматриваемом сечении. Для данной величины примем её соответствие обобщенной координате:

$$q_6 = \tilde{\varphi} \tag{1.9}$$

В результате энергия «поля связи» примет вид:

$$W_{AB} = 2\mu_{AB}\pi\overline{Q}^2\frac{q_2}{q_1^3} + \mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{Z_n}{\pi n q_2}\left(\frac{((-1)^{n-1}-1)\cos(n-1)q_6}{(n-1)^2} - \frac{((-1)^{n+1}-1)\cos(n+1)q_6}{(n+1)^2}\right)\times$$
$$\times\left((q_1+q_2-q_5)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4}q_1^{-\frac{1}{2}} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}q_2q_1^{-\frac{3}{2}}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \right.\right.$$
$$\left.\left. + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4}q_1^{-\frac{1}{2}} + q_2q_1^{-\frac{3}{2}}\frac{\sqrt{3}-1}{8}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) - \frac{2\sqrt{3}}{3}(q_1-q_5)q_1^{-\frac{1}{2}}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) + \quad (1.10)$$
$$+ \mu_{AB}\frac{Z_n^2}{8\pi}\frac{1}{n^2q_2}\left(\frac{1}{(n-1)^2} + \frac{1}{(n+1)^2}\right)(q_1^2 - 2q_2q_1 - q_5^2 + 6q_2q_5)) + \mu_{AB}\frac{Z_n^2}{4\pi q_1^2}\frac{1}{n^2}(q_1-q_5)^2q_2$$

В данное выражение входят обобщенные скорости, поэтому считаем энергию «поля связи» кинетической энергией.

В результате, мы получили набор обобщенных координат и соответствующие им первые интегралы движения, что позволяет получить уравнения состояния «кварка» в форме уравнений Эйлера-Лагранжа.

2. Функционал действия и уравнения состояния «полного глюона»

Согласно физико-геометрического подхода в основе вывода уравнений состояния любого объекта лежит принцип действия, где производится исследование экстремума некоторого функционала. В работе [1], дано обоснование выбора функционала следующего вида:

$$I = \int_a^b (L + G\overline{\int_V \psi(\tau,t)\psi^*(\tau,t)dv})dt$$

Так как внутреннее пространство «полного глюона» мы описали как многообразие внутреннего пространства «пустого глюона» с дополнительным объектом – «кварком», то преобразование физико-геометрического потенциала «кварка» на поверхность «полного глюона» осуществляется на основе вакуумного оператора. Тогда, представив набор коэффициентов пропорциональности G как набор граничных значений вакуумного оператора преобразования физико-геометрического потенциала «кварка» на поверхность «полного глюона» и учитывая результаты работы [1] данный функционал примет вид:

$$I = \int_a^b (L_f + G\overline{W_\Phi})dt \quad (2.1)$$

Где $L_f = T_f - U_f$ – кинетический лагранжиан, представляет разницу кинетической и потенциальной энергии «полного глюона», определяемые из известных физических соотношений для материального тела;

G – некоторый набор коэффициентов пропорциональности;

$[a,b]$ – интервал действия однородных голономных связей;

$W_\Phi = W_B + W_{AB} - W_A$ – «кварковый» лагранжиан, представляет разницу между суммой энергии «информационного поля» W_B, энергии «поля связи» W_{AB}, под которыми понимается кинетическая энергия «кварка» и собственной энергии «кварка» W_A, под которой понимается потенциальная энергия «кварка».

В результате, при такой форме выбора системы отсчета и функционала (2.1), уравнения состояния «полного глюона» будут иметь форму уравнений Эйлера-Лагранжа:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial q_i'} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = F_i$$

Так как мы рассматриваем «полный глюон» как изолированную динамическую систему, то внешние обобщенные силы будут равны нулю $F_i = 0$. Тогда запись уравнений состояния «полного глюона» в форме уравнений Эйлера-Лагранжа примет вид:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial(L_f + G\overline{W_\Phi})}{\partial q_i'} - \frac{\partial(L_f + G\overline{W_\Phi})}{\partial q_i} = 0, i = 1,2,\ldots,6 \qquad (2.2)$$

В итоге мы получили систему из шести уравнений, которые являются математической моделью «полного глюона». Эти шесть уравнений, образуют довольно сложную систему нелинейных дифференциальных уравнений, решение которых не может быть найдено в окончательном виде в силу неизвестности законов формирующих «информационное поле». Кроме этого существует некоторая неопределенность в нахождении кинетического лагранжиана относительно выбранной системы обобщенных координат. Так согласно полученным уравнениям первых интегралов движения «кварка», он осуществляет пульсирующие, колебательные, поверхностно-волновые и вращательные движения. Тогда кинетический лагранжиан должен определяться на основе данных движений. Так, обобщенную координату $q_1 = R_k$ можно принять как переменную, отвечающую за пульсирующую форму движения, которое формализуется в форме излучателя нулевого порядка (монополя). Обобщенную координату $q_2 = \Delta R$ можно принять за переменную, отвечающую за волновые движения поверхности, которые формализуется как движения излучателя первого порядка (диполя). Обобщенные координаты $q_3' = k_\theta p_{\max}$, $q_4' = k_\theta p_{\min}$ можно принять за переменные, определяющие плотность амперовых молекулярных токов и формализовать в форме переменных из закона Био-Савара. Обобщенную координату $q_5 = \tilde{\rho}$ можно принять за переменную, определяющую характеристики колебательного движения и формализовать как форму движения осциллятора. Обобщенную координату $q_6 = \tilde{\varphi}$ можно принять за переменную, определяющую характеристики вращательного движения.

Такого вида математическая модель не совсем соответствует современной форме физического представления элементарных образований. Это связано с отсутствием технологических возможностей фиксировать динамическую форму движения элементарного образования. Поэтому во всех экспериментальных установках фиксируют только такие процессы, которые связанны с переходом элементарного образования из одного фиксированного состояния в другое. Тогда, учитывая современные технологические возможности, математическую модель элементарного образования следует записывать относительно установившихся движений. Такая форма записи уравнений состояния элементарного образования соответствует рассмотрению ряда специальных случаев, при которых возможно зафиксировать некоторые обобщенные координаты и тем самым понизить порядок дифференциальных уравнений математической модели.

3. Установившиеся движения элементарного объекта

Как сказано выше, дифференциальные уравнения, составляющие математическую модель «полного глюона», решить в общем виде невозможно. Поэтому необходимо перейти к рассмотрению некоторых специальных случаев, для которых решение данных уравнений будет возможным. Для этого обратимся к эмпирическим результатам, полученным в результате различных экспериментов на ускорителях элементарных частиц. Как показывают данные эксперименты все известные в настоящее время «элементарные частицы» можно условно разбить на две группы: – стабильные частицы и нестабильные. Причем нестабильные частицы в результате последовательности распадов образуют множественный набор стабильных частиц. Отсюда можно сделать вывод, что стабильные частицы можно рассматривать как некоторую форму установившихся процессов, действу-

ющих в физическом многообразии. Из полученных, в данных экспериментах, характеристиках стабильных частиц выделяется одна, которая присутствует в обязательном порядке у всего многообразия стабильных частиц. Данная характеристика названа спином и приравнена к квантовому числу «элементарной частицы», следовательно, всегда принимает вполне определенное значение.

В математической модели (2.2) «полного глюона», уравнение относительно обобщенной координаты $q_6 = \tilde{\varphi}$ отвечает за механические моменты. Тогда, согласно данному уравнению, если динамическая система обладает некоторым постоянным механическим моментом, то она вращается со строго определенной скоростью. Такой режим работы можно назвать установившимся режимом. Тогда необходимые условия преобразования энергии «полного глюона» в энергию вращательного движения могут быть получены при рассмотрении различных вариантов энергии «полного глюона» и установлении факта создания установившегося вращательного момента. Для установления факта существования установившегося момента рассмотрим уравнение математической модели «полного глюона», относительно обобщенной координаты $q_6 = \tilde{\varphi}$, при условии постоянства скорости вращения $q_6' = const$:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial(L_f + G\overline{W_\Phi})}{\partial q_6'} - \frac{\partial(L_f + G\overline{W_\Phi})}{\partial q_6} = 0$$

На данном этапе будем рассматривать уравнения движения без учета коэффициентов пропорциональности и усреднения полной энергии «кварка». Кинетическую часть, при таком рассмотрении уравнений движения, обозначим как механический момент «кварка», в результате уравнение движения или уравнение моментов примет вид:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L_f}{\partial q_6'} - \frac{\partial L_f}{\partial q_6} = M_6 = \frac{\partial W_{AB}}{\partial q_6}$$

В развернутом виде получим:

$$M_6 = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k \frac{Z_n}{\pi m q_2} q_1^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{((-1)^{n-1}-1)\sin(n-1)q_6}{(n-1)} - \frac{((-1)^{n+1}-1)\sin(n+1)q_6}{(n+1)}\right)\times$$

$$\times((q_1+q_2-q_5)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) - \quad (3.1)$$

$$-\frac{2\sqrt{3}}{3}(q_1-q_5)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)))$$

Величина Z_n, входящая в состав уравнения (3.1.) определяется, согласно ранее полученным результатам, в следующем виде:

$$Z_n = q_3'(\cos n\pi + 4\left|\sin\left(n\frac{\pi}{2}\right)\right|) + 4q_4'\left|\sin\left(n\frac{\pi}{2}\right)\right| \quad (3.2)$$

Далее, представим правую часть уравнения (3.1.) в виде суммы составляющих:

$$F_6 = M_1 + M_2$$

Где

$$M_1 = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k \frac{Z_n}{\pi n q_2} q_1^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{((-1)^{n-1}-1)\sin(n-1)q_6}{(n-1)} - \frac{((-1)^{n+1}-1)\sin(n+1)q_6}{(n+1)}\right) \times$$

$$\times \left((q_1+q_2)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) -\right.$$

$$\left. - \frac{2\sqrt{3}}{3} q_1 \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right)$$

$$M_2 = q_5 \mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k \frac{Z_n}{\pi n q_2} q_1^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{((-1)^{n-1}-1)\sin(n-1)q_6}{(n-1)} - \frac{((-1)^{n+1}-1)\sin(n+1)q_6}{(n+1)}\right) \times$$

$$\times \left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{2\sqrt{3}}{3} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right)$$

Момент M_2 связан с продольным перемещением «кварка» q_5 и поэтому не всегда будет обеспечивать постоянный средний момент. Следовательно, существование постоянного среднего момента «кварка», обеспечивается только составляющей M_1. Так как условием существования постоянного среднего момента является наличие постоянной скорости вращения «кварка», то обобщенную координату q_6 можно записать в следующем виде:

$$q_6 = \omega_6 \tau ,$$

где $\omega_6 = const$ – циклическая частота вращения «кварка».

Обратим внимание на сомножители $((-1)^{n-1}-1)$, $((-1)^{n+1}-1)$ в уравнении для величины M_1. Данный сомножитель принимает не нулевые значения только при четных значениях параметра n. Тогда введя соотношение между параметром n и новым параметром s следующего вида: $n = 2s$, где $s = 1,2,3,\ldots$; получим следующее выражение для величины M_1:

$$M_1 = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k \frac{Z_{2s}}{\pi s q_2} q_1^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)} - \frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)}\right) \times$$

$$\times \left((q_1+q_2)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) -\right. \quad (3.3)$$

$$\left. - \frac{2\sqrt{3}}{3} q_1 \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right)$$

Где величина Z_{2s} принимает следующее значение:

$$Z_{2s} = q_3'\left(\cos 2s\pi + 4\left|\sin\left(2s\frac{\pi}{2}\right)\right|\right) + 4q_4'\left|\sin\left(2s\frac{\pi}{2}\right)\right| = q_3' \quad (3.3a)$$

Величины $\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)$, $\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)$ в выражении (3.3), в силу не вырожденности аргумента, принимают не нулевые значения, тогда очевидно, что образование среднего момента будет зависеть от наличия постоянной составляющей в произведении величин Z_{2s}, $q_1^{\frac{1}{2}}$, $\sin((2s-1)\omega_6\tau)$, $\sin((2s+1)\omega_6\tau)$. В развернутом виде данное произведение примет вид:

$$q_3' q_1^{\frac{1}{2}} (\sin((2s-1)\omega_6\tau) - \sin((2s+1)\omega_6\tau))$$

Отсюда следует, так как средний момент, обеспечивающий постоянную скорость вращения «кварка», является величиной постоянной, то обобщенная скорость q_3' должна

содержать гармонические составляющие, изменяющиеся с частотой пропорциональной частотам пульсаций квантового радиуса «кварка» $q_1^{\frac{1}{2}}$ и частотам вращения «кварка» $(2s-1)\omega_6$ и $(2s+1)\omega_6$. Данное условие, в силу правил тригонометрических преобразований, можно записать в следующем виде:

$$q'_{3,i} = a_{3,i}\sin(\omega_{3,i}\tau) + b_{3,i}\cos(\omega_{3,i}\tau). \quad (3.4)$$

Где под параметром τ понимается внутреннее время рассматриваемой динамической системы.

В силу принципа симметрии, обобщенную скорость q'_4 запишем в аналогичном виде:

$$q'_{4,i} = a_{4,i}\sin(\omega_{4,i}\tau) + b_{4,i}\cos(\omega_{4,i}\tau) \quad (3.5)$$

Где $a_{3,i}, b_{3,i}, a_{4,i}, b_{4,i}$ – амплитуды синусоидальных составляющих;

$\omega_{3,i}, \omega_{4,i}$ – циклические частоты синусоидальных составляющих.

Данные соотношения, которым должны удовлетворять обобщенные скорости, создают условия для существования постоянной составляющей вращательного момента, а значит и для успешного преобразования энергии «кварка» в энергию вращательного движения.

Теперь, при рассмотрении только установившихся движений, вместо неопределенных значений обобщенных скоростей q'_3, q'_4, будем рассматривать только те их значения, которые соответствуют условиям (3.4), (3.5).

Запишем уравнение (3.1) как уравнение установившихся моментов. В результате простых преобразований оно примет вид:

$$M_6 = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k \frac{q'_3}{\pi s q_2} q_1^{-\frac{1}{2}}\left(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)} - \frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)}\right)\times$$
$$\times\left((q_1+q_2-q_5)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) - \right. \quad (3.6)$$
$$\left. - \frac{2\sqrt{3}}{3}(q_1-q_5)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right)$$

Сохранение установившегося значения вращательного момента будет обеспечиваться при определенном виде обобщенных координат и обобщенных скоростей. Данное условие также означает, что комбинация действующих значений обобщенных координат и обобщенных скоростей должна сохранять постоянное значение на любом промежутке рассматриваемого процесса. В основе формирования средних значений обобщенных координат лежит энергия «информационного поля». Данная энергия, с учетом условия $n = 2s$, примет следующий вид:

$$W_B = \mu_B \frac{1}{s^2}\frac{q'^2_3 q_2}{8\pi q_1}(q_1 - 2q_5) \quad (3.7)$$

Очевидно, что при переходе к средним, установившимся значениям обобщенных координат, будут учитываться только амплитудные значения данных координат. Тогда величина энергии информационного поля будет менять свой знак, в зависимости от амплитудных значении координаты q_1 и координаты q_5. Отрицательное значение энергии «информационного поля» означает, что происходит выкачивание части энергии из полной энергии «кварка». В результате мы получаем, что в зависимости от знака результата сравнения между обобщенными координатами q_1 и q_5 происходит либо добавление энергии в полную энергию «кварка», либо её отбор. Случай добавления энергии приводит к увеличению потенциальной энергии «кварка», результатом чего является квантовая форма

уменьшения радиуса «кварка», соответственно обратный процесс приводит к квантовой форме увеличения радиуса «кварка». Таким образом, можно придти к выводу, что структурная форма энергии «информационного поля», при установившихся движениях, обеспечивает заданный квантовый радиус «кварка». Для обобщенных координат q_1 и q_5 данное условие выражается в следующем равенстве:

$$q_5 = \frac{1}{2} q_1 \tag{3.8}$$

Здесь мы считаем, что равны средние значения соответствующих обобщенных координат.

Тогда, среднее значение энергии «информационного поля», для установившихся движений, будет равно нулю, что означает сохранение некоторого установившегося среднего значения радиуса «кварка». Отсюда, условно считая, что условие (3.8) выполняется и для мгновенных значений обобщенных координат q_1 и q_5, перепишем уравнение (3.6) как уравнение установившихся движений:

$$M_{6yc} = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k \frac{q_3'}{\pi s q_2} q_1^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)} - \frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)}\right) \times$$
$$\times \left(\left(\frac{1}{2}q_1 + q_2\right)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{q_2}{q_1}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right) - \right. \tag{3.9}$$
$$\left. - \frac{\sqrt{3}}{3} q_1 \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{q_2}{q_1}\right)\right)$$

Заметим, что данное уравнение является формализованным выражением для установившегося момента «кварка» и связано с моментом импульса следующим соотношением:

$$L_{6yc} = \int F_{6yc} d\tau$$

При переходе к установившимся значениям данную взаимосвязь можно приближенно представить в виде следующего выражения:

$$L_{6yc} = \frac{\overline{F}_{6yc}}{\varpi},$$

где ϖ – некоторая циклическая частота.

Тогда вид уравнения вращательного момента, для установившихся движений, будет совпадать с видом уравнения момента импульса за исключением дополнительного функционального коэффициента. В этом случае мы можем провести сравнение полученной структурной формы вращательного момента «кварка» с известным, из квантовой электродинамики, выражением электромагнитного момента электрона. Данное сравнение является правомерным, так как под элементарным объектом «кварк», мы понимаем объект, описание которого совпадает с описанием «полного глюона». В свою очередь «полный глюон», как элементарный объект материи физического многообразия, может быть отнесен к любой форме элементарного физического образования.

Уравнение электромагнитного момента электрона имеет вид:

$$\mu_{teor} = \mu_0 \left(1 + \frac{\alpha}{2\pi} - 0.32848 \frac{\alpha^2}{\pi^2} + 1.184175 \frac{\alpha^3}{\pi^3} + \ldots\right) \tag{3.10.}$$

Данное уравнение содержит поправочную часть в виде степенного ряда, относительно

малого параметра α. Тогда в уравнение (3.9), разложим тригонометрические функции в степенной ряд, относительно параметра $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}\right)$, в результате получим:

$$\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}) = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k} - \frac{1}{6}(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k})^3 + \dots$$

$$\cos(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}) = 1 - \frac{1}{2}(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k})^2 + \dots$$

Основываясь на данных результатах можно сделать следующее заключение, что для структурного соответствия уравнений (3.10) и (3.9), необходимо, чтобы величина $\frac{\Delta R}{R_k} = \frac{q_2}{q_1}$ была величиной постоянной и равнялась постоянной тонкой структуры деленной на пи – $\frac{\alpha}{\pi}$. Здесь мы также условно считаем, что отношения мгновенных значений обобщенных координат равно отношению их средних значений.

Тогда введем следующее утверждение: – «Для установившихся движений элементарного объекта, отношение средней амплитуды ΔR флуктуаций квантового радиуса элементарного объекта к средней величине его квантового радиуса R_k - является постоянной величиной, равной постоянной тонкой структуры деленной на пи $\frac{\Delta R}{R_k} = \frac{\alpha}{\pi}$».

Отсюда, мы можем ввести следующее соотношение между обобщенными координатами:

$$q_2 = q_1\frac{\alpha}{\pi} \tag{3.10a}$$

Основываясь на введенном утверждении, разложение тригонометрических функций в степенной ряд примет вид:

$$\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}) = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi} - \frac{\sqrt{3}}{16}\frac{\alpha^3}{\pi^3} + \dots$$

$$\cos(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\Delta R}{R_k}) = 1 - \frac{3}{8}\frac{\alpha^2}{\pi^2} + \dots$$

Теперь, в структурном плане, уравнение вращательного момента «кварка» может быть сопоставлено с уравнением вращательного момента электрона. В результате уравнение (3.9) примет вид:

$$M_{6ус} = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3'}{s\alpha}q_1^{-\frac{1}{2}}(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)} - \frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)})\times$$

$$\times((\frac{1}{2}+\frac{\alpha}{\pi})((\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{\alpha}{\pi})\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}) + (\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{\alpha}{\pi})\cos(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi})) - \frac{\sqrt{3}}{3}\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi})))$$

На основании введенного утверждения, сомножитель в правой части данного уравнения будет являться поправочным коэффициентом, как и в уравнении (3.10), который обозначим символом μ_6:

$$\mu_6 = ((\frac{1}{2}+\frac{\alpha}{\pi})((\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{\alpha}{\pi})\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}) + (\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}-1}{8}\frac{\alpha}{\pi})\cos(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi})) - \frac{\sqrt{3}}{3}\sin(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}))) \tag{3.11}$$

В итоге уравнение вращательного момента примет вид:

$$M_{6ус} = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3'}{s}q_1^{-\frac{1}{2}}(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)} - \frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)})\frac{\mu_6}{\alpha} \tag{3.12}$$

Перепишем выражения энергий, для установившихся движений, с учетом введенных соотношений между обобщенными координатами. Кинетический лагранжиан, с учетом соотношений (3.3а), (3.8), (3.10а), запишется как функция обобщенных координат и обобщенных скоростей $q_1, q_1', q_3, q_3', q_6, q_6'$:

$$L_f = L_f(q_1, q_1', q_3, q_3', q_6, q_6')$$

Энергия «информационного поля», для установившихся движений, будет равна нулю $W_B = 0$. Потенциальная энергия «кварка» примет вид:

$$W_A = \frac{4}{7}\mu_A \pi \overline{Q}^2 \frac{1}{q_1^2} \tag{3.13}$$

Энергия «поля связи», при обеспечении условия существования вращательного момента $n = 2s$, запишется как:

$$W_{AB} = 2\mu_{AB}\overline{Q}^2\alpha\frac{1}{q_1^2} - \mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3' q_1^{-\frac{1}{2}}}{\alpha s}\left(\frac{\cos(2s-1)q_6}{(2s-1)^2} - \frac{\cos(2s+1)q_6}{(2s+1)^2}\right)\times$$
$$\times\left(\left(\frac{\alpha}{\pi}+\frac{1}{2}\right)\left(\left(\frac{3\sqrt{3}-3}{4} - \frac{\sqrt{3}+3}{8}\frac{\alpha}{\pi}\right)\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}\right) + \left(\frac{3+\sqrt{3}}{4} + \frac{\alpha}{\pi}\frac{\sqrt{3}-1}{8}\right)\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}\right)\right) - \frac{\sqrt{3}}{3}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}\right)\right) +$$
$$+ \mu_{AB}\alpha\frac{q_3'^2}{32\pi^2}\frac{q_1}{s^2}\left(\frac{1}{(2s-1)^2} + \frac{1}{(2s+1)^2}\right)\left(\frac{3}{4}+\frac{\alpha}{\pi}\right)\right) + \mu_{AB}\alpha\frac{q_3'^2}{64\pi^2}\frac{q_1}{s^2}$$

Первое слагаемое в данном выражении совпадает с величиной потенциальной энергии кварка, но меньше на величину постоянной тонкой структуры, поэтому данным слагаемым можно пренебречь, так как оно не будет вносить существенного вклада в полную энергию «кварка». Кроме этого пренебрежем в постоянных коэффициентах, представленных как сумма нескольких слагаемых, теми составляющими, где присутствует постоянная тонкой структуры α, в результате после преобразования получим:

$$W_{AB} = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3' q_1^{-\frac{1}{2}}}{\alpha s}\left(\frac{\cos(2s-1)q_6}{(2s-1)^2} - \frac{\cos(2s+1)q_6}{(2s+1)^2}\right)\mu_1 +$$
$$+ \mu_{AB}\alpha\frac{q_3'^2}{64\pi^2}\frac{q_1}{s^2}\frac{3}{2}\left(\frac{1}{(2s-1)^2} + \frac{1}{(2s+1)^2}\right) + \mu_{AB}\alpha\frac{q_3'^2}{64\pi^2}\frac{q_1}{s^2} \tag{3.15}$$

Где введен поправочный коэффициент $\mu_1 = \frac{\sqrt{3}-9}{24}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}\right) + \frac{3+\sqrt{3}}{8}\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{\alpha}{\pi}\right)$.

Заметим, что второе слагаемое в выражении (3.15.) при значениях параметра $s \succ 1$ всегда много меньше третьего слагаемого, а при значениях $s = 1$ их можно считать эквивалентными. Тогда, без потери общности, в выражении (3.15.), можно пренебречь вторым слагаемым и записать его как:

$$W_{AB} = -\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3' q_1^{-\frac{1}{2}}}{\alpha s}\left(\frac{\cos(2s-1)q_6}{(2s-1)^2} - \frac{\cos(2s+1)q_6}{(2s+1)^2}\right)\mu_1 + \mu_{AB}\alpha\frac{q_3'^2}{64\pi^2}\frac{q_1}{s^2} \tag{3.16}$$

Теперь, функционал действия для установившихся движений примет вид:

$$I = \int_a^b (L_f + G\overline{W_{AB} - W_A})d\tau$$

Если не учитывать усреднение и набор коэффициентов пропорциональности G, то получим функционал, с помощью которого можно вывести уравнения состояния «кварка», для установившихся движений:

$$I = \int_a^b (L_f + W_{AB} - W_A)d\tau$$

Уравнения состояния «кварка», в форме уравнений Эйлера-Лагранжа, примут вид:

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial L_f}{\partial q_1'} - \frac{\partial L_f}{\partial q_1} - \frac{\partial W_{AB}}{\partial q_1} + \frac{\partial W_A}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial L_f}{\partial q_3'} - \frac{\partial L_f}{\partial q_3} + \frac{d}{d\tau}\frac{\partial W_{AB}}{\partial q_3'} = 0$$

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial L_f}{\partial q_6'} - \frac{\partial L_f}{\partial q_6} - \frac{\partial W_{AB}}{\partial q_6} = 0$$

Здесь кинетический лагранжиан L_f представлен в общей форме как функция обобщенных координат $q_1, q_1', q_3, q_3', q_6, q_6'$. Но, исходя из выбранной формы системы отсчета, его можно конкретизировать на основании обычных физических соотношений. Так, механическую часть лагранжиана можно представить как кинетическую энергию вращательного движения пульсирующего шарообразного объекта [2], взятую относительно оси вращения объекта и без учета продольных смещений и гравитационных взаимодействий:

$$L_{fm} = T_{fM} + T_{fJ} = \frac{1}{2} m q_1'^2 + \frac{1}{2} J_z(q_1)(q_6' - \beta'\alpha)^2$$

Где m - масса покоя элементарного образования; $J_z(q_1)$ – момент инерции элементарного образования относительно оси вращения, является функцией обобщенной координаты q_1; β' – скоростью угловой прецессии при определенном угле нутации α.

Обобщенную скорость q_3', для данной системы отсчета, мы соотнесли с амперовыми молекулярными токами. Тогда, первый интеграл движения, относительно данной координаты, определяется на основе существования замкнутых амперовых токов на поверхности элементарного объекта. В этом случае, считая систему амперовых токов электрически линейной системой [3], первый интеграл движения, относительно обобщенной скорости q_3', можно записать как запасенную кинетическую энергию амперова тока:

$$L_{fe} = T_{fe} = \frac{1}{2} L(q_1) q_3'^2$$

Где $L(q_1)$ - однозначная функция перемещений.

С учетом данной конкретизации уравнения состояния примут вид:

$$\frac{\partial^2 T_{fM}}{\partial q_1'^2} q_1'' - \frac{\partial T_{fJ}}{\partial q_1} - \frac{\partial T_{fe}}{\partial q_1} - \frac{\partial W_{AB}}{\partial q_1} = -\frac{\partial W_A}{\partial q_1}$$

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial T_{fe}}{\partial q_3'} + \frac{d}{d\tau}\frac{\partial W_{AB}}{\partial q_3'} = 0$$

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial T_{fJ}}{\partial q_6'} = \frac{\partial W_{AB}}{\partial q_6}$$

Соответственно, кинетический лагранжиан записывается как:

$$L_f = T_{fM}(q_1') + T_{fJ}(q_1, q_6') + T_{fe}(q_1, q_3')$$

При такой форме определения кинетического лагранжиана, обобщенные скорости q_3' приобретают характер циклических скоростей, тогда появляется новый дополнительный первый интеграл движения, который определяет сохранение постоянного значения потока амперовых токов (магнитного потока) на поверхности элементарного образования:

$$\frac{\partial T_{fe}}{\partial q_3'} + \frac{\partial W_{AB}}{\partial q_3'} = \Phi = const$$

Данное уравнение можно трактовать по-разному: как уравнение неразрывности поверхности элементарного образования; как связность расслоения; как условие сохранения однородной голономной связи в рассматриваемой динамической системе.

Кроме этого, так как при установившихся движениях происходят только внутренние взаимные преобразования энергии, без учета диссипативных составляющих, данные уравнения следует дополнить равенством нулю производной по параметру τ, взятой от суммарной энергии рассматриваемой системы:

$$\frac{d}{d\tau}(T_{fM}(q_1')+T_{fJ}(q_1,q_6')+T_{fe}(q_1,q_3')+W_{AB}(q_1,q_3',q_6)+W_A(q_1))\,|_{F=0}=0 \qquad (3.17)$$

Где F диссипативные составляющие.

В развернутом виде уравнения состояния «кварка» запишутся как:

1. Силовое уравнение «кварка»:

$$\frac{\partial^2 T_{fM}}{\partial q_1'^2}q_1''-\frac{\partial T_{fJ}}{\partial q_1}-\frac{\partial T_{fe}}{\partial q_1}=F_1=$$

$$=\overline{Q}^2\frac{8}{7}\pi\mu_A\frac{1}{q_1^3}+\frac{1}{2}\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3'}{s}q_1^{-\frac{3}{2}}\left(\frac{\cos(2s-1)q_6}{(2s-1)^2}-\frac{\cos(2s+1)q_6}{(2s+1)^2}\right)\frac{\mu_1}{\alpha}+\mu_{AB}\alpha\frac{q_3'^2}{64\pi^2}\frac{1}{s^2}$$

2. Уравнение потенциалов «кварка»:

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial T_{fe}}{\partial q_3'}=U_3=$$

$$=\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\left(\frac{1}{2}q_1^{-\frac{3}{2}}q_1'\left(\frac{\cos(2s-1)q_6}{(2s-1)^2}-\frac{\cos(2s+1)q_6}{(2s+1)^2}\right)+q_1^{-\frac{1}{2}}q_6'\left(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)}-\frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)}\right)\right)\frac{\mu_1}{s\alpha}-$$

$$-\mu_{AB}\alpha\frac{1}{32\pi^2}\frac{1}{s^2}(q_3''q_1+q_3'q_1')$$

3. Уравнение моментов «кварка»:

$$\frac{d}{d\tau}\frac{\partial T_{fJ}}{\partial q_6'}=M_6=\mu_{AB}\overline{Q}(-1)^k\frac{q_3'q_1^{-\frac{1}{2}}}{s}\left(\frac{\sin(2s-1)q_6}{(2s-1)}-\frac{\sin(2s+1)q_6}{(2s+1)}\right)\frac{\mu_1}{\alpha}$$

В результате, уравнения 1,2,3 и (3.17), определяют динамические характеристики «кварка» при его нахождения в режиме установившихся движений. Теперь, для перехода к описанию математической модели элементарного образования материи («полного глюона»), необходимо сделать оценку набора коэффициентов пропорциональности G и определить способ усреднения полной энергии «кварка». Тогда мы не только уточним физическое соответствие уравнений состояния, но можем давать динамическим характеристикам элементарного образования не только качественные, но и количественные оценки.

Список литературы

1. Орлов Е.А. Определение физико-геометрического потенциала и энергии элементарного объекта // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2016. –№15-1. – С. 26-42.

2. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. – М.: Наука, 1976. – 320 с.

3. Уайт Д., Вудсон Г. Электромеханическое преобразование энергии. – М.: Энергия, 1964. –528 с.

УДК 514

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В MATHEMATICA

Зинина Анна Ивановна,
ассистент СГУ, г. Саратов

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются примеры решения задач дифференциальной геометрии в системе Wolfram Mathematica.

Ключевые слова: дифференциальная геометрия; Wolfram Mathematica.

VISUALIZATION OF GEOMETRICAL OBJECTS IN MATHEMATICA

Zinina A.I.,
Assistant of SSU, Saratov

ABSTRACT

This article discusses examples of solving problems of differential geometry in Wolfram Mathematica.

Keywords: differential geometry; Wolfram Mathematica.

Системы компьютерной математики (Maple, Mathematica, MatLab, Maxima, Derive, и др.) применяются в различных областях науки. Система компьютерной математики Mathematica является одним из наиболее распространенных программных средств, которое позволяет выполнять численные, символьные вычисления, имеет развитую двумерную и трехмерную графику, а также встроенный язык программирования высокого уровня. Примеры использования Mathematica в решении геометрических задач приведены в [4-6, 11-13]. Система Wolfram Mathematica используется для решения дифференциальных уравнений [9-10] не только в математике, но и актуальна в других научных областях. Ее можно применять и в механике, в частности, для решения различных постановок задач, где в качестве математических объектов используются дифференциальные уравнения. В работах [7-8] рассмотрены уравнения движения мембран и акустических сред в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. Для их решения может быть использована система компьютерной математики Wolfram Mathematica. Примеры использования свободно распространяемой программы Maxima в решении геометрических задач приведены в [1-3].

Рассмотрим примеры решения задач в системе Mathematica.

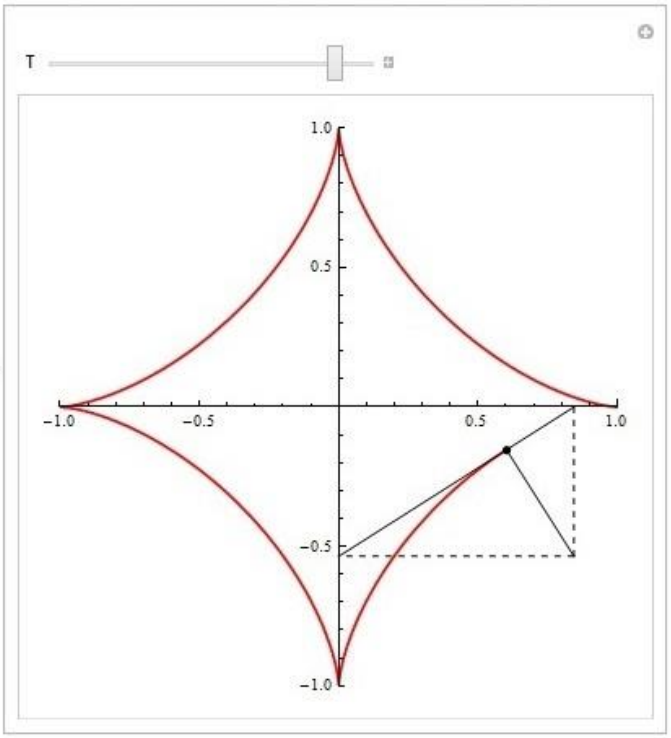
Пример 1. Построить астроиду. Определение кривой: прямоугольник, две стороны которого совпадают с осями координат, деформируется так, что диагональ его сохраняет постоянную величину a. Из вершины прямоугольника, противолежащей началу координат, опущен перпендикуляр на его диагональ. основание этого перпендикуляра описывает при деформации прямоугольника кривую, называемую астроидой.

Решение.

```
In[1]:= Manipulate[
        Show[ParametricPlot[{Cos[t]^3, Sin[t]^3}, {t, 0, T}, PlotRange → 1,
          PlotStyle → {Red, Thickness[0.005]}],
         Graphics[{Line[{{Cos[T], 0}, {0, Sin[T]}}],
           {Dashed, Line[{{Cos[T], Sin[T]}, {0, Sin[T]}}],
            Line[{{Cos[T], 0}, {Cos[T], Sin[T]}}]},
           Line[{{Cos[T]^3, Sin[T]^3}, {Cos[T], Sin[T]}}], PointSize[0.015],
           Point[{Cos[T]^3, Sin[T]^3}]}]], {T, 0.001, 2 π}]
```

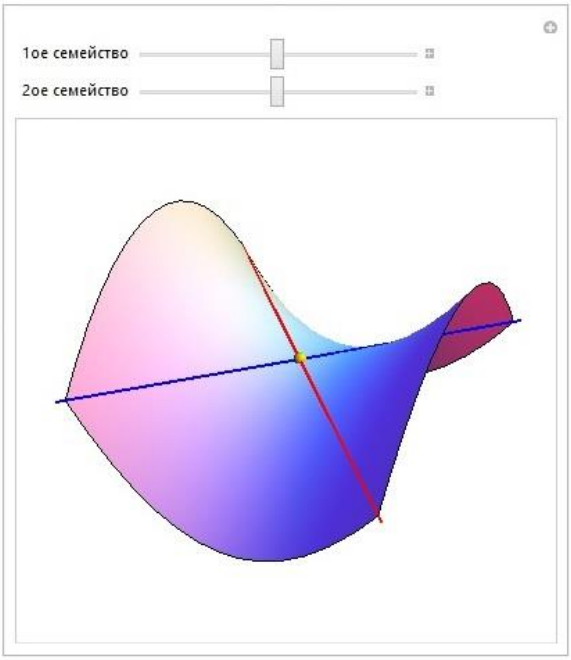
Визуализируем астроиду.

Out[1]=



Пример 2. На гиперболическом параболоиде $x^2 - y^2 = 2z$ визуализировать прямолинейные образующие, проходящие через динамически заданную точку поверхности.

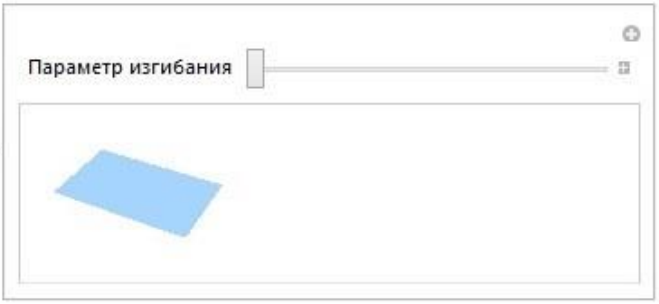
```
In[1]:= Manipulate[
        Show[Plot3D[(x^2 - y^2) / 2, {x, -1.5, 1.5}, {y, -1.5, 1.5}, Mesh → None,
          BoxRatios → Automatic, Boxed → False, Axes → False],
         Graphics3D[
          {Thick, Blue,
           Line[{{10, v + 10, (-v^2) / 2 - 10 * v}, {-10, v - 10, (-v^2) / 2 + 10 * v}}]}],
         Graphics3D[
          {Thick, Red,
           Line[{{10, u - 10, (-u^2) / 2 + 10 * u}, {-10, u + 10, (-u^2) / 2 - 10 * u}}]}],
         Graphics3D[{Yellow, Sphere[{(u - v) / 2, (u + v) / 2, -(u * v) / 2}, 0.06]}]
        ], {{u, 0, "1oe семейство"}, -3, 3}, {{v, 0, "2oe семейство"}, -3, 3}]
```



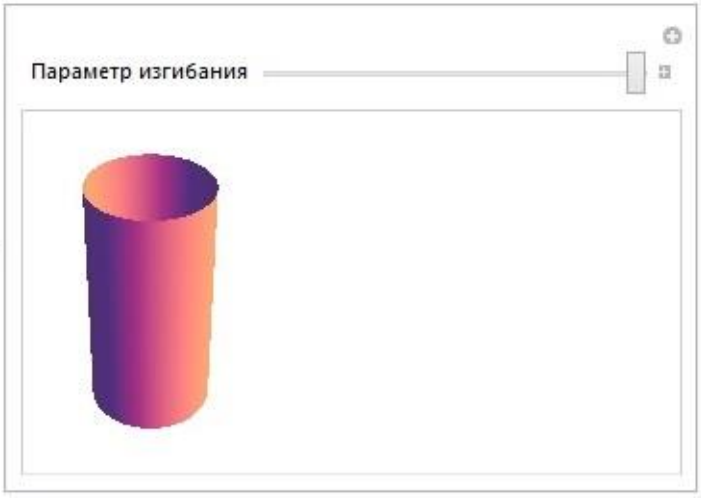
Пример 3. Построить изгибание простого куска цилиндра на простой кусок плоскости.

```
In[2]:= Manipulate[ParametricPlot3D[Cos[α] {u, v, 0} + Sin[α] {Cos[u], Sin[u], v},
          {u, 0, 2 π}, {v, -2, 2}, Mesh → None, PlotPoints → 100, Boxed → False,
          Axes → False, ImageSize → 100], {{α, 0, "Параметр изгибания"}, 0, π/2}]
```

Out[2]=



Out[2]=



В преподавании математики информационные и коммуникационные технологии можно использовать как средство получения и презентации информации, как средство обучения в интерактивном режиме, как средство управления и организации учебных заня-

тий. Применение систем компьютерной математики в процессе обучения геометрии способствует лучшему пониманию студентами теоретического материала и осознанному применению его на практике.

Список литературы

1. Брагина И.Г., Букушева А.В. О применение программных средств в обучении математике // Наука, образование, общество: актуальные вопросы и перспективы развития: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 мая 2015 г.: в 3 частях. Часть II. М.: «АР-Консалт», 2015. – С. 109-110.

2. Букушева А.В. Визуализация кривых и поверхностей средствами Maxima // «Осенние математические чтения в Адыгее»: Материалы I Международной научной конференции, посвященной памяти профессора Казбека Сагидовича Мамия. – Майкоп: Изд-во Адыгейский государственный университет, 2015. – С. 45-48.

3. Букушева А.В. Визуализация геометрических объектов в Maxima // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании: тезисы докладов VIII Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых /отв. ред. Б.Н. Хабибуллин, Е.Г. Екомасов. Уфа: Изд-во БашГУ, 2015. – С. 276.

4. Букушева А.В. Использование Mathematica для описания геометрии динамических систем // Математика и ее приложения: фундаментальные проблемы науки и техники: сборник трудов всероссийской конференции, Барнаул, 24 - 26 ноября 2015. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 248-249.

5. Букушева А.В. Применение Wolfram Language для выделения специальных классов почти контактных метрических структур // Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. – Саратов: Издат. центр."Наука", 2016. – С. 105-107.

6. Букушева А.В. Учебно-исследовательские задачи в продуктивном обучении будущих бакалавров-математиков // Образовательные технологии. 2016. №2. С. 16-26.

7. Вельмисова А.И. Распространение и отражение гармонических волн в плоском акустическом слое с гибкими стенками в случае разрыва упругих свойств на одной из стенок // Математика. Механика: Сб. науч. тр. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2010. – №12. – С. 136-140.

8. Вельмисова А.И., Вильде М.В., Кириллова И.В. Распространение и отражение гармонических волн в плоском акустическом слое с кусочно-неоднородными гибкими стенками // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2011. – Т.11. – №4. – С. 68-73.

9. Зинина А.И. Использование Wolfram Mathematica в решении дифференциальных уравнений // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т.1. – №55. – С. 5-9.

10. Зинина А.И. Системы компьютерной математики в решении дифференциальных уравнений // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т.3 – №55. – С. 1-7.

11. Зинина А.И. Организация самостоятельной работы студентов в условиях информационно-образовательной среды вуза // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т.3. – №55. – С. 7-13.

12. Зинина А.И. Организация самостоятельной работы студентов в LMS MOODLE Новая наука: от идеи к результату // Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (04 декабря 2016 г, г. Ижевск). – Стерлитамак: АМИ, 2016. – №12-2. – С.26-28.

13. Зинина А.И. Использование систем компьютерной математики в решении геометрических задач Новая наука: от идеи к результату // Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (04 декабря 2016 г, г. Ижевск). / в 3 ч. Ч.3 – Стерлитамак: АМИ, 2016. – №12-3. – С. 27-28.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОДИРОВАНИЯ-ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВ ИЗБЫТОЧНЫХ СИСТЕМ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Эрдниева Надежда Сергеевна,

аспирант, Северо-Кавказский федеральный университет, преподаватель Калмыцкого государственного колледжа нефти и газа, г. Элиста

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлен усовершенствованный метод коррекции ошибок с использованием кодов Избыточной системы остаточных классов (ИСОК). Предложенный метод основывается на подходе проекции модуля, он использует гибридный метод в процессе восстановления целого числа.

Ключевые слова: коррекция ошибок; проекция модулей; передача данных; избыточная система остаточных классов; блочные коды.

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR CODING-DECODING REDUNDANT RESIDUE NUMBER SYSTEMS (RRNS) CODES

Erdnieva N.S.,

Graduate student of North-Caucasus Federal University, Lecturer of Kalmyk State College of Oil and Gas, Elista

ABSTRACT

This paper however, presents an improved method for error correction using Redundant Residue Number System (RRNS) codes. The proposed method is premised on modulus projection approach, it employed hybrid method in integer recovery process.

Keywords: error control; modulus projection; data transmission; redundant residue number system code; block codes.

В настоящее время широко используются ряд схем коррекции ошибок для реализации эффективной передачи данных с помощью цифровых систем [1]. Рассмотрим схему коррекции ошибок на основе Избыточной системы остаточных классов (ИСОК).

Янг и Ханзо определили ИСОК как набор n попарно натуральных чисел $m_1, m_2, m_3, \ldots, m_k, m_{k+1}, m_{k+2}, \ldots, m_n$, называемых модулями [2]. Среди этих n модулей, первый k модуль образует набор неизбыточных модулей, и их продукт представляет собой динамический диапазон M СОК в формуле (1)

$$M = \prod_{i=1}^{k} m_i \tag{1}$$

Оставшиеся $r = n - k$ модули образуют набор избыточных модулей, что предоставляет обнаружение и исправление ошибок в ИСОК. Дженкинс [3] представил алгоритм нахождения ошибки единственной остаточной цифры, основанный на свойствах проекции модуля и преобразования смешанной системы счисления (ССС). Модуль m_i – это проекция X в код ИСОК (n, k) для данного X_i в формуле (2)

$$X_i \equiv X\left(\operatorname{mod} \frac{MM_R}{m_i}\right) \tag{2}$$

Так что X_i может быть выражено как $[x_1, x_2, \ldots, x_{i-1}, x_{i+1}, \ldots, x_n]$, которое является остаточной формой X в пониженной ИСОК с i-той цифрой остатка x_i удалено. Представление ССС X_i дается по формуле (3)

$$X_i = \sum_{l=1}^{n} a_l \prod_{r=1}^{l-1} m_r \ , \ l \neq i, r \neq l \qquad (3)$$

Первые k цифр ССС считаются неизбыточными цифрами ССС, а остальные являются избыточными. Если X_i является допустимым числом, то все избыточные цифры ССС равны нулю. В общем, $M_\Lambda = \prod_{\alpha=1}^{\lambda} m_{i_\alpha}$ – это проекция целого числа X, обозначается как X_Λ, по формуле (4)

$$X_\Lambda \equiv X \left(\mathrm{mod}\, MM_R / M_\Lambda\right) \qquad (4)$$

Использование кода ИСОК (7, 3), {3, 5, 7, 8, 11, 13, 17} - выбранный набор модулей, [0, 105) – допустимая область кода, и [105, 2042040) – недопустимая область. Этот код имеет коррекцию ошибок $t\left(=\left[n-k\right]/2\right)=2$. В таблице 1 приведены результаты, полученные при проведении проекции модуля глубины 4 на полученных остатках.

Таблица 1

Результаты двойной коррекции ошибок остаточных цифр с помощью предложенного алгоритма

h	Отборы ошибки позиции				Пониженный полученный остаток после проекции $\bar{y}_c$	Соответствующие модули пониженного полученного остатка	$\bar{Y}_c$
	u_1	u_2	u_3	u_4			
1	1	2	3	4	1, 11,	11, 13, 17	91
2	3	4	5	6	2 ,4, 4	3, 5, 17	89
3	5	6	7	1	4, 6,7	5, 7, 8	249
4	7	1	2	3	7, 1, 11	8, 11, 13	375
5	2	3	4	5	2, 11, 4	3, 13, 17	89
6	4	5	6	7	2, 4, 6	3, 5, 7	104
7	6	7	1	2	6, 7, 1	7, 8, 11	111

Вывод: предложен новый метод коррекции ошибок в ИСОК. Из полученных остатков вычисляются оценки целых чисел. Полученные остатки ССС преобразуются для выявления является ли ошибка свободной. Если все цифры ИССС равны нулю, то целое число вычисляется по ССС. Если цифры ИССС не равны нулю, то полученные остатки объявляются ошибочными. Для обнаружения ошибок кода ИСОК определяется его глубина проекции. Затем он используется при выполнении проекции модулей для снижения остатка. Соответствующее целое определяется при снижения остатка с использованием матричного метода для восстановления целого. Расстояния Хэмминга рассчитываются для представления остатков вычисленных целых, принадлежащих допустимой области кода ИСОК.

Список литературы

1. Червяков Н.И. и др. Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии. – М.: Физматлит, 2012. – 280с.

2. Yang L.-L. and Hanzo L. RRNS Based Error Correction Codes // Proceedings 54th Vehicle Technol. Conf. – 2001. – P.1472-1476.

3. Jenkins W.K. and Altman E.J. Self-checking properties of Residue Number Error Checkers Based on Mixed Radix Conversion // IEEE Trans. Circuits Syst. – 1988. – P.159-167.

УДК 511.3

НЕКОТОРЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЯДОВ ДИРИХЛЕ, АППРОКСИМИРУЮЩИЕСЯ ПОЛИНОМАМИ ДИРИХЛЕ

Корнеев Никита Михайлович,
студент СГУ, г. Саратов

АННОТАЦИЯ

Приведено равносильное условие наличия сходящейся в определенной полосе последовательности полиномов Дирихле к ряду Дирихле с некоторой скоростью. Рассмотрено важное следствие относительно границы сходимости степенного ряда, определяющего L-функцию алгебраического расширения числовых полей, которая имеет представление в произведение классических L-функций Дирихле.

Ключевые слова: ряд Дирихле; L-функция Дирихле; полином Дирихле.

SOME ANALYTICAL PROPERTIES OF DIRICHLET SERIES, APPROXIMATES BY DIRICHLET POLYNOMIALS

Korneev N.M.,
Student of SSU, Saratov

ABSTRACT

Given the equivalent condition of existence converging in a certain band sequence of Dirichlet polynomials to Dirichlet series with certain speed. Reviewed important result concerning the boundary of convergence the power series that defines the L-function of an algebraic extension numeric fields that has a representation in a composition of classical Dirichlet L-functions.

Keywords: Dirichlet series; L-function of Dirichlet; Dirichlet polynomial.

Пусть

$$f(s)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_n}{n^s},\ s=\sigma+it, \tag{1}$$

ряд Дирихле, где $\overline{\lim_{n\to\infty}}\sqrt[n]{|a_n|}=1.$

Одним из основных объектов изучения в аналитической теории чисел являются $\zeta(s)$ – дзета-функция Римана и $L(s)$ – L-функция Дирихле. Н.Г. Чудаковым и Ю.В. Линником была поставлена задача о нахождении аналитических свойств ряда Дирихле (1) при которых он является *L*-функцией Дирихле. Во многих исследованиях проводимых по этой задаче существенным является условие конечнозначности коэффициентов a_n, но имеются другие важные задачи [1] в которых коэффициенты a_n необязательно конечнозначные.

Теорема 1. Следующие условия эквивалентны:

1. $f(s)$ продолжим на комплексную плоскость, как целая функция, удовлетворяющая следующему ограничению на порядок роста в целых отрицательных точках

$$|f(-n)|<ce^{n\ln n+An},\ A>0 \tag{2}$$

2. Для любого $T>T_0>0$ существует последовательность полиномов Дирихле

$$H_k(s)=\sum_{n=1}^{k}\frac{a_k^{(n)}}{n^s},$$

которая равномерно сходится к $f(s)$ в полосе $\{\sigma \geq 1, |t| \leq T\}$ со скоростью $O\left(\frac{1}{\rho^k}\right)$, где $p > 1$ и константа в О зависит от Т, как $e^{\frac{\pi}{2}T}$.

Доказательство теоремы 1 основано на методе редукции к степенным рядам, разработанным В.Н. Кузнецовым в [1]. Так, проводя рассуждения аналогичные [2] мы получаем, что условие 1 эквивалентно условию регулярности степенного ряда $g(z) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n z^n$ в окрестности точки $z = 1$. Существенным моментом является использование явного представления, полученного в [2]

$$\frac{1}{\rho^s} \int_0^{\rho} g\left(e^{-x}\right) x^{s-1} dx = \sum_{k=-1}^{\infty} \frac{\alpha_k \rho^k}{k+s},$$

где $\alpha_k = \operatorname{Res}_{s=-k} f(s)\Gamma(s)$, при $s \notin \{1,0,-1,\ldots,-n,\ldots\}$.

Применяя известную теорему Берштейна о регулярности степенного ряда $g(z)$ и изучая прямое и обратное преобразование Меллина, мы получаем, что регулярность эквивалентна условию 2 теоремы 1.

Результаты теоремы 1 имеют важное следствие, которое является существенным для задач рассматривающихся в работе [3-6].

Теорема 2. Пусть

$$L(s, \chi, K \mid k) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s}$$

– *L*-функция для алгебраического расширения $K \supset k$ которая имеет представление в произведение классических *L*-функций, тогда степенной ряд

$$g(z) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n z^n$$

имеет окружность $|z| = 1$ – границей голоморфности.

Доказательство этой теоремы основано на том, что оценка (2) является точной для классических *L*-функций Дирихле и на изучении рядов Дирихле вида

$$\mathrm{L}_{\varphi} = \sum_{\mathrm{n}=1}^{\infty} \frac{\mathrm{a_n e}^{2\pi \mathrm{i} \varphi \mathrm{n}}}{\mathrm{n^s}},$$

где $0 < \varphi < 2\pi$.

Список литературы

1. Кузнецов В.Н. Аналог теоремы Сеге для одного класса рядов Дирихле. // Мат. заметки. – 1984. – Т. 36, № 6. – С. 805-213.

2. Водолазов А.М., Кузнецов В. Н. Аппроксимационный критерий периодичности конечнозначных функций натурального аргумента // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам. – 2003. – № 2. – С. 3-11.

3. Кузнецов В.Н., Сецинская Е.В., Кривобок В.В. К задаче о разложении в произведение L-функций Дирихле числовых полей // Чебышевский сборник. – 2004. – Т. 5, № 3. – С. 51-63.

4. Кузнецов В.Н., Водолазов А.М., Сорокина Е.В. Метод редукции к степенным рядам и некоторые вопросы теории L-функций числовых полей // Чебышевский сборник. – 2003. – Т. 4, № 2. – С. 73-79.

5. Кузнецов В.Н., Кривобок В.В., Сецинская Е.В. О граничных свойствах одного класса степенных рядов // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам. – 2005. – № 3. – С. 40-47.

6. Кузнецов В.Н., Сецинская Е.В., Кривобок В.В. О граничном поведении степенных рядов, отвечающих L-функциям Дирихле числовых полей // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам. – 2003. – № 2. – С. 11-14.

УДК 537.862

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАПРАВЛЕННЫХ ОТВЕТВИТЕЛЕЙ В ВОЛНОВОДНЫХ СИСТЕМАХ, РАБОТАЮЩИХ В S И X ДИАПАЗОНАХ ЧАСТОТ

Матвеева Марина Владимировна,
студент НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва,
Малинова Ольга Евгеньевна,
студент НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва,
Сидорова Татьяна Васильевна,
студент НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва,

АННОТАЦИЯ

Проведено электродинамическое моделирование крестообразных ответвителей для различных сечений волноводов.

Ключевые слова: волноводные системы; направленные ответвители; резонансные элементы.

DIRECTIONAL COUPLERS IN WAVEGUIDE SYSTEMS OF S AND X FREQUENCY RANGE

Matveeva M.V.,
Student, NRU «Higher school of economics», Moscow,
Malinova O.E.,
Student, NRU «Higher school of economics», Moscow,
Sidorova T.V.,
Student, NRU «Higher school of economics», Moscow

ABSTRACT

Carried a simulation of electrodynamic cruciate couplers for various waveguide sections.

Keywords: waveguide system; directional couplers; the resonant elements.

Введение

На сегодняшний день, в волноводных системах распределения мощности, направленные ответвители (НО) получили широкое распространение. Это обусловлено достоинствами НО, выражающимися в удобстве внедрения на этапе изготовления системы, возможности передавать высокую среднюю и пиковую мощность в волноводной системе, использовать в системах с широким частотным диапазоном, регулировать выходные параметры на этапе моделирования.

Данные устройства передают часть мощности из первичной линии передачи волноводного тракта во вторичную. Основными параметром ответвления мощности в данных

устройствах принято считать переходное ослабление (ПО) – выраженное в децибелах отношение входной мощности первичной линии волноводной системы к выходной мощности рабочего плеча вторичной линии. Это отрицательная величина.

Также, величиной, определяющей правильную работу направленного ответвителя принято считать коэффициент стоячей волны (КСВ). Данная величина определяет отношение наибольшего значения амплитуды напряженности электрического или магнитного поля к наименьшему, и показывает качество согласованности нагрузки (в данном случае направленного ответвителя) с линией передачи [1].

Моделирование

Рабочий диапазон устройства напрямую зависит от требований, предъявляемой к волноводному устройству. Отталкиваясь от этого будем рассматривать волноводные системы, работающие в S (2-4 ГГц) и X (8-12 ГГц) диапазонах частот. Для этого определимся с сечением волновода. Для S диапазона частот будем рассматривать сечения волновода 64.7мм х 22мм, а для X диапазона – 72мм х 10мм, (рис.2). Центральная частота, для которой будут приведены результаты для S диапазона ровна 2.875 ГГц, а для X диапазона – 9.375ГГц.

Моделирование проводилось в специализированном программном обеспечении основанном на методе конечных элементов.

Определяющими факторами работы НО будут выходные параметры КСВ и ПО. Размеры направленного ответвителя определяются требуемым ПО, чем больше (в дБ – меньше) ПО, тем больше размеры щели. Переходные ослабления примем равными 7.8, 7, 6, 4.8 и 3 дБ. Достижение переходного ослабления в -3 дБ иногда бывает затруднительным, и для большей эффективности, перед направленным ответвителем можно расположить резонирующий элемент, например, небольшой штырь, или наоборот - вырезать небольшое несквозное отверстие, при этом, данный элемент необходимо правильно расположить, учитывая длину волны в волноводе (рис.3). Форма данного объекта произвольная, но лучше заранее обдумать удобство производства [2].

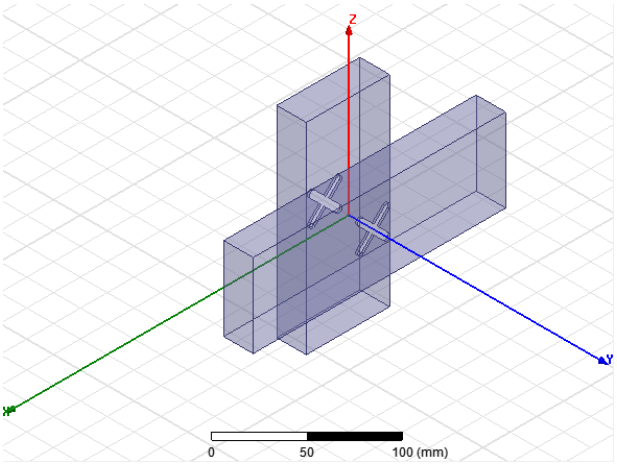


Рисунок 1 – Направленный ответвитель в волноводах с сечением 64.7мм х 22мм

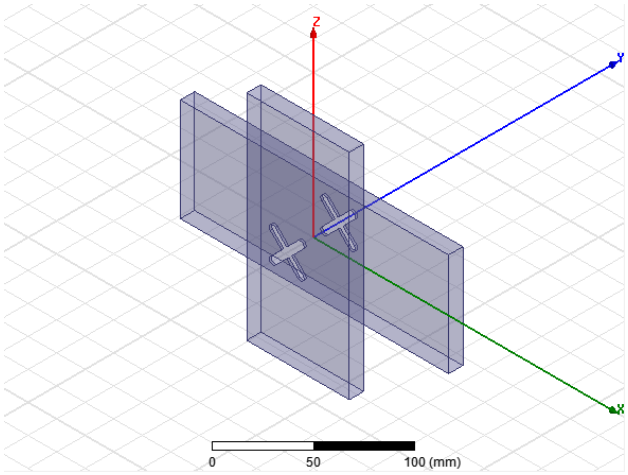


Рисунок 2 – Направленный ответвитель в волноводах с сечением 72мм х 10мм

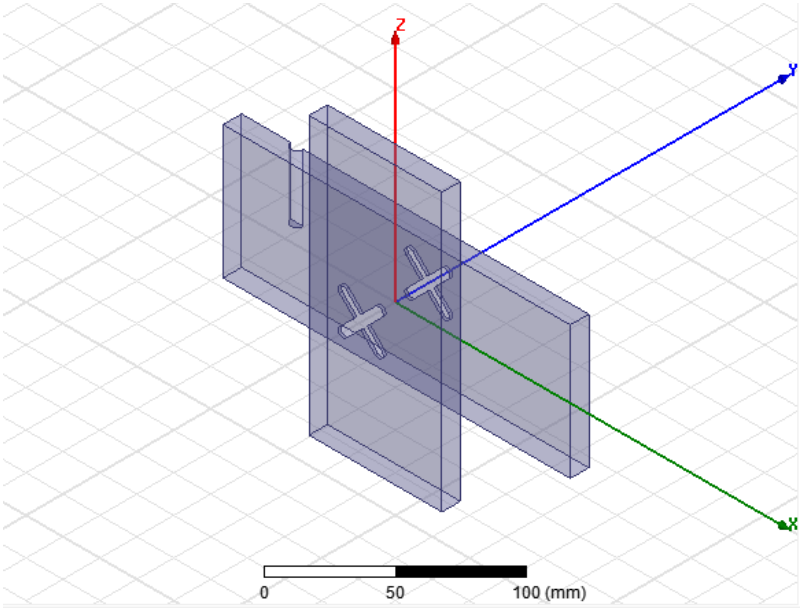


Рисунок 3 – Направленный ответвитель с резонирующим элементом

Варьируя размерами направленных ответвителей удалось получить требуемые переходные ослабления. Составлена таблица (таблице 1) в которой приведены размеры направленных ответвителей. В ней L – длина х-образных отверстий направленного ответвителя.

Таблица 1

Размеры и основные параметры направленных ответвителей

Сечение волновода	ПО, дБ	КСВ	L
64.7мм х 22мм	-7.8	1.01	29.13
	-7	1.04	29.61
	-6	1.02	30.07
	-4.8	1.03	30.58
	-3	1.05	31.14
72мм х 10мм	-7.8	1.05	3.35

Сечение волновода	ПО, дБ	КСВ	L
	-7	1.06	3.82
	-6	1.08	4.21
	-4.8	1.06	4.64
	-3	1.06	5.02

Резонирующие элементы (в данном случае «ямы», как на Рис.3) были установлены в волновод с сечением 72мм х 10мм для двух последних результатов (ПО в 4.8 и 3 дБ). Без данного резонирующего элемента, КСВ достигает 1.93, что не является приемлемым результатом на этапе моделирования.

Выводы

Направленные ответвители выполненные в форме Х-щелевых отверстий имеют переходное ослабление от -25дБ до -3дБ, но достичь значения в -3дБ бывает затруднительно в диапазоне частот выше 9ГГц. Широкие возможности манипулирования свободным пространством в волноводной системе, позволяющие внедрять резонирующие объекты в канале волноводного тракта, помогают согласовать устройство и внешнюю нагрузку (НО), и достичь нужных значений параметров КСВ и ПО.

Список литературы

1. Гольберг Б.Х. и др. Конструирование фидерных устройств. Учебное пособие для радиотехн. спец. вузов / Моск. авиац. ин-т им. Серго Орджоникидзе. – М: МАИ, 1988.
2. Кочержевский Г.Н., Ерохин Г.А., Козырев Н.Д. Антенно-фидерные устройства. Учебное пособие для вузов по спец. «Радиосвязь, радиовещание и телевидение». – М.: Радио и связь, 1989.

УДК 539.1.06

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ НАНОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гурьева Полина Викторовна,
магистрант, НИУ «Высшая школа экономики», Москва,
Конов Кирилл Игоревич,
магистрант, НИУ «Высшая школа экономики», Москва,
Орлова Марья Олеговна,
магистрант, НИУ «Высшая школа экономики», Москва

АННОТАЦИЯ

Синхротронное излучение с недавних пор является мощным инструментом для исследования материалов, размеры которых составляют десятки нанометров. Данная особенность обусловлена узкосфокусированными сгустками электронов, которые светят в широком диапазоне длин волн. Приведенные ниже преимущества синхротронного излучения способствуют широкой области исследований новых материалов.

Ключевые слова: синхротронное излучение; EXAFS спектрометрия; порошковая дифракция.

SYNCHROTRON RADIATION AND ITS USE IN RESEARCH NANODISPERSE MATERIALS

Guryeva P.V.,
Undergraduate, National Research University «Higher School of Economics», Moscow
Konov K.I.,
Undergraduate, National Research University «Higher School of Economics», Moscow
Orlova M.O.,
Undergraduate, National Research University «Higher School of Economics», Moscow

ABSTRACT

Synchrotron radiation has recently been a powerful tool for the study of materials having a size of tens of nanometers. This feature is due to a narrowly focused electron bunches, which radiate in a wide range of wavelengths. The following advantages of synchrotron radiation contribute to a wide range of new materials research.

Keywords: synchrotron radiation; EXAFS spectrometry; powder diffraction.

«Изобретателем» синхротронного излучения считается французский физик А. Лиенар, который в 1898 году показал, что электрон, движущийся по круговой орбите, интенсивно излучает электромагнитные волны, и приводилась формула (1) для потерь энергии на излучение частицей, движущейся по круговой траектории.

$$\frac{dE}{dt} = \frac{2}{3}\frac{e^2 \cdot c^4}{\rho^2} \cdot \left(\frac{E}{mc^2}\right)^4 \quad (1)$$

Примерно с 1940 года начались первые экспериментальные работы по бетатронам. Первый бетатрон на энергию 2,3-20 МэВ был построен в 1940-42 г. под руководством Д. Керста «Дженерал Электрик». В 1940-44 годах И. Я. Померанчук и Д. Д. Иваненко впервые разработали теорию синхротронного излучения применительно к кольцевым ускорителям частиц В 1946 году Померанчук И.Я. с Иваненко Д.Д. показали [1, 2, 3], что, при учете потерь на СИ, есть ограничение на максимальную энергию для бетатрона. При разумных параметрах бетатрона максимально достижимая энергия составляет примерно 500 МэВ.

В 1944 году Векслер и Макмиллан предложили новый метод ускорения, синхротронный, когда ставится ВЧ-резонатор и потери на СИ, какими бы большими они ни были, могут компенсироваться за счет потребления энергии, за счет ускорения от ВЧ-резонатора. Появились синхротроны, по названию которых стало называться и излучение.

Первый синхротрон на энергию 8 МэВ был запущен в Англии. В 1947 году был построен синхротрон на 30 МэВ в ФИАН (Москва) под руководством В.И.Векслера.

Курчатовский источник синхротронного излучения «КИСИ-Курчатов»

Синхротрон представляет собой электровакуумную установку с приблизительно кольцевой вакуумной камерой, в которой частицы ускоряются до скорости, близкой к скорости света, а стоящие на их пути мощные электромагниты задают траекторию их движения. В вакуумной камере постоянно поддерживается сверхвысокий вакуум (порядка 10^{-9} Торр и выше), чтобы избежать рассеяния частиц пучка на атомах остаточного газа.

Синхротрон действует по резонансному принципу ускорения, то есть циркулирующий сгусток частиц попадает в ускоряющее электрическое поле ВЧ-резонатора всегда в одной и той же фазе, и частицы получают небольшую порцию энергии, много меньшую, чем уже имеющаяся у них кинетическая энергия. Ускорение частиц происходит за счёт многократного пролёта (~10^6 раз в секунду) через ускоряющую секцию.

Курчатовский синхротрон [4] имеет в своем составе три ускорительные установки: линейный ускоритель электронов, малое накопительное кольцо и большое накопительное

кольцо. Основным источником синхротронного излучения (СИ) является большое накопительное кольцо. Малый накопитель служит для промежуточного ускорения электронов от 80 до 450 МэВ и инжекции в большой накопитель, также является источником СИ в области вакуумного ультрафиолета и мягкого рентгена.

Накопители генерируют яркие пучки электромагнитного излучения от инфракрасного до жесткого рентгена в диапазоне длин волн от 0,1 до 2000Å.

Характеристики синхротронного излучения (сравнение с рентгеновскими трубками)

Отличие синхротронного излучения от излучения рентгеновских трубок состоит в следующих основных характеристиках [5]: 1) обладает яркостью на много порядков (в тысячи и миллионы, а сегодня уже в 10^{20}) раз выше, чем излучение рентгеновских трубок. Высокая интенсивность синхротронного излучения позволяет уменьшить размеры исследуемых объемов вещества до субмикронных размеров (менее 100 нм); 2) синхротронное излучение имеет широкий непрерывный спектр от (0,1 до 2000Å); 3) сильно поляризовано (для исследования процессов в полимерах, таких как формирование структуры, переориентация полимерных цепочек, влияние трения, кристаллизация, нуклеация или диффузия); 4) Имеет импульсный характер. Для проведения исследований с разрешением по времени динамики процессов в веществе, процессы диссоциации и т. п., время жизни которых составляет 10^{-12} с и меньше (длительность импульса синхротронного излучения составляет около 100 пикосекунд, т. е. около 10^{-10} с).

Применение синхротронного излучения (станции Курчатовского института)
Исследования EXAFS спектров в дисперсионной моде

Метод основан на измерении коэффициента поглощения рентгеновского излучения. Метод рентгеновской спектроскопии является элементочувствительным, что позволяет исследовать микроструктуру около каждого типа атома в отдельности. Из анализа экспериментального спектра можно извлечь информацию о геометрии и химическом составе локального атомного окружения. Такую информацию можно определить на расстоянии до3-6Å, которое определяется упорядоченностью атомов в образце. Также преимуществом метода является его применимость к исследованию не только кристаллических, но и разупорядоченных образцов.

EXAFS – позволяет определить расстояние от поглощающего атома до ближайших координационных сфер. Возможно определение амплитуды тепловых колебаний, типа окружающих атомов и координационных чисел. Для экспериментов используется полихроматическое излучение, выделенное из белого пучка СИ изогнутым кристаллом.

Дифракция Дебая-Шеррера в геометрии обратного рассеяния

Метод основан на дифракции рентгеновских лучей на кристаллографических плоскостях. Служит простым и быстрым методом, позволяющим определить фазовый состав образцов. Более тщательный анализ экспериментальных данных позволяет определить искажения кристаллической структуры в результате внешнего воздействия. Проведение дифракционных in-situ экспериментов дает возможность проследить заходом протекания химических реакций.

Метод порошковой рентгеновской дифракции метод исследования структурных характеристик материалов осуществляется за счет дифракции рентгеновских лучей по закону Вульфа-Брэгга (2) на порошке или поликристаллическом образце.

$$2dsin\Theta = n\lambda, \quad (2)$$

где d –расстояние между кристаллографическими плоскостями, на которых происходит дифракция; Θ – угол скольжения падающего и дифрагированного излучения к указанной системе плоскостей; n=1,2… – порядок отражения; λ – длина волны дифрагирующего излучения.

В результате получают зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния, выраженных в виде брэговских пиков, по которым и производится характеристика кристаллитов. Данный метод примечателен тем, что он обладает высокой чувствительностью, не требует вакуума и специальной подготовки образцов, а также высокая экспрессность измерений (время съемки одного образца составляет порядка 5-10 мин.).

Список литературы

1. Померанчук И.Я. Максимальная энергия, которую могут иметь на поверхности Земли первичные электроны космических лучей из-за излучения в земном магнитном поле // ЖЭТФ. – 1939. – № 9. – 915 с.

2. Иваненко Д.Д., Померанчук И.Я. О максимальной энергии, достижимой в бетатроне // ДАН СССР. – 1944. – № 44. – 343 с.

3. Арцимович Л.А., Померанчук И.Я. Излучение быстрых электронов в магнитном поле // ЖЭТФ. – 1946. – № 16. – 379с .

4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nrcki.ru/

5. Artemiev A.N., Artemiev N., Dyatlov A., Kirillov B., Kvardakov V., Maevskiy A., Nayda O. and Zabelin A. Station for investigation with high spatial resolution on Kurchatov SR source // Nuclear Instruments & Meth. – A 575(2007). – pp. 228-230.

УДК 53.03

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ЧЕРЕЗ МНОГОСЛОЙНЫЕ НАНОПЛЕНКИ

Орлова Марья Олеговна,

магистрант НИУ "Высшая школа экономики" г. Москва,

Конов Кирилл Игоревич,

магистрант НИУ "Высшая школа экономики" г. Москва,

Гурьева Полина Викторовна,

магистрант НИУ "Высшая школа экономики" г. Москва

АННОТАЦИЯ

В данной работе проведено моделирование процесса взаимодействия частиц разной энергии с веществом. При моделировании использовалось три вида нанопленок, обучаемых пучком ионов.

Ключевые слова: частицы; нанопленки; ион; ионизация; фотон; атом; ядра отдачи.

MODELING PARTICLEC PASS THROUGH A MULTILAYER NANOFILMS

Orlova M.O.,
Undergraduate NRU «Higher school of economics», Moscow,
Konov K.I.,
Undergraduate NRU «Higher school of economics», Moscow,
Guryeva P.V.,
Undergraduate NRU «Higher school of economics», Moscow

ABSTRACT

In this paper the simulation of the interaction of different energy particles with matter. The simulation used three types Nanofilms trained ion beam.

Keywords: particle nanofilms; ion; ionization; photon; the atom; the nucleus returns.

Введение

Расчётная работа проводилась с помощью программы STIM/TRIM которая позволяет моделировать процессы взаимодействия частиц разной энергии с веществом. TRIM позволяет задавать мишени с толщиной, достигающей далей нанометров, и менять количество слоев от 1 до 8, состоящих из различных материалов. В качестве налетающих частиц можно использовать атомы химических элементов с энергиями от 100 до 2 ГэВ/Нуклон. Моделирование этих каскадных процессов осуществляется методом Монте-Карло. Важно отметить, что столкновения частицы с атомами считаются независимыми друг от друга, и расчёт потерь энергии частицы производится в пределах полуэмпирического подхода. Для учёта структурированных особенностей конкретных материалов вводятся поправки, которые зависят от вида химических связей.

При моделировании этого процесса использовалось три вида нанопленок: трехслойная структура на основе вольфрама, двухслойная структура из оксида кремния и кремния, и однослойная пленка кремния.

На (Рисунок 1**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) приведены результаты численного моделирования распространения пучка ионов в 3-х слойном веществе, слои которого соответственно вольфрам (W), оксид кремния (SiO2) и кремний (Si).

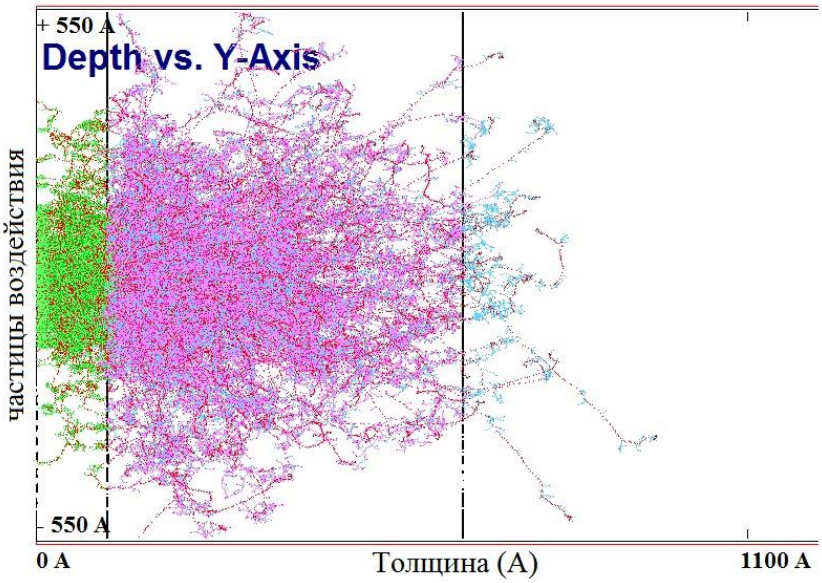


Рисунок 1 – Поток частиц, проходящих в структуру трёхслойного наноматериала W_SiO2_Si

В ходе численного моделирования имитировалось воздействие на мишень около ста тысяч частиц. Как видно из (рис. 2), верхний слой вольфрама (W) препятствует прохождению частиц в структуру материала. При взаимодействии частицы с материалом происходит ионизация. На (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) мы можем наблюдать потери а ионизацию.

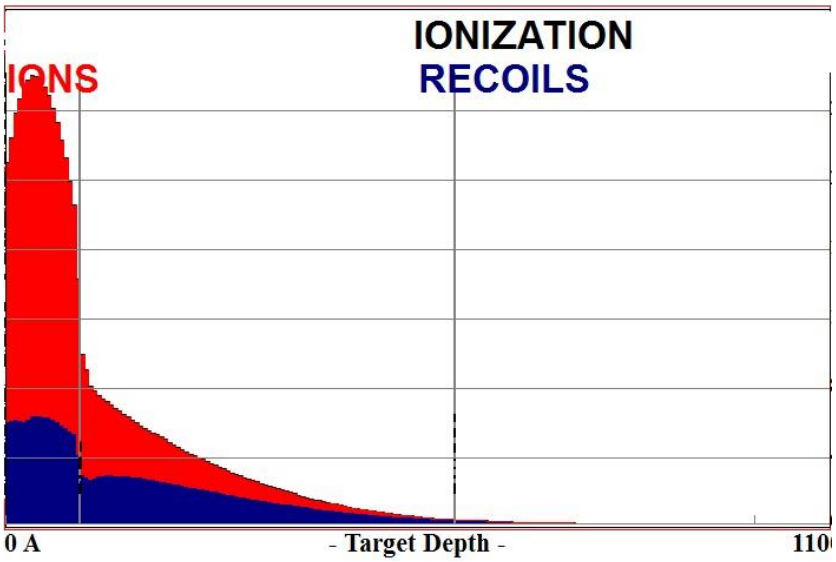


Рисунок 2 – Потери на ионизацию в трёхслойном наноматериале W_SiO2_Si

Большинство частиц теряют свою энергию в верхнем слое вольфрама (W), и в следующие слои проникают частицы с большей энергией. Это объясняется тем, что частицы вольфрама характеризуются сравнительно большой массой, вследствие чего, выбить их из мишени труднее.

Исходя из представленных результатов моделирования взаимодействия пучка ионов с 3-х слойной нанопленкой, можно сделать вывод, что верхний слой вольфрама состоит из тяжѐлых частиц, которые препятствуют проникновению падающих на поверхность материала ионов. Поэтому большая часть ионов задерживается в пределах первого слоя. Однако наноматериалы более устойчивы к ФКП по сравнению с обычными материалами.

Выводы

Поток ионов проникает значительно глубже в двухслойные и однослойные нанопленки по сравнению с трехслойными. Отметим, что в случае однослойной наноструктуры, поток ионов пронизывает всю толщину нанопленки, а это значит, что такие материалы не могут быть эффективно использованы для защиты КА.

Многослойность наноматериалов влияет на проникновение заряженных частиц во внутренние слои материала, и способна препятствовать их проникновению при подборе оптимального количества слоев, их размера и веществ, используемых для изготовления нанопленок. Самыми высокими показателями по качеству защиты поверхности КА от потока частиц оказались трехслойные нанопленки.

Список литературы

1. Орлова М.О., Новожеева А.А., Матвеева М.В., Гурьева П.В. Моделирование распределения пучка ионов в слоистых нанопленках // Сборник материалов XXIV Международной научно-практической конференции.

2. Новиков Л.С., Воронина Е.Н. Перспективы применения наноматериалов в космической технике: учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2008. – 188 с.

УДК 614

К ВОПРОСУ О ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В СЛОИСТЫХ СРЕДАХ

Конов Кирилл Игоревич,
магистрант НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва
Орлова Марья Олеговна,
магистрант НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва
Гурьева Полина Викторовна,
магистрант НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва

АННОТАЦИЯ

Дана подробная характеристика основных техногенных факторов воздействий. Сформулированы требования предъявляемые к защите энергетических народнохозяйственных объектов. Определена и рассмотрена совокупность детерминированных и стохастических факторов воздействия на энергетические объекты.

Ключевые слова: поражающие факторы; энергетический народнохозяйственный объект; техногенные факторы; классификация; обеспечение защищенности.

THE NUMERICAL CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES IN LAYERED MATTER

Konov K.I.,
Undergraduate NRU «Higher school of economics», Moscow
Orlova M.O.,
Undergraduate NRU «Higher school of economics», Moscow
Guryeva P.V.,
Undergraduate NRU «Higher school of economics», Moscow

ABSTRACT

The detailed characteristic of the basic technogenic factors of influences is given. Requirements shown to protection of power economic objects are formulated. Set of the determined and stochastic factors of influence on power objects is defined and considered.

Keywords: amazing factors; power economic object; technogenic factors; classification; security maintenance.

В настоящее время, большое количество научно-технических задач связано с процессами численного электродинамического моделирования. В связи с этим большую популярность набрали пакеты численного моделирования, такие как Ansys HFSS, Comsol Multiphysics. Однако на производстве часто находят применение и более простые модели, например, геометрооптическое приближение. Методы геометрической оптики используются для численного нахождения решения тех задач, в которых размеры неоднородностей среды много больше длины волны падающего излучения [1].

Приближение геометрической оптики хорошо зарекомендовало себя при работе с теми задачами, в которых не требуется находить точное решение. Например, при разработке новых устройств, когда не требуется получить точный ответ, но необходимо получить приближенное решение задачи.

При работе с методами геометрической оптики, для вычисления траектории лучей необходимо решать задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) [2].

Один из способов решения этой задачи описан в работах [3] и [4]. В предложенных методах решение задачи Коши для системы ОДУ проводится не интегрированием по одной переменной. В этих методах переменная интегрирования может меняться на каждом шаге, исходя из критерия непревышения заданных шагов интегрирования пространственных переменных и их скоростей. Такой алгоритм может быть назван модифицированным методом Эйлера.

В работе [3] был приведен алгоритм выбора переменной интегрирования для случая зависимости диэлектрической проницаемости вещества от двух координат. В работе [4] описанный алгоритм модифицирован для случая зависимости диэлектрической проницаемости от трёх координат.

Предложенный метод, в некоторых случаях, позволяет серьезно увеличить скорость расчётов, при этом не теряя точности. Так в случае, если на заданном отрезке функции равномерно возрастает или убывает, то интегрирование будет происходить с максимальным шагом, если функция начинает резко изменяться, то интегрирование будет происходить по той координате, где наблюдается наиболее быстрое изменение функции.

Список литературы

1. Кравцов Ю.А., Орлов Ю.И. Геометрическая оптика неоднородных сред. – М.: Наука, 1980.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1978.
3. Перфильев В.В., Степанов Е.С., Климов К.Н. Методика выбора переменной интегрирования при численном построении траекторий лучей в неоднородных диэлектрических средах // Радиотехника и электроника. – 2016 – Том 61. – №12. – С. 1184-1189.
4. Конов К. И., Матвеева М. В., Малинова О. Е. Выбор переменной интегрирования при численном решении задачи распространения электромагнитных волн в среде // IV Всероссийская Микроволновая конференция, Москва, 2016.

СЕКЦИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ENGINEERING SCIENCE

УДК 528.48, 622.1

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Санникова Анна Петровна,

к.т.н., Горный университет, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается спектр задач, стоящих перед маркшейдерско-геодезической службой любого предприятий, занимающегося добычей полезных ископаемых открытым способом, а так же указывается безусловная необходимость комплексного подхода к решению данных вопросов специалистами различного профиля.

Ключевые слова: массив горных пород; напряженное состояние пород; борт; уступ; устойчивость борта карьера; модель борта карьера.

GEODESIC SUPPORT OF OPENCAST MINES

Sannikova A.P.,

PhD in Engineering, Mining University, Saint-Petersburg

ABSTRACT

This article shows the variety of challenges faced by mine-geodetic service of all companies engaged in the extraction of minerals by open method, as well as indicate the absolute necessity of an integrated approach to addressing the specialists of different profile data.

Keywords: mines rocks; stress condition; pit wall; bank; stability of a pit wall; durability; model of a pit wall.

Маркшейдерско-геодезический мониторинг в условиях открытой разработки месторождений заключается в комплексе мероприятий, направленных на повышение экономической эффективности добычи, соблюдение экологических норм при ликвидации предприятий, а так же обеспечение безопасности трудящихся и используемой дорогостоящей техники в процессе проведения работ.

Маркшейдерско-геодезическое обеспечение горных работ в условиях карьера включает решение вопросов правильной и рациональной эксплуатации месторождения, охраны недр, охраны земной поверхности, зданий, сооружений от вредного влияния горных работ, а также вопросы безопасного ведения работ, сопровождение буровзрывных работ, осуществление контроля за полнотой выемки, а так же определения потерь и разубоживания, контроля разведки месторождения полезного ископаемого и подсчета запасов, составления годовых планов горных работ. Кроме того, производятся определение и учет объемов вскрыши, добычи полезного ископаемого с учетом максимального использования параметров горно-транспортного оборудования, осуществляется контроль за выполненными объемами горных работ, создается сеть опорных пунктов и съемочного обоснования, а также контролирует правильность (в соответствии с проектом на разработку и планом развития горных работ, иной технической документацией) ведения горных работ.

На карьерах необходимо создавать опорную маркшейдерско-геодезическую сеть, представляющую собой сеть сгущения, построенную на основе государственной геодезической сети. Съемочная сеть на карьере закрепляется центрами долговременной сохранности и центрами временного пользования [1]. Опорная маркшейдерская опорных сетей зависит от структуры месторождения, рельефа местности, характера горных работ и может быть в виде цепи треугольников, центральной системы, четырехугольников, вставок в угол и т. д. [2]. При построении опорных сетей соблюдаются следующие требования: равномерное размещение пунктов на отвалах и бортах карьера; обеспечение видимости каждого пункта на обширной территории горных работ; обеспечение возможно более длительного срока сохранности пунктов; наиболее близкое расположение пунктов от нерабочих бортов; учет перспектив развития горных работ и рекультивации земель.

Так же геодезическое обеспечение необходимо и при создании карьерных отвалов. Для обеспечения возможности дальнейшей его рекультивации, в процессе ведения отвальных работ предусматривается формирование откоса его яруса под углом, заданным проектом рекультивации с учетом возможности обеспечения устойчивости отвала. С этой целью проводятся инструментальные геодезические наблюдения за устойчивостью откосов, выполняются прогнозы устойчивости посредством устройства наблюдательных станций и периодического определения смещений реперов.

Мониторинг геомеханических процессов на карьерах и разрезах выполняется с целью предотвращения возможных обрушений и контроля за оползневыми процессами. Основными средствами получения информации о деформациях бортов карьеров и отвалов являются инструментальные наблюдения, в результате которых определяются величины смещений, деформаций, скоростей развития процесса деформирования и границ распространения деформаций. Устанавливается взаимосвязь между факторами, определяющими устойчивость прибортового массива, и процессом деформирования бортов карьеров и откосов отвалов, определяются критические величины деформаций, предшествующие активной стадии деформирования.

Трещиноватость массива горных пород изучается посредством линейных замеров по откосам уступов или посредством фотоснимков, полученные данные учитываются при уточнении параметров устойчивого борта [4, 7].

На карьере должен быть оформлен необходимый комплекс горно-графической документации. Так же необходимо ведение журнала маркшейдерских указаний, в который заносятся замечания, которые, в свою очередь, должны быть своевременно устранены

Геолого-маркшейдерское обеспечение горных работ включает решение вопросов правильной и рациональной эксплуатации месторождения, охраны недр, охраны земной поверхности, зданий, сооружений от вредного влияния горных работ, а также вопросы безопасного ведения работ, сопровождение буровзрывных работ, осуществление контроля за полнотой выемки, а так же определения потерь и разубоживания, контроля разведки месторождения полезного ископаемого и подсчета запасов, составления годовых планов горных работ [5].

Ущерб от нарушения устойчивости откоса - это стоимость дополнительных работ по ликвидации последствий обрушения; удорожание работ, вызванное снижением производительности добычных и транспортных средств; ухудшение качества полезного ископаемого в результате его разубоживания деформированными массами.

Документации подлежат нарушения устойчивости уступов, бортов и отвалов, рабочих площадок, предохранительных и транспортных берм, нарушающие режим работы горного предприятия и создающие угрозу безопасности ведения работ; документируются все нарушения устойчивости откосов карьеров объемом свыше 1 тыс. $м^3$ и захватывающие площадь более 500 $м^2$; документируются также нарушения устойчивости природных склонов, прилегающих к карьерному полю [6]. Потери, понесенные предприятием в ре-

зультате обрушений бортов на карьерах, при минимальных документируемых объемах вывала, применяемой карьерной техники, а т.ж. себестоимости добываемого полезного ископаемого, могут составлять миллионы и десятки миллионов рублей [7].

Для уменьшения потерь необходимо: тщательно зачищать верхний горизонт от вскрышных пород, не допускать загрязнения камня породами вскрыши, так как при этом некоторый объем камня может попасть в отвал; при взрывных работах в приконтурной зоне карьера схемы взрывания необходимо выбирать так, чтобы максимально уменьшить разброс камня за пределы контура карьера; не допускать перегруза автосамосвалов; следить за состоянием покрытия транспортной полосы автодороги (отсутствие ям, выбоин и пр.) [7].

Маркшейдерская служба должна быть оснащена необходимыми инструментами и аппаратурой в достаточном количестве. Инструменты должны проходить периодическую проверку в специализированной организации.

С целью повышения скорости и качества выполняемых работ маркшейдерский отдел должен быть обеспечен необходимым оборудованием, в частности персональными компьютерами, широкоформатными принтерами, сканером, плоттером, множительной техникой. Состав и численность приборной базы, необходимой для производства маркшейдерско-геодезических работ, определяется исходя из объемов добычи и численности сотрудников маркшейдерского отдела.

Техническое обеспечение представляет собой наиболее дорогостоящую часть мониторинга, поэтому оно должно формироваться наиболее оптимальным образом, без излишних затрат и дублирования.

Мониторинг открытых горных работ необходимо осуществлять комплексно, с привлечением специалистов различных профилей (геологи, геофизики, экологи, гидрогиологи, специалисты по буровзрывному обеспечению работ и т.д.) для достижения эффективной и безопасной работы в условиях карьера. Инженер-маркшейдер в данной системе мониторинга должен занимать ключевую позицию, предоставляя геометрическую информацию о наблюдаемых параметрах карьера, таких как результаты наблюдений за сдвижениями и деформациями, движениями запасов полезного ископаемого, геометрии бортов и отвалов.

Список литературы

1. Синарян Р.Р. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов. -М.: Недра,1988. – 312 с.
2. Борщ-Компониец В. И. Геодезия. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1989. – 512 с.
3. Инструкция по производству маркшейдерских работ РД07-603-03: Госгортехнадзор России, 2003. – 92 с.
4. Такранов Р.А., Жилин В.П., Геологическое обеспечение буровзрывных работ на угольных карьерах, СПб, 2006. -179 с.
5. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1965. – 378 с.
6. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости, ВНИМИ, 197. – 186 с.
7. Санникова А.П. Методика оперативного определения трещиноватости пород и ее применение для оценки прочности при расчете устойчивости бортов карьеров: Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – СПб, 2012. – 151 с.

УДК 621.77.01

ЯВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОГО УШИРЕНИЯ В ПЕРВЫХ ЧЕРНОВЫХ ПРОХОДАХ В СИСТЕМЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ – ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ВАЛКИ

Шитов Михаил Викторович,
инженер, ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», г. Магнитогорск
Соловьёв Александр Геннадьевич,
к.т.н., заместитель генерального директора по производству ОАО «Магнитогорский ГИПРОМЕЗ», г. Магнитогорск

АННОТАЦИЯ

На основе моделирования методом конечных элементов рассмотрены процессы формоизменения раската при прокатке в системе вертикальные - горизонтальные валки. Уточнен диапазон интенсивного уширения раската в системе вертикальные – горизонтальные валки.

Ключевые слова: раскат; редуцирование; уширение; эффективность; валки.

PHENOMENON OF INTENSIVE WIDENING IN THE FIRST ROUGHING PASSES IN THE SYSTEM OF VERTICAL – HORIZONTAL ROLLS

Shitov M.V.,
Engineer, OJSC «Magnitogorsk GIPROMEZ», Magnitogorsk
Soloviev A.G.,
PhD in Engineering, Deputy General. dir. Production, OJSC «Magnitogorsk GIPROMEZ», Magnitogorsk

ABSTRACT

Based on the finite element modeling, shape alteration of the rolled breakdown during rolling in the system of vertical – horizontal rolls was considered. The range of intensive widening of rolled breakdown in the system of vertical – horizontal rolls was specified.

Keywords: rolled breakdown; reduction; widening; efficiency; rolls.

Процессы формоизменения раската при прокатке имеют нелинейный характер. Зная характер нелинейности можно назначить более эффективные технологические параметры в определённом диапазоне для достижения требуемого состояния. Одним из таких нелинейных процессов является уширения.

При прокатке прямоугольной заготовки, при прочих равных условиях (ширина и толщина раската, диаметр валков, коэффициент трения, материал раската и др.), уширение будет во многом зависеть от горизонтального обжатия. Уширение раската, прошедшего вертикальное обжатие валками и прессом, является функцией от вертикального и горизонтального обжатий. При этом эффективность обжатия на прессе больше, чем на калиброванных валках, а на калиброванных больше, чем на валках с гладкой бочкой.

В зависимости от отношения наплыва к исходной толщине сляба при постоянном горизонтальном обжатие выделяют участки интенсивного уширения, которые можно использовать с целью снижения разноширинности раската и оптимизации его ширины. Участки интенсивного уширения для проглаживающего прохода и горизонтального обжатия на свинцовых образцах представлены на рисунке 1. В работе [1] для снижения разноширинности раската рекомендуют вертикальные обжатия в диапазоне менее 35 мм и более 60 мм, при этом не сообщается для каких ширин данные рекомендации можно применять.

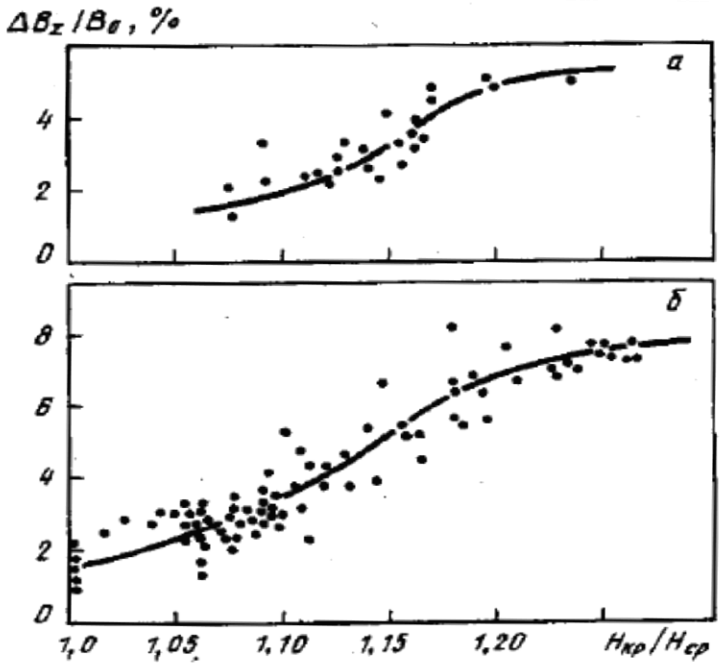


Рисунок 1 – Экспериментальная зависимость величины относительного уширения от величины прикромочных утолщений: а – проглаживание в горизонтальных валках, б – обжатие в горизонтальных валках [1]

Для выявления особенностей формоизменения раската было проведено моделирование методом конечных элементов в программном комплексе Deform 3D V6.1 и V10.0. Прокатка слябов различных ширин проводилась в вертикальных калиброванных валках и в вертикальных валках с гладкой бочкой с последующими обжатиями по горизонтали на 0, 30 и 60 мм на валках радиусом 700 мм. При моделировании были приняты следующие допущения: рассматриваемый процесс считается стационарным, симметричным и изотермическим; материал раската однородный и изотропный; деформируемая среда вязкопластическая; валки несжимаемые. Размеры вертикальных калиброванных валков приняты согласно существующим в черновой группе ШСГП 2000 ОАО «ММК», а именно: глубина вреза – 100 мм, ширина калибра по дну валка – 245 мм, ширина калибра по бочке валка – 290 мм, выпуклость дна калибра – 5 мм.

При более детальном изучении было установлено, что рекомендации, представленные в работе [1], во первых применимы лишь для узких слябов с отношением ширины к толщине (Всл/Нсл) менее 5, во вторых имеют совсем иное значение. А именно, область интенсивного уширения приходится на начальные вертикальные обжатия до 40 мм и конечные от 60 мм значения вертикальных обжатий. Зависимость относительного уширения от прикромочных утолщений и вертикального обжатия представлена на рисунке 2.

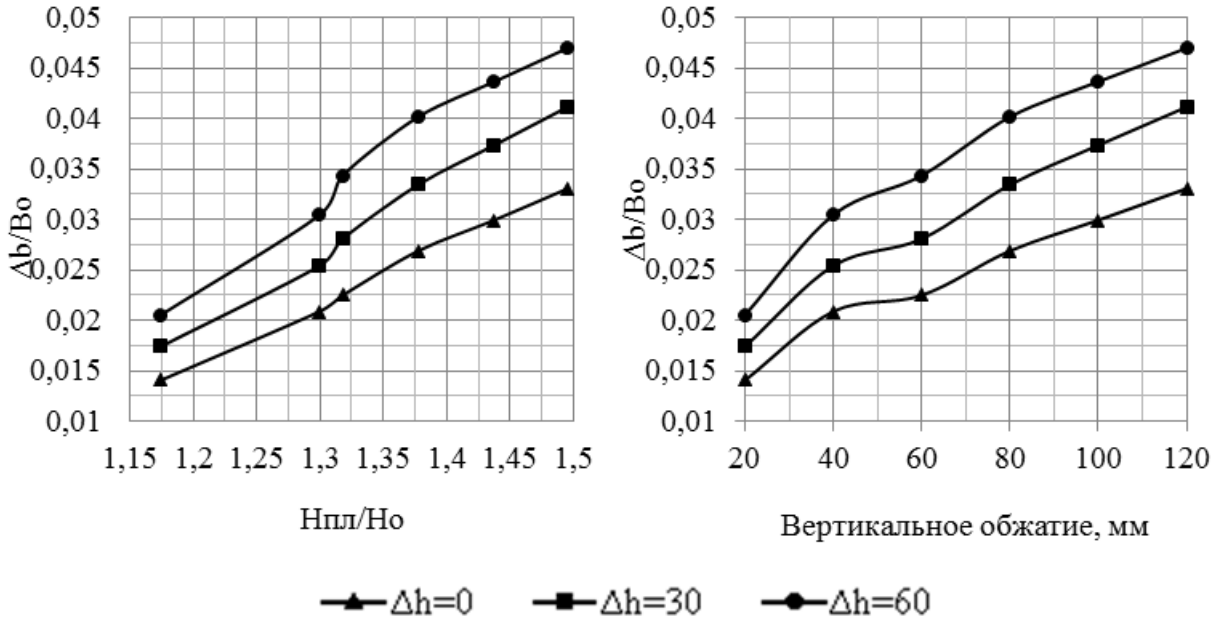


Рисунок 2 – Зависимость относительного уширения от прикромочных утолщений и вертикального обжатия в гладких вертикальных валках для сляба 1150х250 мм

Если представить уширение в зависимости от вертикального обжатия, то выявить участки интенсивного уширения достаточно трудно. Связано это в первую очередь с тем, что образование и рост прикромочных наплывов имеют не линейный характер, а интенсивность роста наплывов зависит от способа редуцирования слябов. При прокатке величина наплывов будет зависеть от геометрических характеристик раската (отношение ширины к толщине); от коэффициента трения между валками и металлом; от вертикального обжатия; от валков (диаметр валков, гладкая бочка или калибр, наклон валков), для калиброванных валков от геометрических характеристик калибра (глубина вреза, ширина вреза у бочки и дна калибра). При прессовании от длины осаждающего бойка пресса. Влияние вертикального обжатия на прикромочные наплывы представлено на рисунке 3. Влияние вертикального обжатия на относительное при прокатке слябов на валках с гладкой бочкой и калиброванных валках представлено на рисунке 4.

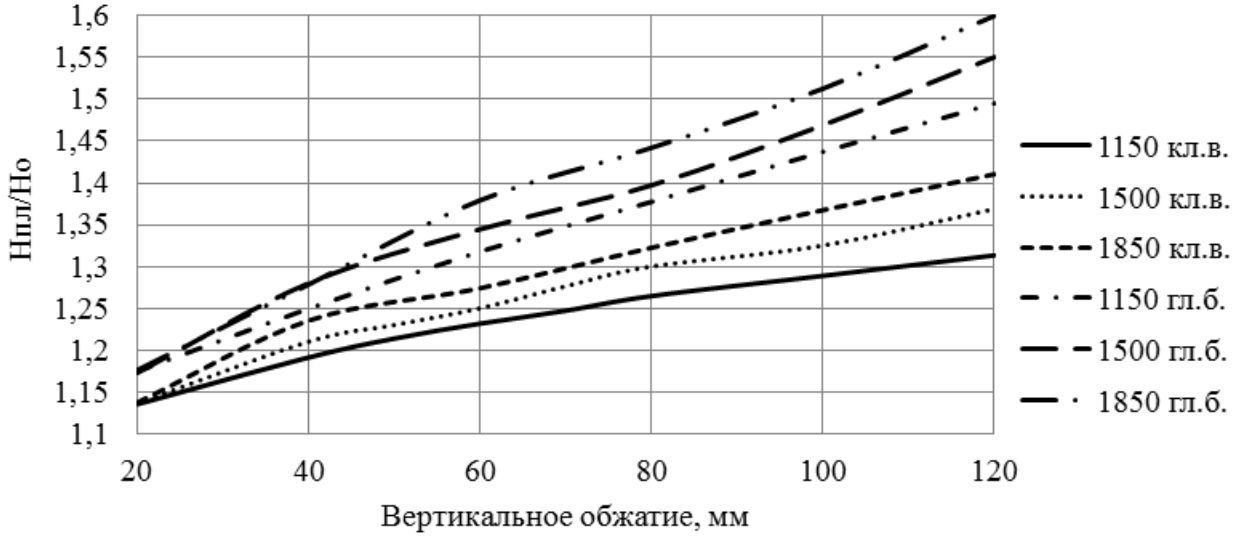


Рисунок 3 – Зависимость отношения величины наплыва к толщине раската от вертикального обжатия: кл.в. – калиброванные валки, гл.б. – гладкая бочка

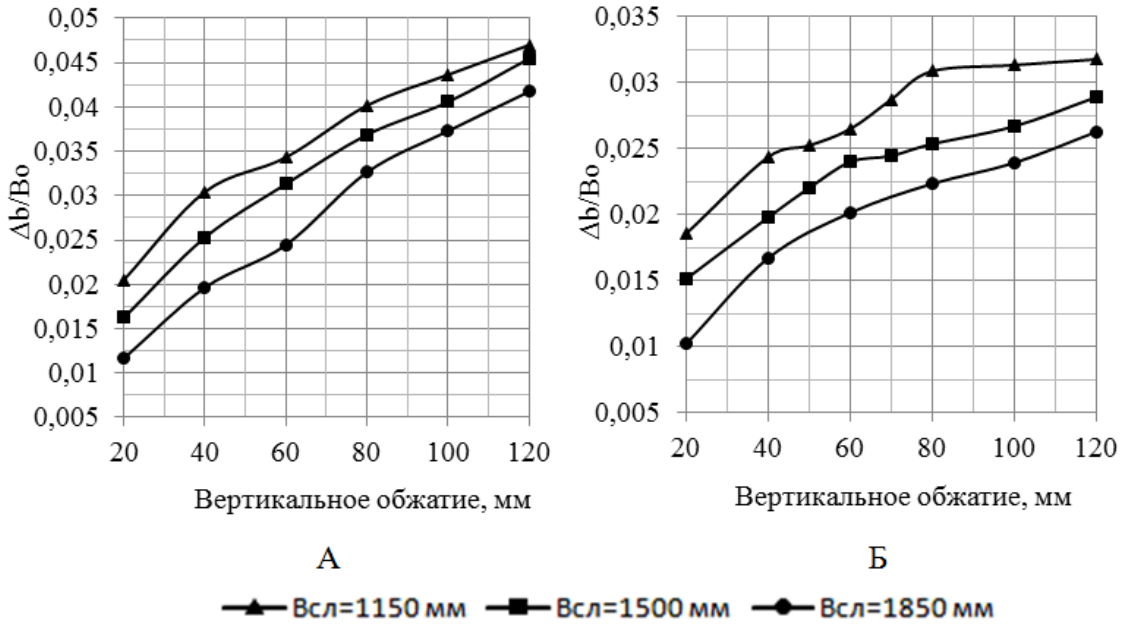


Рисунок 4 – Зависимость относительного уширения от вертикального обжатия при обжатии слябов толщиной 250 мм в горизонтальных валках на 60 мм: А – вертикальные валки с гладкой бочкой, Б – калиброванные валки

Как видно из рисунка 4, Б для сляба 1150х250 мм прошедшего прокатку в калиброванных валках можно выделить два участка интенсивного уширения и два участка «замедленного» уширения, а для двух других слябов кривые подобны при прокатке слябов на валках с гладкой бочкой. Такое поведение кривой уширения для сляба 1150х250 мм можно объяснить бóльшим проникновение пластической деформации по ширине сляба, а соответственно и снижение уширения в диапазоне обжатий более 80 мм. Поэтому зависимость уширения следует представлять от «независимых» величин, т.е. не являющихся функцией других переменных, в противном случае можно получить результаты не соответствующие действительности.

Явление интенсивного уширения наблюдается при прокатке раскатов в горизонтальных проходах после вертикального обжатия. После вертикального обжатия валками с гладкой бочкой и калиброванными валками участки более выражены в начальном диапазоне вертикальных обжатий до 40-60 мм и в после 60-80 мм для слябов ширины 1150-1850 мм при горизонтальном обжатии 0-60 мм. После обжатия в калиброванных валках на узких слябах чётко выражены участки замедленного уширения в диапазоне вертикальных обжатий 80-100 мм.

Формулы, которыми описывают суммарное естественное и добавочное уширение, имеют упрощённый линейный характер или достаточно сложны и применимы лишь в узком определённом геометрическом диапазона величин раската, деформаций и не отражают участков интенсивного и замедленного уширения, но дают возможность получить определённые результаты в первом приближении [2-5]. Для более точного управление процессом формоизменения раскатом той или иной ширины требуются проведение детальных исследований, а для оценки их результатов точные и научнообоснованные критерии [6].

Список литературы

1. Логак О.Н. Уширение слябов при прокатке в системе вертикальные-горизонтальные валки // Теория и технология производства листового прокатка. – М.: Металлургия, 1991. – С. 63-67.

2. Технологические основы автоматизации листовых станов / Ю.В. Коновалов, А.В. Воропаев, Е.А. Руденко и др. – Киев: Техника, 1981. – 128 с.

3. Ginzburg V.B., et al, Width control in hot strip mills // Iron and Steel Engineer. – 1991. – June. – P. 25-39.

4. Барышев В.В., Кудинов С.В., Седых М.О. Моделирование пластической деформации сляба в вертикальных и горизонтальных валках реверсивной клети // Производство проката. – 2003. – № 9. – С. 11-14.

5. Моделирование изменения ширины раската и алгоритмизация задачи выбора режима обжатий вертикальными валками в черновой группе ШСПГ / В.М. Салганик, М.И. Румянцев, Д.С. Цыбров и др. // Неделя металлов в Москве: сб. тр. конф. – М.: ВНИИМЕТМАШ им. А.И. Целикова, 2010. – С. 581-588.

6. Шитов М.В., Соловьёв А.Г. Критерии эффективности редуцирования сляба по ширине: анализ и область применения // Моделирование и развитие процессов ОМД; сб. науч. тр. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2016. – №22. – С. 37-50.

УДК 004.588+004.852

ОБУЧЕНИЕ РАСПОЗНАВАНИЮ РУКОПИСНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФОРМУЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Сапаров Алексей Юрьевич,

к.т.н., старший преподаватель, Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается задача распознавания рукописных математических формул. Описывается метод обучения программы распознавания, основанный на анализе формул, записанных разными почерками. Основное внимание уделяется взаимовыгодному человеко-машинному взаимодействию, где программа и человек получают возможность обучения, в котором они заинтересованы.

Ключевые слова: распознавание рукописных математических формул; граф изображения формулы; взвешенное регулярное выражение.

HANDWRITTEN MATHEMATICAL FORMULAE RECOGNITION TRAINING WITH USING HUMAN-COMPUTER INTERACTION

Saparov A.Yu.,

PhD in Engineering, Senior Lecturer, Ud SU, Izhevsk

ABSTRACT

The article deals with the problem of recognition of handwritten mathematical formulae. It is reported about the method of recognition software training. They are based on the analysis of different handwritings formulas. The main focus devoted on the mutually beneficial human-computer interaction, where the program and the people have the opportunity of training in which they are interested.

Keywords: handwritten mathematical formulae recognition; graph of mathematical expression image; suspended regular expressions.

Введение

Основная сложность при автоматическом распознавании рукописных текстов заключается в большом разнообразии способов написания этих текстов. Каждый человек

имеет уникальный почерк [1]. Для правильного распознавания таких текстов программа должна уметь понимать различные почерки. Для этого должно выполняться некоторое обучение на тестовых примерах.

При разработке системы автоматического распознавания сканированных рукописных математических формул обучение выполнялось в большей степени на одном типе почерка, либо на разных типах, но сгенерированных ограниченным числом потенциальных пользователей. С этим связано наличие большого числа ошибок при обработке ранее неизвестных почерков.

Таким образом, для увеличения точности автоматического распознавания рукописных математических формул достаточно выполнить обучение на некоторой обучающей выборке. Существует проблема с поиском такой выборки, а создание новой – это довольно трудозатратное занятие. В связи с этим предлагается рассмотреть способ обучения системы с наименьшими трудозатратами.

В настоящее время довольно популярны мобильные устройства с сенсорным управлением. Пользователями в большей степени являются молодые люди, в том числе старшеклассники, которым в ближайшее время сдавать ЕГЭ по математике. Если удастся хоть какую-то часть из этих пользователей заставить сформировать свою обучающую выборку, то материала будет достаточно. Но не просто заставить людей заниматься на первый взгляд бесполезной для них работой. Поэтому рассматривается вариант взаимовыгодного сотрудничества. Система будет представлять из себя онлайн помощник подготовки к сдаче ЕГЭ по математике, что довольно актуально для старшеклассников. В свою очередь старшеклассники будут предоставлять всевозможные варианты почерков для качественного обучения программы распознавания.

Текущее состояние

Была рассмотрена задача анализа структуры сканированных рукописных математических формул. Анализ выполнялся с целью поиска возможных способов решения задачи автоматического распознавания математических формул. Был разработан алгоритм распознавания, который заключается в разложении исходного растрового изображения на отдельные неделимые компоненты и посимвольного распознавания с дальнейшим построением из распознанных элементов сложных структур, называемых графом изображения формулы. При помощи сопоставления построенных графов с шаблонными графами делаются выводы о том, к какому классу математических формул относится тот или иной построенный граф. Например, граф степенной формулы имеет вид [2]:

$$if(f) = \left(S_1 \cup S_2, U_1 \cup U_2 \cup (e_1, e_2)_{(1,1)}\right),$$

Или $if(\text{“}2^x\text{”}) = (\{ic(\text{‘}2\text{’}), ic(\text{‘}x\text{’})\}, \{2x(1,1)\})$, для формулы 2^x. Здесь $ic(\text{‘}2\text{’})$ и $ic(\text{‘}x\text{’})$ обозначают вершины графа, а $2x(1,1)$ – ребро, соединяющее эти вершины по направлению $(1,1)$.

Основная сложность при распознавании рукописных текстов заключается в большом разнообразии способов их написания, поэтому не всегда удается точно определить класс формулы. Кроме того, из-за большого разнообразия почерков невозможно точно распознать и некоторые отдельные символы. По этим причинам результат распознавания представляется в виде списка графов шаблонных изображений формул, отсортированных по некоторому весу. Вес отражает вероятность того, что тот или иной вариант распознавания является верным. Результаты распознавания отдельных символов так же представлены некоторым набором вариантов, которые уже представлены взвешенным регулярным выражением [3]:

$$S^r = (w_{1,1}| \dots |w_{1,t_1})(w_{2,1}| \dots |w_{2,t_2}) \dots (w_{l,1}| \dots |w_{l,t_l}),$$

где $w_{i,j} = \{k_{i,j}, a_{i,j}\}$ – пара из веса и j-го варианта распознавания i-го символа формулы.

Количество всевозможных вариантов распознавания всей формулы равно произведению количества графов на количество вариантов отдельных символов. Таким образом, их может быть достаточно большое число, и ручной выбор является нецелесообразным. Программа распознавания считает, что правильным является тот вариант, который имеет максимальный вес, но на самом деле это не всегда так, особенно при незнакомом почерке. Был рассмотрен полуавтоматический метод корректировки результата распознавания, который заключается в представлении результата распознавания в виде регулярного дерева изображения формулы [4]:

$$F = \left(S, \left\{\left(s_{b_1}, s_{e_1}, v_{1,1} | v_{1,2} | \dots | v_{1,m_1}\right), \dots, \left(s_{b_n}, s_{e_n}, v_{n,1} | v_{n,2} | \dots | v_{n,m_n}\right)\right\}\right),$$

где вершины определены однозначно, а ребра могут иметь несколько вариантов направлений.

Но, несмотря на использованные методы при распознавании сложных формул, время исправления ошибок может занимать достаточно большое время. Требуется улучшение качества распознавания, первым этапом которого является обучение распознаванию различных почерков.

Описание задачи

Так как ранее рассматривались только математические формулы с ограничением по сложности их структуры, а именно строчные формулы, верхние и нижние индексы, корни, интегралы, то здесь будем обучать систему распознавать простейшие формулы, но с разным вариантом написания (различными почерками). Цель состоит в получении некоторого набора входных данных с заранее известным ожидаемым результатом. В связи с этим ставятся следующие задачи:

1. Спроектировать и разработать простейшее веб-приложение для помощи подготовки к ЕГЭ по математике.
2. Разработать подсистему автоматической проверки правильности решения простейших задач по математике.
3. Привлечь как можно больше пользователей.

Предъявляются следующие требования по каждому пункту:

1. Веб-приложение из себя должно представлять окно, в котором содержится три основных поля: исходный текст задачи, поля для решения и конечного ответа. Поля для решения и конечного ответа должны быть с возможностью сенсорного ввода с помощью специального стилуса. Возможный размер вводимой информации учитывать согласно объему решаемой задачи и предполагаемого ответа. Веб-приложение должно быть адаптировано под использование на мобильных платформах.
2. Наиболее сложными по структуре из рассматриваемых типов формул являются интегралы, корни и дроби. В связи с этим подсистема должна уметь автоматически проверять правильность решения следующих задач: вычисления интеграла, преобразования с корнями различных степеней, дробные и показательные уравнения. Должна быть возможность автоматической генерации задач, чтобы исключить их повторение.
3. Для привлечения пользователей необходимо учитывать критерий полезности веб-приложения. В настоящий момент существует множество сайтов для онлайн помощи при подготовке к ЕГЭ. Необходимо учесть их недостатки. Разрабатываемое приложение должно быть максимально полезным для старшеклассников с точки зрения подготовки к сдаче экзамена, а именно должна быть подсказка при решении задачи с указанием места ошибки, т.е. целью веб-приложения является понять решение со ссылками на некоторые

правила, а не просто правильно угадывать ответ. Интерфейс должен быть интуитивно понятен и не должен содержать посторонних объектов.

Автоматическая проверка правильности решения

Преобразования с корнями. Рассмотрим небольшой пример. Пусть имеется задача на вычисление значения выражения: $\sqrt{21}\sqrt{15}\sqrt{35}$. Очевидно, что для данной задачи школьники могут использовать два наиболее распространенных способа решения. Первый способ заключается в перемножении всех подкоренных выражений и дальнейшем извлечении корня из результата умножения: $\sqrt{21}\sqrt{15}\sqrt{35} = \sqrt{21 \cdot 15 \cdot 35} = \sqrt{315 \cdot 35} = \sqrt{11025} = 105$.

Второй способ заключается в разложении подкоренных выражений на множители и извлечении корня по частям: $\sqrt{21}\sqrt{15}\sqrt{35} = \sqrt{3 \cdot 7}\sqrt{3 \cdot 5}\sqrt{5 \cdot 7} = \sqrt{3 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7} = \sqrt{3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 7} = \sqrt{3 \cdot 3}\sqrt{5 \cdot 5}\sqrt{7 \cdot 7} = 3 \cdot 5 \cdot 7 = 105$.

Предварительно зная все возможные решение задачи можно сортировать список возможных вариантов в порядке уменьшения вероятности того, что вариант распознавания является верным. Таким образом, если наиболее вероятный вариант совпадает со значением формулы в решении задачи, то можно считать, что школьник решил задачу правильно. Такое решение может быть использовано в качестве обучающего множества, так как есть растровое представление рукописного ввода, и в то же время уже известен правильный вариант распознавания. Отметим, что если школьник использует какое-то оригинальное решение задачи, то такие данные могут быть не использованы в обучении системы, и это не будет непредвиденной ситуацией. В этом случае будет проверяться лишь окончательный ответ. Учитывая то, что варианты решения будут отсортированы по их сложности, то система может делать подсказки, что можно решать задачу более простым способом. Для генерации новых подобных задач достаточно изменить цифры. Такой способ подходит как для текста самой задачи, так и для решения. С помощью этих задач можно обучить систему распознавать различные варианты написания знаков извлечения корня, цифр, а также взаимного расположения знака корня и подкоренного выражения.

Вычисление интеграла. Рассмотрим небольшой пример. Пусть имеется задача на вычисление интеграла: $\int_0^1 x^2\,dx$.

Почти наверняка решение будет выглядеть следующим образом: $\int_0^1 x^2\,dx = \frac{x^3}{3}|_0^1 = \frac{1^3}{3} - \frac{0^3}{3} = \frac{1}{3}$.

С помощью таких задач можно обучить систему распознавать знаки интеграла, взаимное расположение этого знака, пределов интегрирования, подынтегрального выражения и знака дифференцирования. Кроме того, зная о наличии общих частей в подынтегральном выражении и в дифференциале, можно учиться распознавать латинские буквы. Для Генерации новых задач и их решений достаточно вносить значения в значения пределов, в используемые константы и переменные.

Решение показательных уравнений. Рассмотрим небольшой пример. Пусть имеется уравнение $9^x = 3$.

К наиболее распространенным методам решения можно отнести 2 из них:

1) $9^x = 3$

$3^{2x} = 3^1$

$2x = 1$

$x = \frac{1}{2}$

2) $9^x = 3$

$9^x = 9^{\frac{1}{2}}$

$x = \frac{1}{2}$

С помощью таких задач можно учиться распознавать латинские буквы, цифры, взаимное расположение основания и показателя степени. Для генерации новых задач и их решений достаточно внести изменения в используемые константы и переменные.

Решение дробных уравнений. Рассмотрим небольшой пример. Пусть имеется дробное уравнение: $\frac{x-1}{x} + \frac{x}{x+2} = 1$.

Для данного уравнения может быть множество способов решения. Рассмотрим один из них:

$\frac{x-1}{x} + \frac{x}{x+2} = 1$

$\frac{(x-1)(x+2)+x^2}{x(x+2)} = 1$

$\frac{x^2-x+2x-2+x^2}{x(x+2)} = 1$

$\frac{2x^2+x-2}{x^2+2x} = 1$

$2x^2 + x - 2 = x^2 + 2x, x^2 + 2x \neq 0$

$2x^2 + x - 2 = 0$

$D = 1 - 4 \cdot (-2) = 1 + 8 = 9$

$x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{9}}{2}$

$x_1 = 2; x_2 = -1$

В данном случае сложность заключается в том, что решение состоит из достаточно большого числа промежуточных состояний. Каждый ученик в зависимости от своего уровня подготовки может пропускать некоторые промежуточные состояния, высчитав их в уме. На исходную задачу обучения распознаванию такой способ решения не повлияет, так как для получения обучающего множества достаточно наличие хотя бы одной из строк решения. На автоматическую проверку правильности решения так же не может повлиять такой способ решения, так как система будет знать обо всех возможных состояниях и подбирать их по структуре. С помощью решения таких задач можно научиться распознавать дробные формулы и арифметические операции. Для генерации новых задач и их решений достаточно внести изменения в используемые константы и переменные.

Сделаем некоторые промежуточные выводы. Основной задачей является научить систему распознавать интегралы, корни, дробные и показательные формулы. Приведенные примеры в полной мере содержат перечисленные типы формул. Таким образом, для решения поставленной задачи с учетом существующего функционала достаточно сделать подсистему, которая может автоматически проверять правильность решения задач из представленных примеров.

Описание метода

Рассмотрим первый пример, а именно следующее решение задачи: $\sqrt{21}\sqrt{15}\sqrt{35} = \sqrt{21 \cdot 15 \cdot 35} = \sqrt{315 \cdot 35} = \sqrt{11025} = 105$.

Системе заранее известен ответ (105) и текст задачи ($\sqrt{21}\sqrt{15}\sqrt{35}$).

Входными данными служит растровое изображение рукописного текста с решением исходной задачи и запись итогового ответа. Требуется проверить итоговый ответ и ход решения. Очевидно, что ответом для подобных задач может быть только число, в данном случае целое. Поэтому из всех возможных вариантов распознавания ответа можно исключить лишние варианты, которые содержат буквы либо другие знаки. Тогда варианты рас-

познавания в виде регулярного выражения могут иметь следующую форму: «(1|2|7)(0|6)(5)» (или в виде взвешенного регулярного выражения «(0.7*1|0.2*2|0.1*7)(0.9*0|0.1*6)(1*5)»). Применяю проверку соответствия правильного ответа «105» регулярному выражению «(1|2|7)(0|6)(5)» можно сделать вывод относительно того, правильно ли получен ответ. Если не найдено соответствия, то ответ неверный. Если соответствие найдено, то о правильности ответа можно судить по значению веса найденного пересечения взвешенных регулярных множеств «105» и «(0.7*1|0.2*2|0.1*7) (0.9*0|0.1*6)(1*5)». Очевидно, что результат пересечения «105» имеет наибольший вес и является правильным ответом. В случае если результат пересечения имеет не максимальный вес, то ответ считается правильным только тогда, когда вес больше какого-то заранее заданного значения (либо в этом случае требуются дополнительные исследования или методы распознавания).

Согласно [2] граф изображения формулы из решения задачи соответствует по структуре шаблонному графу тогда и только тогда, когда они оба имеют ровно по две вершины и одному ребру. Первая вершина является знаком извлечения корня, а вторая представлена графом изображения формулы следующего уровня, а именно графом строчной формулы. Ребром графа верхнего уровня является ребро, соединяющее первую вершину со второй по направлению $(1,0)$, что соответствует направлению слева направо. Проверка соответствия выполняется рекурсивно. Если графы верхнего уровня совпадают по структуре, то выполняется проверка соответствия графов следующих уровней, пока не будут достигнуты все простейшие (не имеющие дальнейшего разветвления) вершины. Если на каком-либо этапе найдено хоть одно несоответствие, то проверка завершается и считается, что весь построенный граф, не соответствует шаблонному.

Граф формулы $\sqrt{315 \cdot 35}$ имеет вид:

$\text{if}(“\sqrt{315 \cdot 35}”) = \{ic(‘\sqrt{}’), if(“315”), ic(‘\cdot’), if(“35”)\}, \{sqrt315(0,-1), 315 \cdot (1,0), \cdot 35(1,0)\}\}$.

$if(“315”) = (\{ic(‘3’), ic(‘1’), ic(‘5’)\}, \{31(1,0), 15(1,0)\})$.

$if(“35”) = (\{ic(‘3’), ic(‘5’)\}, \{35(1,0)\})$.

Здесь $if(“”)$ справа обозначает подграфы следующего уровня, а $ic(‘’)$ – неделимый математический знак.

Сравнение начинается с графа $\text{if}(“\sqrt{315 \cdot 35}”)$. Если у шаблонного графа и результата распознавания совпадают все вершины, обозначенные $ic(‘’)$ и все ребра, то рекурсивно проверка продолжается на вершинах, обозначенных $if(“”)$. Таким образом, сравнение идет до тех пор, пока не достигнуты $ic(‘’)$ на всех вершинах графа.

Для проверки хода решения задачи требуется распознавать математические выражения с корнями. На первом шаге выполняется разделение всего решения на отдельные компоненты, а именно выражения, которые отделены от других частей знаком равно (=) и не содержат внутри себя этих знаков. Таким образом, процесс распознавания упрощается в связи с уменьшением размера исходной формулы. Так как системе известно решение задачи, то в ней хранятся следующие формулы: $\sqrt{21 \cdot 15 \cdot 35}$, $\sqrt{315 \cdot 35}$ и $\sqrt{11025}$ представленные графами изображения формулы. Результатом распознавания отдельных частей так же будут являться графы изображения формулы. Очевидно, что все графы изображения должны являться графами извлечения корня, где подкоренным выражением является строчная формула. Если среди возможных вариантов распознавания есть такой и он имеет максимальный вес, то считается, что ход решения правильный. Если нет подходящего по структуре графа, то ход решения неверный, либо использован другой метод решения. Если есть подходящий по структуре граф, но он имеет не максимальный вес, то о правильности решения можно судить, посмотрев на итоговый ответ.

Чтобы говорить о правильности всего решения, а не только отдельных частей, необходимо исходить из сложности решения задачи. В данном случае задача довольно проста и может решаться в один шаг. Поэтому все решение считается правильным, если верна хоть какая-то часть.

Проверка второго решения, а именно $\sqrt{21}\sqrt{15}\sqrt{35} = \sqrt{3 \cdot 7}\sqrt{3 \cdot 5}\sqrt{5 \cdot 7} = \sqrt{3 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7} = \sqrt{3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 7} = \sqrt{3 \cdot 3}\sqrt{5 \cdot 5}\sqrt{7 \cdot 7} = 3 \cdot 5 \cdot 7 = 105,$

аналогична с предыдущей. Но в данном случае в зависимости от постановки задачи могут быть различные способы разложения на множители. Тогда необходимо хранить в системе все возможные способы разложения либо при распознавании выражений типа $3 \cdot 3$ и $3 \cdot 7$ вычислять результат умножения для сопоставления с правильным промежуточным состоянием решения. В остальной части проверка таких решений не отличается от проверки первого способа решения.

Рассмотрим интегральную задачи и проверим правильность решения:

$\int_0^1 x^2\,dx = \frac{x^3}{3}|_0^1 = \frac{1^3}{3} - \frac{0^3}{3} = \frac{1}{3}$. Как и в предыдущем случае, в данном примере известны исходная постановка задачи и правильный ответ. Последовательность проверки аналогична с предыдущим примером, но имеет свои особенности. Ответ не всегда может быть в единственном правильном виде. В данном случае ответ записан в виде формулы с дробной чертой, но в некоторых случаях ответ может быть задан в виде десятичной дроби. В обоих случаях результат может быть правильным. Для проверки правильности такого ответа достаточно рассмотреть все возможные варианты, так как их ограниченное число.

Постановка задачи состоит из графа изображения формулы, в котором верхний и нижний индексы представлены целыми числами, подынтегральное выражение степенной формулой, а дифференциал латинской буквой. Но данная структура уже не участвует в самом решении, так как интеграл берется сразу на первом шаге. Решение же представляется в виде графа изображения формулы линейной формулы, в котором левая часть является дробью, а правая степенной формулой. Очевидно, что любая другая структура будет считаться ошибкой, так как школьникам должен быть известен только такой способ решения. Аналогично с предыдущим примером, в этом случае при получении соответствия между распознанным графом и графом шаблоном, решение считается правильным тогда, когда оно имеет максимальный вес. В противном случае, если вес не максимальный, решение считается правильным только при правильном итоговом ответе.

Рассмотрим показательное уравнение и проверим правильность решения:

$9^x = 3$

$3^{2x} = 3^1$

$2x = 1$

$x = \frac{1}{2}$

Ответ может быть представлен в виде целого числа, обыкновенной дроби либо десятичной дроби. Все остальные варианты считаются ошибкой.

Особенностью данного решения является то, что оно записывается в несколько строк. Каждая строка имеет вид A=B, где A – левая часть уравнения, а B – правая часть уравнения. Таким образом, зная структуру каждой строки, можно отдельно распознавать части A и B. При этом и левая и правая части представлена графом изображения степенной формулы либо строчной формулы. Если в списке возможных вариантов распознавания найдено точное совпадение с правильным решением, хранящимся в базе, и вес этого элемента максимальный, то считается, что ученик задачу решил правильно. Если совпадений нет, то задача решена неправильно. Если совпадение есть, но вес не максимальный, то о правильности решения можно судить только по правильному окончательному ответу. Учитывая то, что решение записывается в несколько строк, то проверка соответствия рас-

познаваемой формулы и шаблона производится построчно по следующей схеме: если найдено соответствие между текущей строкой шаблона и текущей строкой решения, то проверка переходит к следующей строке; если не найдено соответствия между текущей строкой шаблона и текущей строкой решения, то номер шаблона увеличивается на единицу и продолжается проверка текущей строки решения; если последняя строка решения совпала с последней строкой шаблона, то все решение правильное. В том случае, когда соответствие между решением и шаблоном найдено только по некоторым строкам, то решение частично правильное. Используя такую схему, можно проверять на правильность решения, в которых упущены некоторые строки, так как это не запрещено. Шаблон же представлен максимально подробным решением этой задачи.

Второй способ решения, а именно:

$9^x = 3$

$9^x = 9^{\frac{1}{2}}$

$x = \frac{1}{2}$

отличается от первого только тем, что правая часть может содержать дроби. Схема проверки ответа и решения не отличается от проверки первого решения.

Рассмотрим решение дробного уравнения:

$\frac{x-1}{x} + \frac{x}{x+2} = 1$

$\frac{(x-1)(x+2)+x^2}{x(x+2)} = 1$

$\frac{x^2-x+2x-2+x^2}{x(x+2)} = 1$

$\frac{2x^2+x-2}{x^2+2x} = 1$

$2x^2 + x - 2 = x^2 + 2x, x^2 + 2x \neq 0$

$2x^2 + x - 2 = 0$

$D = 1 - 4 \cdot (-2) = 1 + 8 = 9$

$x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{9}}{2}$

$x_1 = 2; x_2 = -1$

Данная задача является наиболее сложной из всех рассматриваемых. В этом случае ответ может иметь различную структуру: $2, -1$; $-1,2$; $x_1 = 2, x_2 = -1$; $x_{1,2} = 2, -1$ и т.д. И все они являются правильными. Основное, на что уделяется внимание, это значения числовых составляющих ответа. Весь остальной текст не имеет значения. Поэтому, из ответа по возможности исключаются все посторонние элементы. Для этого можно ориентироваться знаком «=», т.е. исключить все, что находится слева от этого знака.

Проверка решения отличается от предыдущего примера тем, что в данном случае может быть больше способов решения и больше способов написания отдельных компонент формулы. В этом случае можно рассмотреть наиболее вероятные варианты решения, либо наиболее простые из них. Во всех остальных случаях давать подсказку, что имеется более простой способ решения, если ответ найден правильно. Второй способ решения проблемы заключается в анализе написанных формул, а именно в проверке равенства левой и правой частей уравнения, зная про то, что находилось на предыдущей строчке. Но такой способ является довольно сложным и может быть рассмотрен как отдельная задача.

Особенности

Учитывая то, что ученики будут писать решение и ответ на сенсорном экране, то нам будет известна последовательность записи, т.е. есть векторное представление для растрового изображения. Зная эту последовательность записи, на порядок упрощается задача

распознавания. Таким образом, мы можем использовать только векторный формат для распознавания формул, и качество будет достигнуто выше, чем при распознавании растрового изображения. Для этой цели могут быть использованы уже реализованные технологии распознавания. Обучающие примеры же будут храниться в растровом формате. В некоторых случаях может быть полезно использование сразу двух способов распознавания, если один из них не дает требуемого результата.

В результате применения такой технологии распознавания решается проблема разделения всего изображения на отдельные компоненты, когда отдельные строки находятся близко друг к другу или отдельные символы наезжают на соседние. Это очень важно, так как кроме получения обучающего множества мы должны оперативно говорить о правильности или неправильности представленного решения, иначе у пользователей не будет интереса к разрабатываемому приложению.

Так как на данном этапе не делаются ограничения на форму записи решения и ответа, то пока не предъявляется особые требования к самому веб-приложению. Оно будет представлено в виде обычной веб-страницы с полями для ввода решения и ответа, на которых не будет наложено ограничений. Если по какой то причине не удается автоматически проанализировать записи в решении, то такие данные можно не использовать в обучении. В дальнейшем, после получения некоторого набора обучающих примеров, могут быть наложены некоторые ограничения в зависимости от итогового результата.

Заключение

Применяя предложенный метод обучения системы распознаванию различных почерков можно в значительной степени увеличить общую точность распознавания рукописных формул. Метод получения обучающих множеств посредством специального веб-приложения для подготовки к сдаче ЕГЭ является довольно эффективным. Учитывая то, что каждому старшекласснику может быть интересно приложение, вырисовывается общая картина о потенциальных помощниках системы распознавания, которые, даже не подозревая об этом, обучают систему распознавать различные почерки.

Отметим, что сложность задач, решение которых можно проверять предложенным методом, сильно ограничена. Но в настоящее время сложилась такая ситуация в обучении математике в школе, что даже они вызывают сложности у большинства учеников. Из этого следует, что, не увеличивая сложность рассматриваемых задач, можно быть уверенными, что в ближайшие годы веб-приложение может быть актуальным. В дальнейшем планируется рассматривать другие типы задач и, возможно, основной упор делать не на точность распознавания формул, а на эффективность подготовки к сдаче ЕГЭ по математике путем привлечения большего числа пользователей и увеличения сложности задач.

Список литературы

1. Гольдберг И. Психология почерка. – Екатеринбург: У-Фактория, М: АСТ Москва, 2008. – 254 с.

2. Сапаров А.Ю., Бельтюков А.П. Математическое моделирование изображений формул с целью их распознавания // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2013. – Вып. 1. – С. 153–167.

3. Сапаров А.Ю., Бельтюков А.П. Применение регулярных выражений в распознавании математических текстов // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2012. – Вып. 2. – С. 63–73.

4. Сапаров А.Ю., Широбокова И.Ю. Разработка пользовательского интерфейса для управления процессом распознавания рукописных математических формул // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2016. – № 1. – С. 141-152.

УДК 681.5.015.54: 519.711.3

ВЛИЯНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕСТИРУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ НА РЕЗУЛЬТАТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИССЛЕДУЕМОЙ СИСТЕМЫ

Волкова Ольга Рудольфовна,

к.т.н, доцент ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрено влияние некоторых статистических свойств моделей тестирующего процесса при применении метода, предложенного Н. Винером, на результат идентификации многомерных технических систем.

Ключевые слова: идентификация; моделирование; функциональные ряды Винера; тестирующий процесс.

THE INFLUENCE OF STATISTICAL CHARACTERISTICS TESTED PROCESSES ON RESULTS OF IDENTIFICATION OF THE STUDIED SYSTEM

Volkova O.R.,

PhD in Engineering, Associate Professor of information systems, MSTU «STANKIN», Moscow

ABSTRACT

In this article considers the influence of some of the statistical characteristics of the model the testing process on the result of identification of multidimensional technical systems, the application of the method proposed by N. Wiener.

Keywords: identification; modeling; functional series Wiener; the testing process.

Постоянное использование в повседневной жизни сложных промышленных динамических систем привело к повышению требований к их надежности, а, следовательно, увеличилась значимость своевременной диагностики таких объектов, функционирующих в различных режимах их эксплуатации. При разработке и реализации процессов диагностирования одной из важнейших является проблема описания исследуемой системы соответствующей математической моделью, для успешного решения которой требуются априорные сведения и выбора удобного средства реализации этой математической модели на практике**.** В связи с этим особую актуальность для установления причинно-следственных зависимостей между входной и выходной информацией приобретает развитие методов идентификации, базирующихся на оценивании структуры и параметров математической модели исследуемых технических объектов по экспериментальным данным.

Одним из инструментов, реализующим это направление, является подход, который основывается на разложениях выходного процесса исследуемой технической системы в функциональные ряды ([1], [2],) и позволяет естественным образом интерпретировать результаты его применения в удобных для пользователя терминах. Идея подхода заключается в аппроксимации выхода исследуемой системы $y(t)$ ортогональным рядом Винера:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{\infty} G_i[h_i, x(t)], \qquad (1)$$

где $G_i[h_i, x(t)]$ – ортогональный функционал Винера порядка i,

$h_i(t, \tau_1, \ldots, \tau_i)$ – ядро функционала Винера порядка j.

Применение данного подхода сохраняет неизменной структуру модели исследуемой системы, а эквивалентность в определенном смысле модели и исследуемой системы устанавливается сравнением их ответных реакций на одинаковые воздействия.

Не смотря, что данный подход имеет возможность широкого применения при идентификации реальных систем различной природы и назначения, он до сих пор не нашел широкого практического применения. Связано, это с тем, что исследование технических систем по результатам наблюдений, протекающих в них процессов возможно только при обеспечении определенных условий проведения экспериментов. Как известно, при использовании метода построения математических моделей, основанного на разложении реакции системы в функциональный ряд Винера возникает необходимость применения моделей сигналов типа «белый» шум [3]. Тогда процедура идентификации ядер функционалов $h_i(t,\tau_1,\ldots,\tau_i)$ заключается в применении метода взаимных корреляций [3], [4]:

$$y_k(t) = y(t) - \sum_{i=0}^{k-1} G_i[h_i, x(t)] \qquad (2)$$

$$h_i(t,\tau_1,\ldots,\tau_i) = \frac{1}{i!A^i} M[y_i(t)x(\tau_1)\ldots x(\tau_i)]$$

где $y(t)$ – реакция системы на входной сигнал $x(t)$

$x(t)$ – входной сигнал типа «белый» шум

$G_j[h_j, x(t)]$ – ортогональный функционал Винера порядка i,

$h_j(t,\tau_1,\ldots,\tau_j)$ – искомое ядро функционала Винера порядка j.

A – интенсивность входного сигнала $x(t)$.

В тоже время при исследовании многомерных технических систем предполагается, что реализации случайных процессов, используемых при идентификации динамических характеристик методом взаимной корреляции, являются статистически независимыми и должны быть выполнены условия для автокорреляционной функции в следующем виде (предполагается, что нулевое среднее и единичная дисперсия получены предварительным преобразованием последовательности по известным правилам [3]):

$$R_{xx}(\tau) = \delta(\tau);$$

$$R_{x^3}(\tau_1,\tau_2) = 0;$$

$$R_{x^4}(\tau_1,\tau_2,\tau_3) = \delta(\tau_1-\tau_2)\delta(\tau_1-\tau_3) + \delta(\tau_2-\tau_1)\delta(\tau_2-\tau_3) + \delta(\tau_3-\tau_1)\delta(\tau_3-\tau_2),$$

и т.д.

Выполнение приведенных условий обеспечивает корректное определение ядер функционалов Винера до 2-го порядка включительно.

Однако уже при идентификации линейных систем выясняется, что в результатах идентификации появляются существенные искажения. В основном, это обусловлено следующими причинами: несоответствием автокорреляционных функций (АКФ) каждого из процессов условиям применения метода (АКФ отличается от АКФ случайного процесса типа «белый» шум), наличием взаимной корреляции между самими процессами (это обусловлено, прежде всего, особенностями формирования тестирующих воздействий для процедуры идентификации и ограниченными размерами выборок), приближенностью ортогональности функционалов G^* при их построении и ограниченностью спектральной полосы входною сигнала (из теории известно, что функционалы G^* являются полностью ортогональными только в том случае, когда входной сигнал имеет бесконечную спектральную полосу, т.е. является идеальным белым шумом, на практике, спектральная полоса входного сигнала всегда ограничена. При этом приближение становится более точным,

если спектральная полоса сигнала расширяется по сравнению с полосой пропускания системы).

Проведем вычислительный эксперимент, в котором покажем влияние статистических характеристик моделей входных воздействий на результаты идентификации динамических характеристик в виде ядер Винера. При этом ограничимся рассмотрением и реализаций искомых динамических характеристик исследуемой системы в виде ядер Винера 1-го порядка исключительно только с точки зрения относительно удобной графической формы представления результатов, т.к. визуализация поверхностей, соответствующих ядрам более высоких порядков затруднена и графическом, и цифровом в смысле. Для этого рассмотрим систему с двумя входами и одним выходом, и покажем, как влияет на результаты идентификации динамических характеристик несоответствие тестирующих процессов требованиям процедуры идентификации методом взаимных корреляций (рис.1).

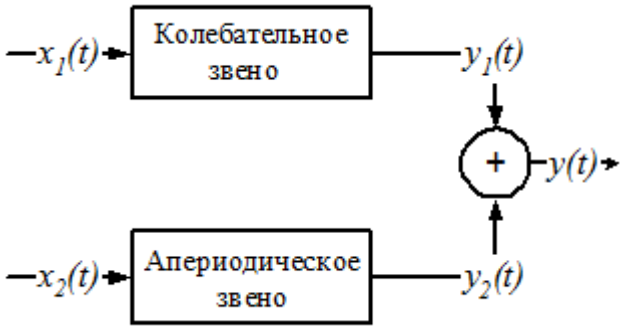


Рисунок 1 – Структурная схема исследуемой системы

Организация эксперимента предполагает формирование двух независимых входных сигналов, реализованных в виде псевдослучайных последовательностей с размером выборки *4096* чисел каждая, ядра Винера 1-го порядка оценивались в *256* точках на временном интервале *0,128с* с интервалом дискретности по времени $\Delta t=0{,}0005\,c$.

В ходе вычислительного эксперимента фиксировался выходной процесс $y(t)$ исследуемой системы, а методом взаимной корреляции определялись динамические характеристики звеньев.

Изначально последовательности входных сигналов были сформированы стандартными генераторами, обладающие нормальным законом распределения.

На рис.2 представлены оценки автокорреляционных функций двух процессов, на рис.3. – оценки взаимно-корреляционных функций процессов по двум входам исследуемой системы, сгенерированных стандартными генераторами.

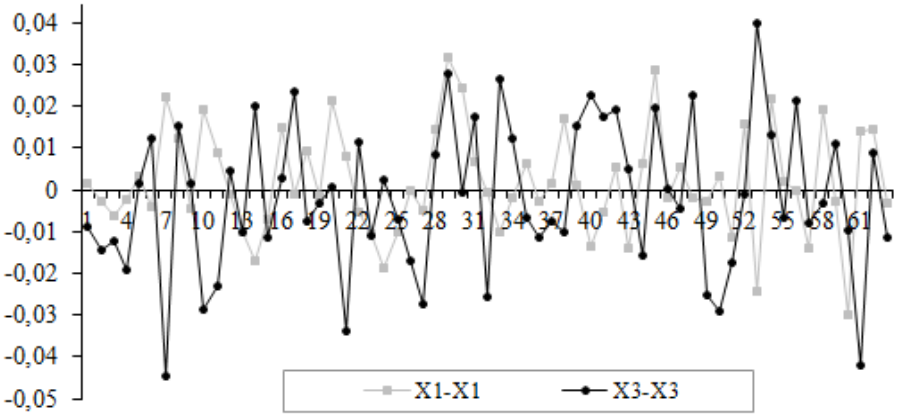


Рисунок 2 – Автокорреляционные функции процессов по входам 1-2

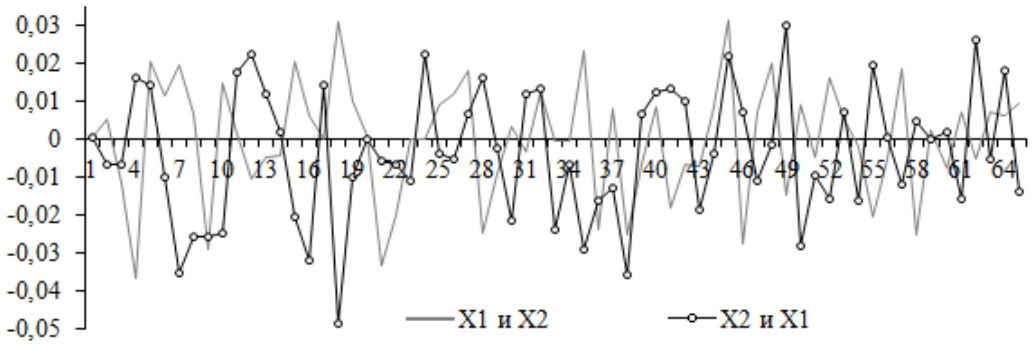


Рисунок 3 – Взаимные корреляционные функции процессов по входам 1-2

На рис.4-5 приведены графики ядер Винера звеньев, входящих в исследуемую систему, соответственно – теоретический расчет, расчет ядра взаимно-корреляционным методом.

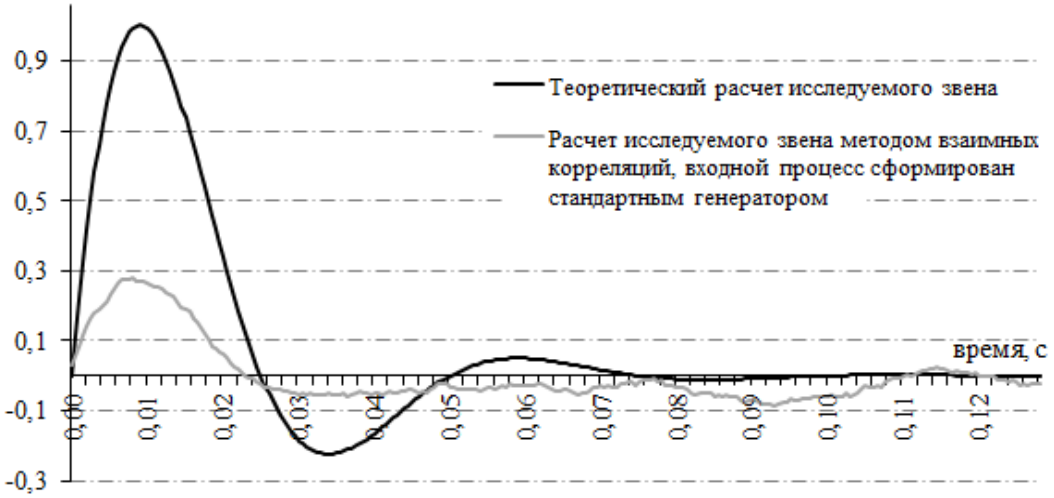


Рисунок 4 – Ядро Винера 1-го порядка колебательного звена после приведения входного сигнала к требованиям «белого» шума

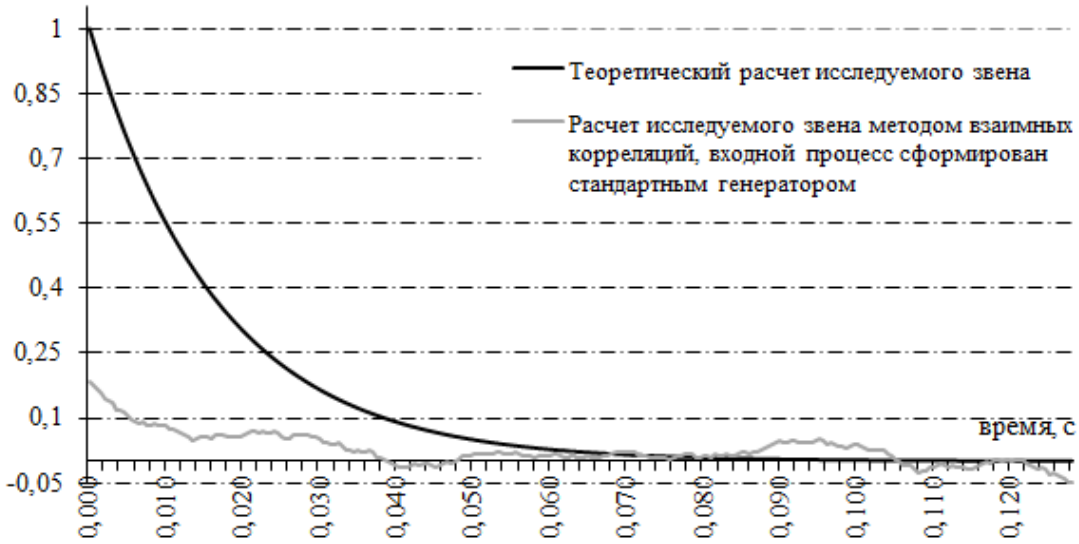


Рисунок 5 – Ядро Винера 1-го порядка апериодического звена после приведения входного сигнала к требованиям «белого» шума

После этого сформированные последовательности входных сигналов подверглись коррекции методом обратных систем [5-7] с целью устранения «дефектов» автокорреляционных функций, взаимных корреляционных функций и ортогональности. Затем вычислительный эксперимент повторялся заново. В результате проведения коррекции погрешность задания автокорреляционной функции и взаимных корреляционных функций не превысила величины $\Delta = 10^{-7}$.

На рис.6-7 приведены графики ядер Винера звеньев исследуемой системы соответственно – теоретический расчет и расчет после коррекции последовательностей входных сигналов.

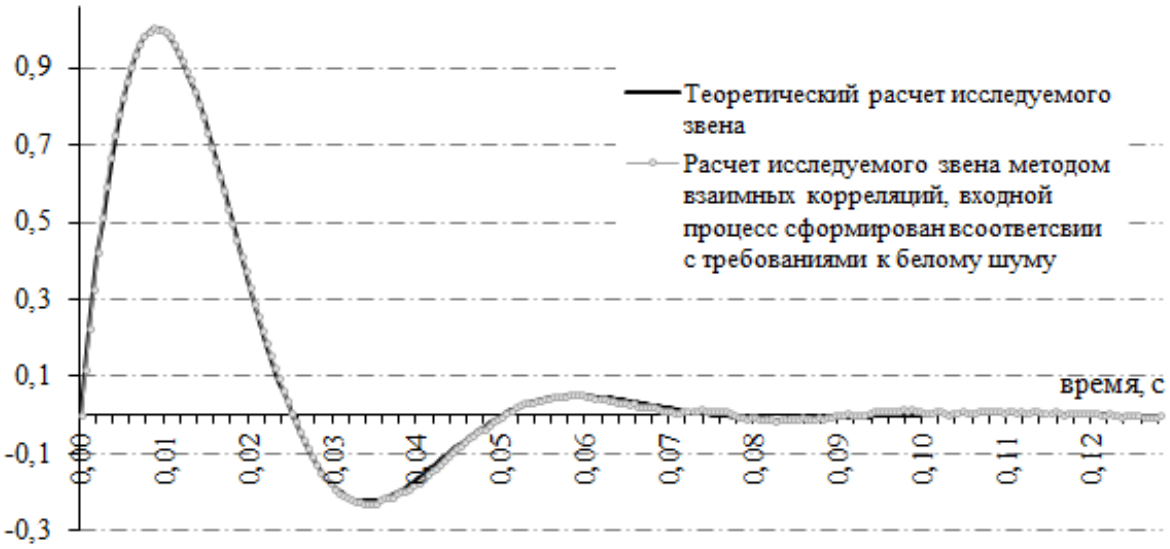


Рисунок 6 – Ядро Винера 1-го порядка колебательного звена после приведения входного сигнала к требованиям «белого» шума

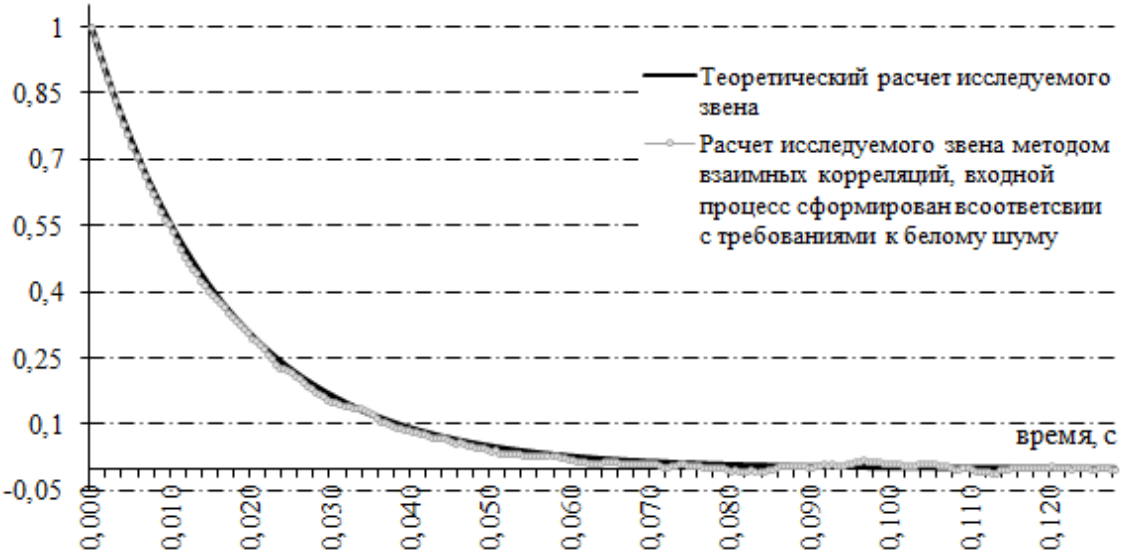


Рисунок 7 – Ядро Винера 1-го порядка апериодического звена после приведения входного сигнала к требованиям «белого» шума

В таблице 1 приведены погрешности определения динамических характеристик по каждому из входов до и после коррекции последовательностей входных процессов:

погрешность метода ($E_i = \frac{M\left[\varepsilon_i^2(t)\right]}{Dy} 100\%$), и относительная погрешность определения ядер Винера 1-го порядка для каждого из звеньев δ_i .

Таблица 1

Погрешности определения динамических характеристик

	1-й вход		**2-й вход**	
	E_1	δ_1	E_2	δ_2
До коррекции	43,2%	57,3%	42,3%	49,8%
После коррекции	1,1%	2,7%	0,9%	1,9%

Список литературы

1. Винер Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов. – М. Изд-во иностранной литературы. – 1961 – 159с.

2. Ли Ю.В., Шетцен М. Определение ядер Винера-Хопфа для нелинейных систем методом взаимной корреляции. В сб. Техническая кибернетика за рубежом. М.: Машиностроение. – 1968. – 278 с.

3. Мармарелис П., Мармарелис В. Анализ физиологических систем. Метод белого шума. – М.: Мир. – 1982. – 480 с.

4. Волков Н.В. Функциональные ряды в задачах динамики автоматизированных систем. – М.: Янус-К. – 2001. – 100 с.

5. Соломенцев Ю.М., Волков Н.В., Волкова О.Р. Конструирование моделей СП с заданными свойствами методом Винера для идентификации динамических систем. – ИТ и ВС РАН – 2005. – №3. – С. 36-46.

6. Волков Н.В., Волкова О.Р. Конструирование моделей случайных процессов с заданными свойствами методом Винера для идентификации технических систем // Измерительная техника. – 2006. – №8. – С. 43-46.

7. Волкова О.Р. «Идентификация, оперативная диагностика и моделирование технических систем по экспериментальным данным», Фунд. физико-математические проблемы и моделирование технико-технологических систем: Ежегодный сб. науч. тр., вып.14, Труды второй международной конференции: «Моделирование нелинейных процессов и систем» // Под редакцией Л.А. Уваровой. – М.: Янус – К. –2011. – С. 109-112.

УДК 004.942

ОБЗОР И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СОСУДОВ СЕРДЦА

Сиваков Станислав Иванович,
старший преподаватель НИУ «БелГУ», г. Белгород

АННОТАЦИЯ

Дан обзор и анализ состояния современных исследований атеросклеротических процессов сосудов сердца. Проанализорован один из основных методов лечения атеросклероза – стентирование. Основной проблемой данного вида лечения является возникновение рестеноза. Рассмотрены основные способы диагностики рестеноза сосудов сердца при различных локализациях установки стента, а также влияние материалов стента на точность диагностики. Определена перспектива разработки математических моделей прогнозирования рестеноза сосудов сердца.

Ключевые слова: атеросклероз; стентирование; математическое моделирование, рестеноз, прогнозирование; системный анализ.

REVIEW AND ANALYSIS OF THE CONDITION OF RESEARCHES OF ATHEROSCLEROTIC PROCESSES OF HEART VESSELS

Sivakov S.I.,
Senior Lecturer of Belgorod State University, Belgorod

ABSTRACT

The review and the analysis of a condition of the modern researches of atherosclerotic processes of vessels of heart is given. The analysis of one of the main methods of treatment of an atherosclerosis – stenting. The main problem of this type of treatment is emergence of a restenosis. The main ways of diagnostics of a restenosis of heart vessels at various localizations of installation of a stent are considered, and also influence of materials of a stent on accuracy of diagnostics. The prospect of development of mathematical models of prediction of a restenoz of vessels of heart is defined.

Keywords: atherosclerosis; stenting; mathematical model operation, restenosis, prediction; systems analysis.

На сегодняшний день Россия занимает одно из первых мест по количеству сердечно-сосудистых заболеваний в сравнении со странами Европы и Америки [1]. По данным Федеральной службы государственной статистики, приведенной в таблице 1, в период 2010-2014 годов 14% болезней населения приходится на болезни системы кровообращения. Также можно отметить, что примерно 23% населения имеют болезни системы кровообращения [2, с. 29].

Таблица 1

Заболеваемость населения по основным классам, группам и отдельным болезням, 2015

	Зарегистрировано заболеваний у пациентов – всего		
	2010	**2013**	**2014**
Все болезни	226159,6	231134,9	235008,1
из них:			
болезни системы кровообращения	32435,8	32849,6	34002,8

Согласно информации Федеральной службы государственной статистики, приведенной в таблице 2, более половины (54%) умерших в период 2010-2014 годов приходятся на болезни системы кровообращения [2, с. 21].

Таблица 2

Умершие по основным классам причин смерти по информации Федеральной службы государственной статистики, 2015

	2005	2010	2011	2012	2013	2014
	Тысяч человек					
Умершие от всех причин	2303,9	2028,5	1925,7	1906,3	1871,8	1878,0
в том числе:						
от болезней системы кровообращения	1299,5	1151,9	1076,5	1055,6	1001,8	940,5

В последнее время правительство России уделяет повышенное внимание этой проблеме с выделением соответствующего финансирования, что свидетельствует о значимости и актуальности исследований в данной области (расходы бюджетной системы российской федерации на здравоохранение с 2011 года по 2014 год увечилось в 1,31 раза) [2, с.159]. Так согласно государственной статистике предпринятые меры позволили сократить количество умерших от болезней системы кровообращения в период 2010-2014 годов с 1299,5 тыс. человек до 940,5 тыс. человек [2, с.21].

Атеросклероз является одной из главных причин смертности при болезнях системы кровообращения. Одним из перспективных методов лечения данной причины является стентирование суженных атеросклерозом сосудов сердца. Однако примерно в 20% случаев возникает повторное сужение в установленном стенте – рестеноз. В современных исследованиях большое внимание направленно на разработку и сравнение новых способов диагностики рестеноза сосудов сердца при различных локализациях установки стента, а также влияния материалов стента на точность диагностики [3, с.411; 4, с.2128]. Большая часть исследований направлена на разработку материалов и покрытий стентов с целью уменьшения вероятности развития рестеноза [5; 6, с.1478].

На сегодняшний день имеется ряд исследований, связанных с разработкой математических моделей прогнозирования рестеноза сосудов сердца [7-9]. Для них можно выделить следующие недостатки:

1. Не позволяет количественно оценивать вероятность развития рестеноза (патент RU #2395091, опубликовано: 20.07.2010, патент RU #2349919 опубликовано: 20.03.2009).
2. Ограниченность применения по половому признаку (патент RU #2410019, опубликовано: 27.01.2011).
3. Недостаточно высокая достоверность прогноза за счет того, что отсутствует связь между величиной сужения и значением прогностического коэффициента вероятности развития рестеноза в стенте (патент RU #2308884, опубликовано: 10.07.2012).

Таким образом, можно сделать вывод, что одним из основных факторов предупреждения развития различных заболеваний человека, в том числе сердечнососудистых, и дальнейшего эффективного лечения является применение последних научных достижений не только в области медицины, но и в области системного анализа и математического моделирования. Широкое распространение получила идея внедрения электронного здравоохранения и телемедицины в врачебную практику [10, с.1206]. Построение адекватных прогностических математических моделей возникновения заболеваний и протекания бо-

лезни как основы технологий телемедицины позволит перейти к формальному описанию процедуры становления диагноза и способа, приводящего к наилучшим результатам для выздоровления.

В качестве перспективы дальнейшие исследования автора будут направлены на создание способа прогнозирования вероятности развития рестеноза для расширенного спектра возможных клинических ситуаций после стентирования коронарных артерий для различных категорий пациентов с целью уменьшения погрешности прогнозирования возникновения заболевания.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00339 мол_а.

Список литературы

1. Атеросклероз статистика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://healcardio.ru/2016/10/06/ateroskleroz-statistika/(дата обращения 07.11.2016).
2. Здравоохранение в России. 2015 // Стат.сб. Росстат. – М., 2015. – 3-46. – 174 с.
3. Andreini D, Pontone G, Mushtaq S, et al. Coronary in-stent restenosis: assessment with CT coronary angiography // Radiology. – 2012. – № 265(2). – P. 410-417.
4. Park H.E., Koo B.-K., Park K.-W., (...), Kang H.-J., Kim H.-S.,Diagnostic value of myocardial SPECT to detect in-stent restenosis after drug-eluting stent implantation // International Journal of Cardiovascular Imaging. – 2012. – № 28 (8). – P. 2125-2134.
5. Pan Y., Wang F., Qiu Q., Ding R., Zhao B., Zhou H. Influence of the angiotensin converting enzyme insertion or deletion genetic variant and coronary restenosis risk: Evidence based on 11,193 subjects // PLoS ONE. – 2013. – №8 (12). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.plosone.org/article/info%3Adoi% 2F10.1371%2Fjournal.pone.0083415 (дата обращения 20.06.2014).
6. Shanshan C., Lili T., Yingxue T., Bingchun Z., Ke Y. Study of drug-eluting coating on metal coronary stent // Materials Science and Engineering C. – 2013. – № 33 (3). – P. 1476-1480.
7. Каминный А.И., Мешков А.Н., Шувалова Ю.А. Способ прогнозирования развития рестеноза после стентирования коронарных артерий стентами без лекарственного покрытия. Патент России # 2395091. 2010. Бюл. № 20.
8. Тепляков А.Т., Рыбальченко Е.В., Дьякова М.Л., Левшин А.В., Бородин А.С. Способ диагностики рестеноза коронарных артерий после эндоваскулярной реваскуляризации миокарда. Патент России # 2308884. 2007. Бюл. № 30.
9. Кузнецова Н.В., Габинский Я.Л., Оранский И.Е., Яковлева С.В., Гофман Е.А. Способ прогнозирования развития рестеноза в стента у мужчин трудоспособного возраста с первичным неосложненным инфарктом миокарда/ Патент России # 2410019. 2011. Бюл. № 3.
10. Efremova O.A., Nikitin V.M., Lipunova E.A., Anohin D.A., Kamyshnikova L.A. Estimate or the effectiveness of intelligent information system of early diagnosis and prognosis of cardiovascular disease // World Applied Sciences Journal. – 2013. – № 26 (9). –P. 1204-1208.

УДК 621.376.57

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМИЗАЦИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЛЬТА-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Пирская Любовь Владимировна,

к.т.н., ассистент ИКТИБ ЮФУ, г. Таганрог

АННОТАЦИЯ

В работе сформулирована поставка задачи определения местоположения беспилотного летательного аппарата на основе четырех маяков. Рассмотрена алгоритмизация решения поставленной задачи с использованием дельта-преобразований.

Ключевые слова: определение местоположение БПЛА; решение СЛАУ; дельта-преобразование второго порядка; бортовое специализированное вычислительное устройство.

FEATURES OF ALGORITHMIZATION SOLUTION OF POSITIONING UNMANNED AERIAL VEHICLES WITH DELTA-TRANSFORMATIONS

Pirskaya L.V.,

PhD in Engineering, Assistant of ICTIS SFEDU, Moscow

ABSTRACT

In this paper it is formulated problem statement of determining the location of an unmanned aircraft based on four beacons. It is considered algorithmization of solving this problem with the use of delta-transformations.

Keywords: Aircraft position finding; linear system solution; second order delta-transformation; aircraft special-purpose calculating unit.

В настоящее время решение бортовой задачи определения местоположения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в режиме реального времени является одной из активно исследуемых задач в системах управления и навигации БПЛА. В постановке задачи рассматриваются:

– координаты четырех маяков в декартовой системе координат: (X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2), (X_3, Y_3, Z_3) (X_4, Y_4, Z_4); данные координаты формируются при установке маяков путем выполнения измерений на местности;

– расстояния от каждого маяка до БПЛА: D_1, D_2, D_3, D_4; данные координаты формируются в полете с использованием специальной бортовой аппаратуры.

Необходимо определить координаты $X_р, Y_р, Z_р$ БПЛА.

В соответствии с [1] формируется система уравнений в стандартном для дальномерных навигационных систем виде:

$$\begin{cases} (X_р - X_1)^2 + (Y_р - Y_1)^2 + (Z_р - Z_1)^2 = D_1^2 \\ (X_р - X_2)^2 + (Y_р - Y_2)^2 + (Z_р - Z_2)^2 = D_2^2 \\ (X_р - X_3)^2 + (Y_р - Y_3)^2 + (Z_р - Z_3)^2 = D_3^2 \\ (X_р - X_4)^2 + (Y_р - Y_4)^2 + (Z_р - Z_4)^2 = D_4^2 \end{cases}. \quad (1)$$

На основе известной методологии осуществляется преобразование системы (1) четырех исходных уравнений к системе линейных алгебраических уравнений третьего порядка:

$$\begin{cases} (X_2 - X_1)X_p + (Y_2 - Y_1)Y_p + (Z_2 - Z_1)Z_p = \frac{1}{2}(D_1^2 - D_2^2 + X_2^2 + Y_2^2 + Z_2^2 - X_1^2 - Y_1^2 - Z_1^2) \\ (X_3 - X_2)X_p + (Y_3 - Y_2)Y_p + (Z_3 - Z_2)Z_p = \frac{1}{2}(D_2^2 - D_3^2 + X_3^2 + Y_3^2 + Z_3^2 - X_2^2 - Y_2^2 - Z_2^2) \\ (X_4 - X_3)X_p + (Y_4 - Y_3)Y_p + (Z_4 - Z_3)Z_p = \frac{1}{2}(D_3^2 - D_4^2 + X_4^2 + Y_4^2 + Z_4^2 - X_3^2 - Y_3^2 - Z_3^2) \end{cases} \quad (2)$$

Далее для определения местоположения БПЛА необходимо решать полученную систему уравнений (2) относительно X_P, Y_P, Z_P.

В решении задачи определения местоположения БПЛА имеет место два этапа:

– наземная подготовка предложенного задания: при этом выполняются все математические преобразования, которые могут минимизировать алгоритм по вычислительной трудоемкости при решении задачи на борту БПЛА, а также определяются группы маяков по четыре, которые соответствуют условиям обеспечения сходимости;

– решение на борту подготовленной на земле задачи в обстановке реального времени.

На рисунке 1 представлена укрупненная структурная схема специализированного бортового вычислителя, отражающая особенности возможной реализации решения задачи определения местоположения БПЛА, где в виде заштрихованного блока представлена группа специализированных вычислителей для решения СЛАУ на основе дельта-преобразований второго порядка, D_n – расстояния от каждого n-ого маяка до БПЛА. В бортовой вычислитель при наземной подготовке загружаются разности координат маяков и значения известных сумм квадратов свободных членов системы (2). В полете в режиме реального времени на универсальный бортовой вычислитель (процессор на рис. 1) поступают значения дальностей D_1^2, D_2^2, D_3^2, D_4^2, и далее в представленном на рис. 1 заштрихованном блоке осуществляется решение СЛАУ на основе алгоритма дельта-преобразований второго порядка [2].

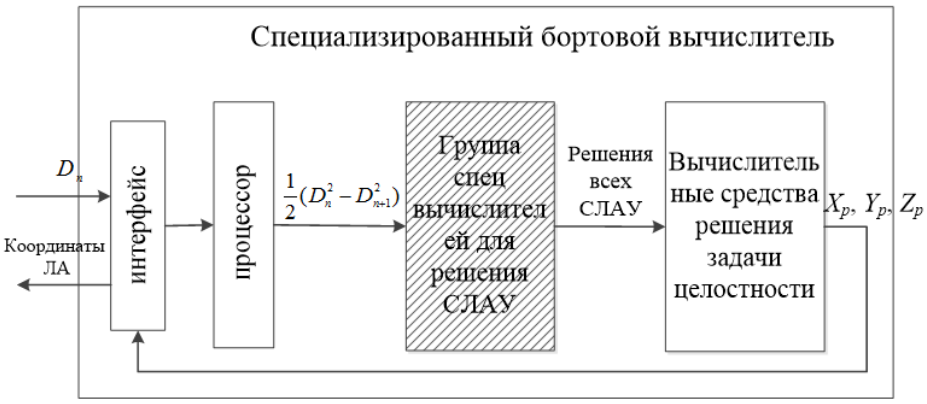


Рисунок 1 – Укрупненная структурная схема специализированного бортового вычислителя

Список литературы

1. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич Н.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. – М.: Радио и связь, 1993. – 408с.

2. Кравченко П.П., Пирская Л.В Метод организации итерационного решения систем линейных алгебраических уравнений с использованием дельта-преобразований второго порядка // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 6 (167). – С. 57-71.

УДК 621.373.876

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Дьячков Данила Иванович,
студент, Самарского национального исследовательского университета, г. Самара
Сазонникова Надежда Александровна,
к.т.н., доцент Самарского национального исследовательского университет, г. Самара

АННОТАЦИЯ

Проведены экспериментальные исследования по определению отражательных характеристик поверхностей изделий аэрокосмической техники. Исследован характер поведения коэффициента отражения при импульсно-периодическом воздействии с различной величиной интенсивности. При проведении исследования влияния параметров зондирующего лазерного излучения на вероятность обнаружения и распознавания использовался стенд лазерной локации. Получены зависимости контрастности изображения от угла падения излучения, длины волны и скважности импульсов. Проведена экспериментальная оценка влияния длины волны излучения на вероятность обнаружения объектов при лазерной локации.

Ключевые слова: лазерное зондирование поверхности; вероятность обнаружения; отражательные характеристики.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LASER INFORMATION-MEASUREMENT SYSTEMS FOR ESTIMATION OF THE AIRCRAFT SURFACE

Dyachkov D.I.,
Student of Samara university, Samara
Sazonnikova N.A.,
PhD in Engineering, Associate Professor of Samara university, Samara

ABSTRACT

Experimental studies on the reflection characteristics of surfaces aerospace products. The character of the behavior of the reflection coefficient of the pulse-periodic action with a different intensity. The study of influence of parameters of the probing laser light on the probability of detection and identification of used stand laser ranging. The dependence of image contrast on the angle of incidence, wavelength and pulse duty cycle. Experimental evaluation of the influence of the wavelength on the probability of detection of objects in the laser ranging.

Keywords: laser probing surface; probability of detection; reflection characteristics.

В настоящее время находят широкое применение оптические методы контроля качества изделий машиностроения и массового производства благодаря их бесконтактности, высокой информативности, быстродействию, возможности работы в реальном масштабе времени. Лазерные диагностические системы применяются в России и за рубежом для контроля качества изделий машиностроения, авиационной и космической техники, автомобилестроения, приборостроения, для выявления повреждений нефте- и газопроводов и скважин [1-7]. Лидерство в области лазерной дефектоскопии принадлежит ученым Европы и США. Зарубежные дефектоскопические системы обеспечивают разрешающую способность на уровне 10 мкм [1]. Отечественные лазерные дефектоскопические системы не обеспечивают требуемой вероятности обнаружения и распознавания дефектов поверх-

ностного слоя изделий авиационной и космической техники, также не имеют возможности адаптации к условиям проведения контроля.

С целью дальнейшего повышения эффективности лазерно-электронных систем дистанционного зондирования поверхностей требуется оценить влияние параметров зондирующего лазерного излучения на вероятность обнаружения и распознавания элементов поверхности и внешней компоновки летательных аппаратов и элементов конструкции газотурбинных двигателей.

В силу сложности аналитического расчета зависимости величины регистрируемого сигнала и вероятностей обнаружения и распознавания объектов при дистанционном зондировании с использованием лазерно-электронных систем актуальными являются методы численного и физического моделирования данных процессов [6].

При проведении исследования влияния параметров зондирующего лазерного излучения на вероятность обнаружения и распознавания использовался стенд лазерной локации (рис. 1)

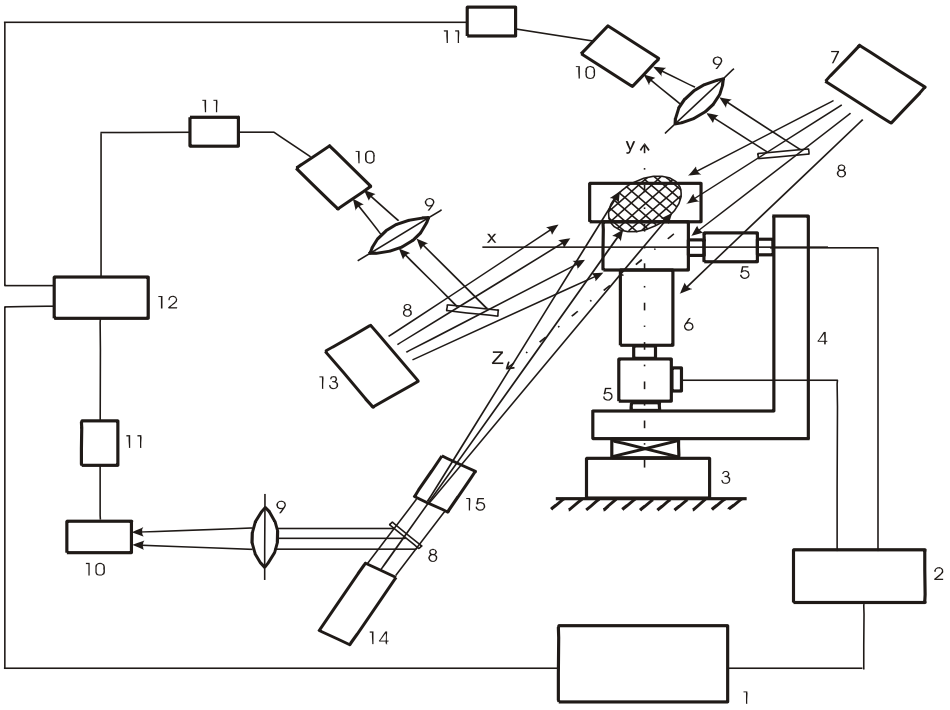


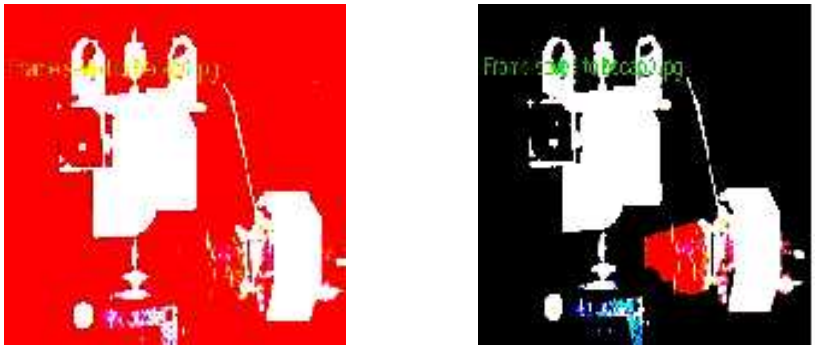
Рисунок 1 – Испытательный стенд лазерной локации

1 – иПЭВМ; 2 – блок управления приводов модели; 3 – узел крепления стенда; 4 – рама крепления приводов; 5 – привод с датчиками углового поворота; 6 – модель цели; 7 – первый имитатор источника света; 8 – полупрозрачное зеркало; 9 – линза; 10 – фотоприемник; 11 – фоторегистратор; 12 – блок обработки информации; 13 – второй имитатор источника света; 14 – лазер; 15 – формирователь зондирующего пучка; 16 – телекамера

Он включает в свой состав включает механическую систему углового сопровождения и устройства оптической визуализации и необходим для решения следующих задач: проведение анализа уровня освещённости участков элемента конструкции, исследование оптических свойств поверхностей и распределение освещённости в зондирующем пучке освещения, определение координат энергетического центра освещенности изделия при заданном уровне фона, определение вектора перемещения энергетического центра освещенности при изменении положения изделия в пространстве, определение оптических свойств материалов (коэффициент отражения и индикатриса отражения) при заданных температурах.

Для осуществления физического моделирования процесса дистанционного зондирования поверхностей ЛА необходимо соблюдать принцип дифракционного подобия полей, рассеянных реальным объектом и его масштабной моделью в дальней зоне [6]. Испытательный стенд обеспечивает идентичность углов облучения и приема по сравнению с реальной измерительной системой. Используемые модели цели должны подробно воспроизводить в масштабе копии объект локации и имитировать характеристики рассеяния его покрытий. Для создания зондирующего пучка освещения модели служат лазеры с рабочими длинами волн излучения в диапазоне $(0{,}56\text{-}1{,}06)\cdot 10^{-6}$ м.

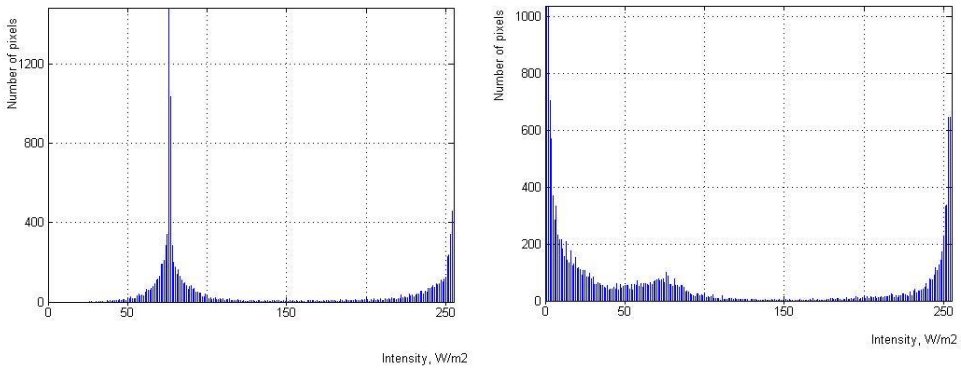
Зондирующий поток лазерного излучения располагался под углами φ=- 30°—-45°, β= 0-30° (φ – угол между вертикальной плоскостью и направление зондирующего потока лазерного излучения, β – угол между горизонтальной плоскостью и потоком лазерного излучения). Использовалось импульсное лазерное излучение со скважностью в диапазоне 2…4 и длиной волны излучения 0,56…1,06 мкм (Сква́жность – отношение периода следования (повторения) импульсов одной последовательности к их длительности). Примеры полученных изображений приведены на рис. 2.



1 *2*

Рисунок 2 – Изображения фотометрических моделей космических аппаратов

Для анализа полученных изображений был применен стандартный пакет программ MATLAB 7.5 (пакет Image Processing Toolbox). На рис. 3 приведены примеры полученных гистограмм.



а) б)

Рисунок 3 – примеры гистограмм обработки изображений: а – гистограмма для изображения 1, б – гистограмма для изображения 2

По результатам анализа гистограмм распределения интенсивности в изображениях рассчитывалась величина контрастности изображения по зависимости:

$$K = \frac{I_{\max} N_{\max} - I_{\min} N_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}, \quad (1)$$

где I_{max} – максимальное значение интенсивности в изображении, N_{max} –число пикселов с интенсивностью I_{max}, I_{min} – минимальное значение интенсивности в изображении, N_{min} – число пикселов с интенсивностью *Imin.* Построены зависимости контрастности изображения от угла падения излучения, длины волны излучения и скважности импульсов (рис.4, 5).

Полученные зависимости показывают, что с ростом угла падения излучения в диапазоне 30…45 при скважности, равной 6, контрастность возрастает в 1,5 раза, а при скважности, равной 2 – в 2 раза. С ростом длины волны с 0,56 мкм до 0,63 мкм сначала происходит снижение контрастности на 10…15%,, а затем ее рост на 15…20%.

Проведена экспериментальная оценка влияния длины волны излучения на вероятность обнаружения объектов при лазерной локации. Коэффициент правдоподобия лазерной локации P определяется как отношение площади видимого изображения, ограниченной распределением плотности мощности отраженного сигнала, к общей величине площади его изображения. Построена зависимость коэффициента правдоподобия P от безразмерного параметра $K_1 = B_1/\lambda$, где B_1 – диаметр зондирующего потока лазерного излучения.

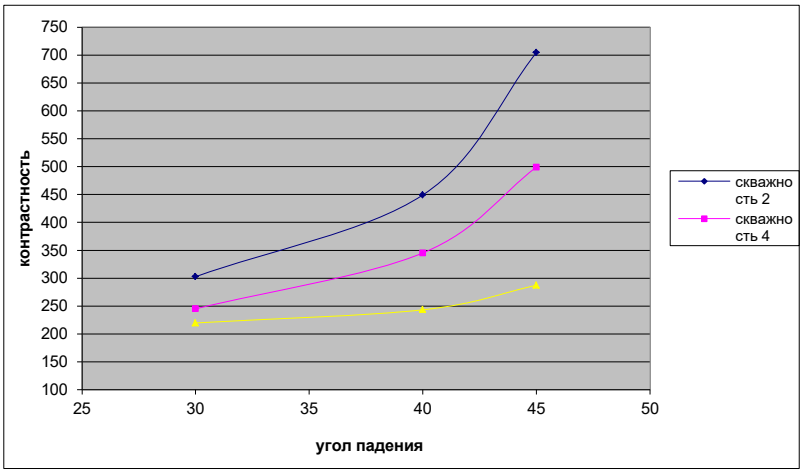


Рисунок 4 – Зависимости контрастности изображений от угла падения излучения и скважности импульсов

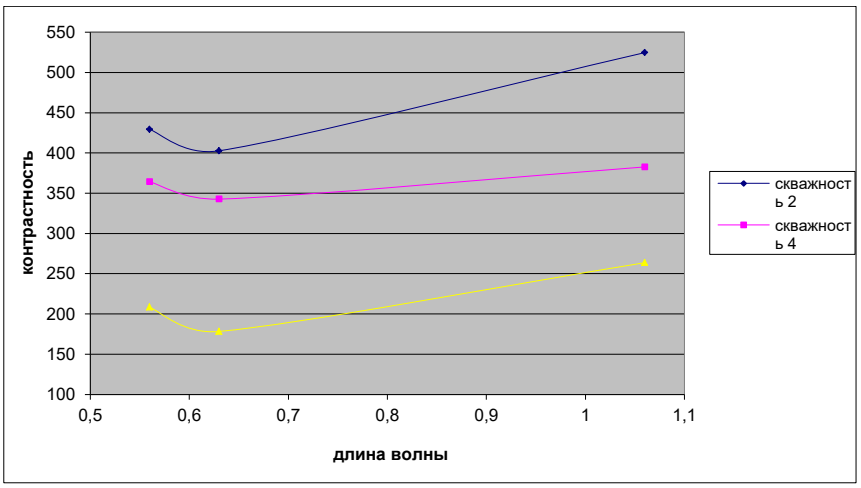


Рисунок 5 – Зависимости контрастности изображений от длины волны и скважности импульсов

На рис. 6 приводятся сравнительные зависимости величины P для различных объектов типа КА с учетом изменяемой длины волны λ, частоты генерации ν и величины скважности импульса излучения Λ.

Заметим, что величина коэффициента правдоподобия обнаружения объекта P зависит от его конструкции при неизменном составе группы материалов внешней компоновки. Состав группы материалов внешней компоновки: теплоизоляционная капроновая ткань; пластины с покрытием на основе диоксида циркония; алюминиевые сплавы после химполирования; пластины радиационных элементов из арсенида галлия. В данных условиях проведения исследований объект типа КА «Ikonos» (США) имеет большую вероятность обнаружения (оптическая ось зондирующего пучка перпендикулярна строительной оси объекта).

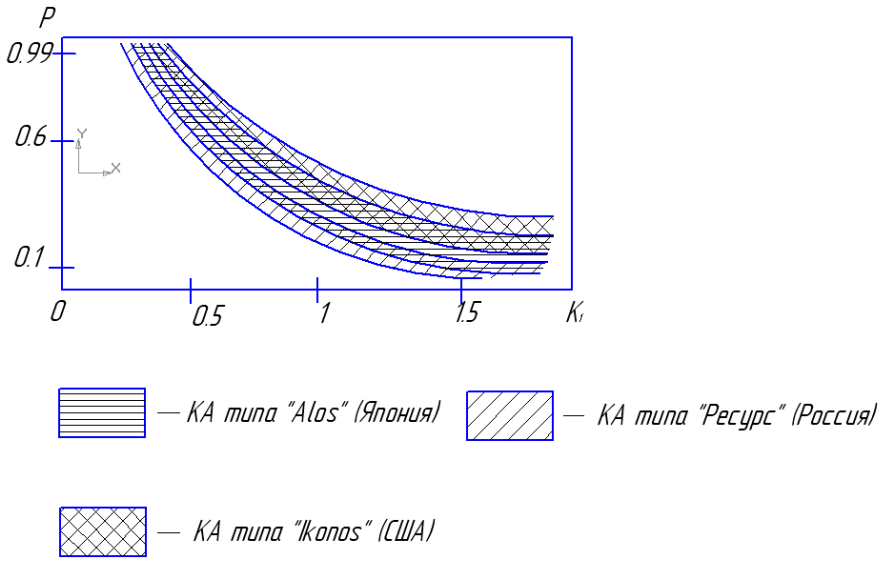


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента правдоподобия лазерной локации от длины волны излучения для моделей различных космических аппаратов: 1 – верхняя граница области обнаружения: частота генерации – 30 Гц, скважность импульса 1/5; 2 – нижняя граница области обнаружения: непрерывный режим генерации

Заключение

Таким образом, в данной работе проведены экспериментальные исследования по определению коэффициента отражения в зависимости от длины волны, угла падения и скважности импульсно-периодического излучения. С использованием разработанного стенда лазерной локации получены зависимости контрастности изображения от длины волны, угла падения излучения и скважности импульсов. Показано, что с ростом длины волны в диапазоне 0,56…1,06 мкм и угла падения излучения в диапазоне 30…45º контрастность изображений возрастает. С увеличением скважности импульсов с 2 до 6 контрастность изображений снижается. Коэффициент правдоподобия обнаружения объекта зависит от его конструкции при неизменном составе группы материалов внешней компоновки.

Список литературы

1. Валентюк А.Н., Предко К.Г. Оптическое изображение при дистанционном наблюдении //Институт физики имени Б.И. Степанова АН БССР - Минск: Навука і тэхніка. – 1991 -358 с.

2. Butler M.A. Laser surface profiler[Text]/ M.A. Butler, An-Shyang Chu// Optics Letters. – 1999. – Vol.24. – No.7. – pp.457-459.

3. Лебедько Е.Г., Нгуен Ву Тунг Анализ рельефа поверхности при моноимпульсной лазерной локации //Сборник трудов конференции «Лазеры, измерения, информация 2005». – СПб: СПбГТУ. –2005. – С.36.

4. Смирнова Ю.Л. Лазерная дальномерная станция как составная часть аэрокосмической системы //Аэрокосмические технологии: материалы Первой международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея. – М. – 2004. – С.– 38-42.

5. Белов М.Л., Козинцев В.И., Стрелков Б.В. Рассеяние лазерного излучения на неровной поверхности со сложной локальной индикатриссой отражения в турбулентной атмосфере // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – М.: 2007. – №1. – С.-63-73.

6. Лабунец Л.В. Математическое и физическое моделирование переходных характеристик 3D-объектов в однопозиционной системе оптической локации // Радиотехника и электроника. – 2002. – Т. 47. – N 3. – С. 308-321.

7. Кеткович А.А., Яковлева Н.И., Чичигин Б.А. Лазерная компьютерная система контроля лопаток газотурбинных двигателей ПКПЛ-1 // Контроль. Диагностика № 3. – 2007. – М. – Машиностроение. – С. 32-34.

8. Сазонникова Н.А. Исследование переотражения излучения в элементах поверхности // Компьютерная оптика. – М.: МЦНТИ. – 2002. – выпуск 22. – С. 23-28.

9. Сазонникова Н.А. Повышение эффективности обнаружения при лазерном зондировании поверхности //Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета, Самара: СГАУ. – 2009. – №3(19). – С. 219-226.

УДК 544.01.082/.084

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПАВ-СЕНСОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ СЕРОВОДОРОДА В ВОЗДУХЕ

Кечкина Наталия Игоревна,

мл. научный сотрудник, Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород

Зубков Илья Львович,

к.т.н., ст. научный сотрудник, Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород

Орлов Егор Сергеевич,

мл. научный сотрудник, Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород

АННОТАЦИЯ

В работе обоснована необходимость разработки химического сенсора для контроля концентрации основных приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха (ОПЗАВ) в воздухе рабочей зоны. Авторами предложено в качестве химического сенсора применить сенсор на основе поверхностной акустической волны (ПАВ-сенсор) с чувствительным покрытием в конструкции двойной линии задержки. Проведены исследования и анализ характеристик, разработанного ПАВ-сенсора для контроля концентрации сероводорода в воздухе рабочей зоны.

Ключевые слова: ПАВ-сенсор; сероводород; чувствительное покрытие; двойная линия задержки.

DESIGN OF SAW SENSOR FOR MONITORING OF HYDROGEN SULFIDE IN THE AIR

Kechkina N.I.,
Junior research assistant, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhniy Novgorod
Zubkov I.L.,
PhD in Engineering, senior research fellow, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhniy Novgorod
Orlov E.S.,
Junior research assistant, Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhniy Novgorod

ABSTRACT

The work proves the necessity of development of chemical sensor for monitoring the concentration of the main priority air pollutants in the air of working zone. The authors propose as a chemical sensor to use sensor based on surface acoustic waves (SAW-sensor) with a sensitive coating in the design of the dual delay lines. Conducted research and analysis of the characteristics of the developed saw sensor to control the concentration of hydrogen sulfide in the air of working zone.

Keywords: saw sensor; hydrogen sulfide; chuvstvitelnaja coating; double delay line.

На объектах нефтяной промышленности при эксплуатации технологических установок, резервуарных парков, нефтесборных пунктов, буровых установок существует опасность возникновения загазованности воздушной среды в производственных помещениях и на открытых площадках вредными нефтяными парами и газами во взрывоопасных концентрациях [1]. При добыче совместно с нефтью на земную поверхность выходит, так называемый, попутный газ, который может содержать опасное токсичное отравляющее вещество – сероводород.

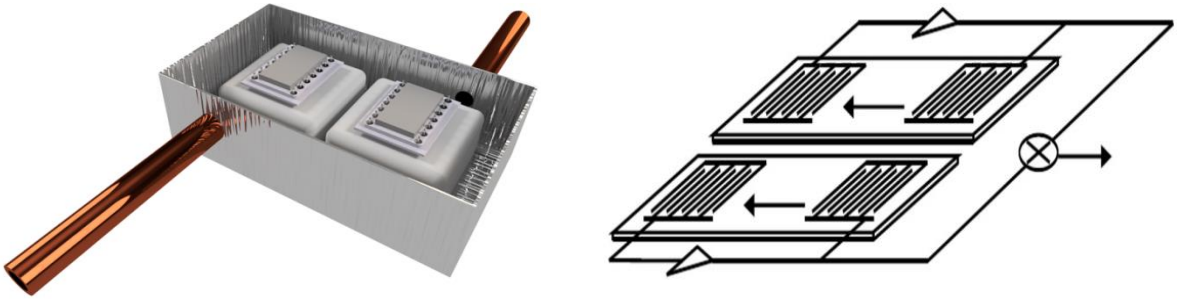
219-ФЗ «О Внесение изменений в Федеральный Закон «Об охране окружающей среды» предписывает собственникам предприятий первой категории опасности (к которым, относятся и предприятия нефтегазового комплекса) своими силами оснастить источники загрязнений автоматическими газоанализаторами. Данная проблема не может быть решена при помощи традиционных химико-аналитических и инструментальных методов, т.к. такие методы анализа недостаточно быстры, дороги и не поддаются автоматизации.

Для решения данной задачи предлагается использовать сенсорные методы контроля. Одними из наиболее перспективных являются сенсор на основе поверхностно-акустических волн.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что ПАВ-сенсору с чувствительным покрытием на основе функциональных полимеров, модифицированных катионами органических красителей, требуется либо определенная компенсация влажности, температуры, либо работа сенсора должна быть построена по дифференциальной схеме. Дифференциальный способ измерений позволяет избежать систематических ошибок, вносимых изменениями влажности и температуры и прочими внешними параметрами.

Дифференциальный ПАВ-сенсор (рис. 1), представляет собой двойную линию задержки на ПАВ с базовой частотой ПАВ-элементов 170 МГц, в котором один ПАВ-элемент является сравнительным, другой – аналитическим. Сигналы с генераторов обоих элементов поступают на диодно-кольцевой смеситель, в котором производится вычитание одной частоты из другой и на выходе смесителя фиксируется изменение частоты, что значительно упрощает регистрацию аналитического сигнала и позволяет использовать средства микроэлектроники. На область распространения поверхностной акустической волны наносится чувствительное покрытие, обладающее свойством селективно взаимодейство-

вать с определяемым веществом. В качестве чувствительных покрытий рассматриваются функциональные полимеры, модифицированные катионами органических красителей. Исследования газоадсобрционных и газодиффузионных свойств тонких пленок функциональных полимеров позволили определить, что наилучшими сенсорными характеристиками по чувствительности обладает N 537 [3].



а б

Рисунок 1 – ПАВ-сенсор в конструкции двойной линии задержки

Для визуализации аналитического сигнала было использовано разработанное программное обеспечение (рис. 2) – управляющая программа для микроконтроллерных установок определения состава газа, с последующей визуализацией и возможностью изменения конфигурируемых параметров системы.

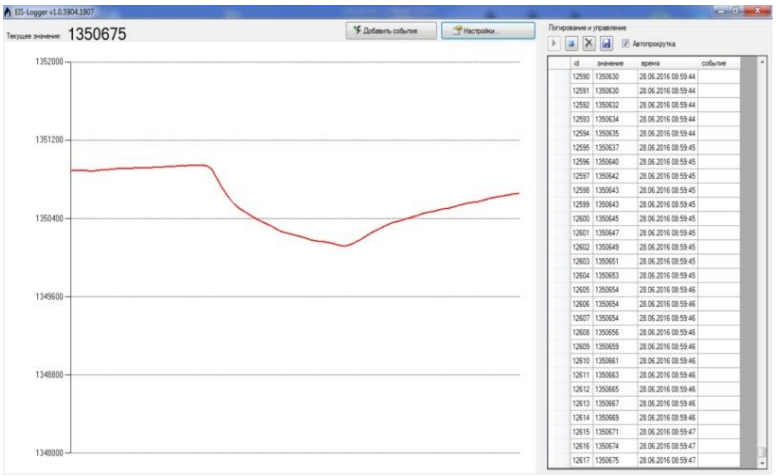


Рисунок 2 – Программное обеспечение для обработки и визуализации аналитического сигнала

Измеряя выходной сигнал в течение 360 минут, была исследована долговременная стабильность сенсора. Характерный вид полученной зависимости представлен на рис. 3. В течение 17 минут отмечено увеличение частоты выходного сигнала на 120 кГц, что связано с разогревом и изменением других параметров поверхности сенсора. В дальнейшем, кривая зависимости вышла на стационарное значение. Исследование кратковременной стабильности показало, что изменение частоты происходит в пределах ±(0,3 – 3) кГц (рисунок 4), что составляет не более 2,5 % от первоначального сдвига частоты (120 кГц) после включения сенсора.

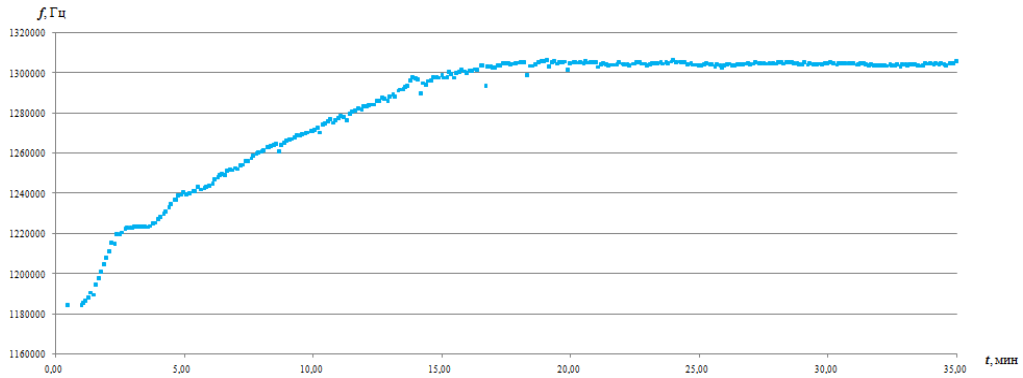


Рисунок 3 – Исследование временной стабильности выходного сигнала (долговременная стабильность)

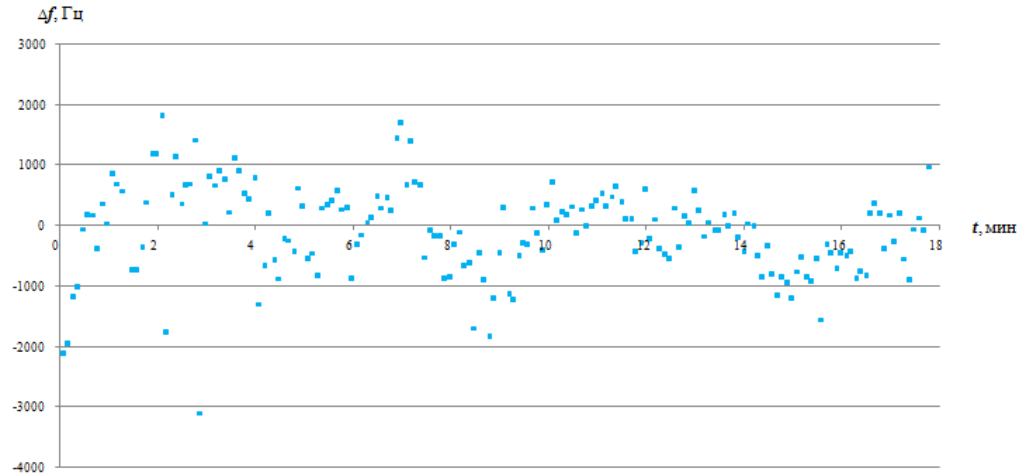


Рисунок 4 – Исследование временной стабильности выходного сигнала (кратковременная стабильность)

Для проведения оценки работы ПАВ-сенсора с чувствительным покрытием, в качестве химического газового сенсора, была выполнена серия экспериментов. Исследования аналитического сигнала сенсора осуществлялись при постоянной скорости напуска газа (H_2S). Градировочный график (ГГ) сенсора получен в динамическом режиме. Для построения ГГ каждый участок кинетической кривой (рис. 5), соответствующий определенной концентрации сероводорода, апроксимировался методом наименьших квадратов. Для построения ГГ сенсора использовано изменение частоты относительно начального значения.

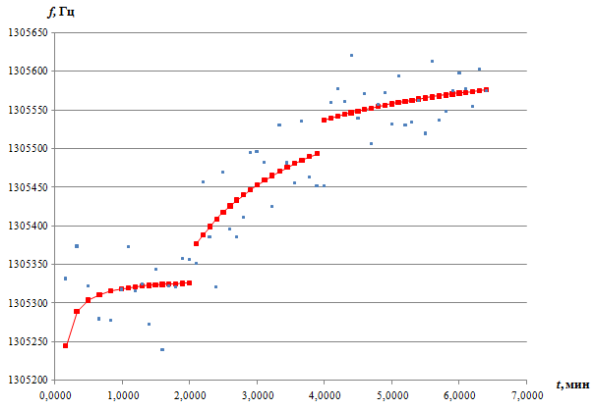


Рисунок 5 – Кинетические кривые напуска сероводорода

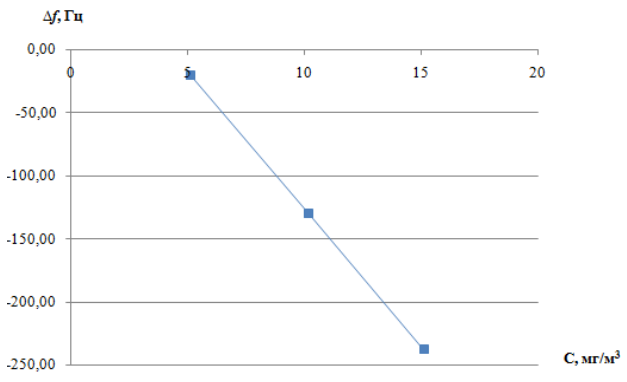


Рисунок 6 – Градуировочный график ПАВ-сенсора

Расчет предела обнаружения (ПрО) осуществляется из градуировочного графика зависимости выходного сигнала от концентрации. Рассчитанный предел обнаружения равен 2,57 мг/м^3, значение которого ниже уровня ПДК сероводорода в воздухе рабочей зоны (10 мг/м^3). На основании проведенных исследований был сделан вывод о возможности использования данного сенсора для контроля сероводорода в воздухе рабочей зоны.

Разработанный химический сенсор на основе поверхностно-акустических волн (ПАВ) с характеристиками, удовлетворяющими требованиям контроля концентрации сероводорода (H_2S) в воздухе на предприятиях нефтехимии возможно использовать в качестве одного из элементов мультисенсорной системы.

Работа выполнялась в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» по теме: «Разработка мобильной мультисенсорной системы мониторинга атмосферного воздуха (его приземного слоя) для качественного и количественного обнаружения газов основных приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха (ОПЗАВ)» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Соглашение № 14.577.21.0144 от 28.11.14. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0144.

Список литературы

1. ИБТВ 1-087-81 Отраслевая инструкция по контролю воздушной среды на предприятиях нефтяной промышленности.
2. Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями)
3. Кечкина Н.И., Зубков И.Л., Орлов Е.С. Экспериментальные исследования газоадсорбционных свойств тонких пленок полимерных адаптивных наноматериалов // Actualscience. – 2016 г. – Том 2. – № 10. – С. 99-101.

УДК: {664, 951, 014,639, 512} :543 : 664. 959. 036: 547. 995.12

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И СВОЙСТВА ХИТОЗАНА

Аллам Айман Юнес Фатхи,

аспирант по специальности «Промышленная экология и биотехнология» ФГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань

Долгонова Наталья Вадимовна,

д.т.н. профессор, Заведующий кафедрой «Технология товаров и товароведение» ФГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань

АННОТАЦИЯ

Хитозан, ценный морской биополимер, получаемый из отходов креветок, является обильным побочным продуктом промышленности по переработке креветок в мире. Применения хитозана для использования в качестве антиоксиданта для пищевых продуктов широко описаны в литературе. Например, для фруктов и овощей. В этом исследовании показано, что хитозан, обладая хорошим качеством и имея характеристики, совместимые с широким диапазоном применений, может быть получен из отходов креветки.

Ключевые слова: хитозан; пищевая промышленность; качество; срок годности.

APPLICATIONS AND PROPERTIES OF CHITOSAN

Аллам А.Y.,
Graduate student, Astrakhan State Technical University; Astrakhan
Dolganova N.V.,
Doctor in Engineering, Professor, Head of the Department «Technology of Goods and Merchandising», Astrakhan State Technical University; Astrakhan

ABSTRACT

Chitosan is a modified, natural biopolymer derived by deacetylation of chitin, a major component of the shells of crustacean. Recently, chitosan has received increased attention for its commercial applications in the biomedical, food, and chemical industries. Use of chitosan in the food industry is readily seen due to its several distinctive biological activities and functional properties. The antimicrobial activity and film-forming property of chitosan make it a potential source of food preservative or coating material of natural origin. This review focuses on the applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of various foods.

Keywords: application; chitosan; food industry; quality; shelf life.

1. Introduction

Chitosan is a modified, natural carbohydrate polymer derived by deacetylation of chitin [poly-β-(1 → 4)-N-acetyl-Dglucosamine], a major component of the shells of the crustacean such as crab, shrimp, and crawfish and the 2nd most abundant natural biopolymer after cellulose [1]. During the past several decades, chitosan has received increased attention for its commercial applications in the biomedical, food, and chemical industries. Chitosan is now widely produced commercially from crab and shrimp shell wastes with different deacetylation grades and molecular weights (thus, viscosities of chitosan solutions), and, hence different functional properties. Chitosan is water-insoluble but soluble in weak organic acid solutions. Chitosan derivatives in the form of acetate, ascorbate, lactate, and malate are water-soluble. Water soluble chitosan can also be produced in the form of oligosaccharide by enzymatic or chemical hydrolysis. To date, chitosan has attracted notable interest due to its biological activities such as antimicrobial, antitumor, and hypocholesterolemic functions [2]. The antimicrobial activity of chitosan against a range of foodborne filamentous fungi, yeast, and bacteria has attracted attention as a potential food preservative of natural origin. In studies on functional properties of chitinous polymers, chitosan has been documented to possess several distinctive properties for use in water and fat uptake, emulsification, dye binding, and gelation. Chitosan has also been documented to possess a film-forming property for use as edible films or coatings. Chitosan coating can improve the storability of perishable foods by modifying the internal atmosphere as well as decreasing the transpiration losses.

Although the effectiveness of chitosan for its ability to enhance quality and shelf life of foods has been reported by numerous workers, no comprehensive review has been published. Therefore, in this article, we summarize the scientific publications reporting the applications of chitosan for improving quality and shelf life of foods from agriculture, poultry, and seafood origin. Although the effectiveness of chitosan for its ability to enhance quality and shelf life of foods has been reported by numerous workers, no comprehensive review has been published.

Food Applications of Chitosan

Fruits and vegetables. The major postharvest losses of fruits are due to fungal infection, physiological disorders, and physical injuries. One of the potential approaches to extend the storability of these perishable commodities is to apply edible coatings on the surface, followed by a cold storage. Edible coatings can be used as a protective barrier to reduce respiration and transpiration rates through fruit surfaces, retard microbial growth and color changes, and improve

texture quality of fruits. Coating fruits with the semipermeable film have generally been shown to retard ripening by modifying the endogenous Co2, O2, and ethylene levels of fruits [3]. Chitosan coating is likely to modify the internal atmosphere without causing anaerobic respiration since chitosan films are more selectively permeable to O2 than to Co2. Therefore, chitosan coating with its ability to modify internal atmosphere in the tissue and fungistatic property has a potential to prolong storage life and control decay of fruits [4-5]. There is ample evidence that chitosan coating has the potential to prolong the storage life and control decay of fruits. Strawberry is among the most perishable fruits and is vulnerable to physical injuries and fungal infection caused by Botrytis cinerea and Rhizopus sp. [4].

Edible coatings can be used as a vehicle for incorporating functional ingredients such as antioxidants, flavors, colors, antimicrobial agents,and nutraceuticals. Several workers have endeavored to incorporate calcium, vitamin E, potassium, or oleic acid into chitosan film formulation to prolong the shelf life and to enhance the nutritional value of fruits.

The objective of this study was to investigate the effects of chitosan on the different concentration on inhibition of lipid oxidation and using in food products to improve sensory properties in high-fat foods.

Refrencess

1. Васильева А.Г., Бородихин А.С. Функциональные продукты питания на российском рынке // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007.– №3.– С. 16-18.

2. Youn S.K., Kim Y.J., Ahn D.H. Antioxidative effects of chitosan in meat sausage // Journal of Korean Society Food Science Nutrition. – 2001. – 30, P. 477-481.

3. Абдулин В.Ф. Технология и свойства биополимера хитозана из панциря речного рака: дисс. канд. техн. наук: 05.17.06. – Саратов, 2006. – 116 с.

4. Антипова Л.В., Данилыв М.М., Поленов И.В. Перспективы создания полифункциональных добавок применительно к рыбной промышленности // Инновационные технологии переработки сельскохозяйственного сырья в обеспечении качества жизни: наука, образование и производство.– Воронеж: ВГТА, 2008. – С.60.

5. Cho Y.I., No H.N., Meyers S.P. Physicochemical characteristics and functional properties of various commercial chitin and chitosan products // J. Agric. Food Chem. – 1998 – № 2. – P. 3839-3843.

ОСНОВЫ T-SQL В СИСТЕМЕ ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

Барклаевская Наталья Владимировна,

старший преподаватель кафедры Бизнес-информатики, математических и статистических методов Северо-Западного института управления РАНХиГС при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

Шарапова Ольга Михайловна,

старший преподаватель кафедры Технологий защиты информации Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург

Лахманова Ирина Евгеньевна,

старший преподаватель кафедры Бизнес-информатики, математических и статистических методов Северо-Западного института управления РАНХиГС при Президенте Российской Федерации, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В настоящей статье сформулированы требования, предъявляемые к бакалаврам, обучающимся по направлению бизнес-информатика, предложены способы обучения основам T-SQL при помощи «редактора запросов» и шаблонов MS SQL Server.

Ключевые слова: MS SQL Server; Transact-SQL; бизнес-информатика; базы данных; веб-технологии; клиент-серверные базы данных; серверные технологии; СУБД; редактор запросов.

THE BASICS OF T-SQL IN THE SYSTEM OF TRAINING BACHELORS IN THE FIELD OF BUSINESS INFORMATICS

Barklaevskaja N.V.,

Senior Lecturer of the Department of Business Informatics, mathematical and statistical methods the North-West Institute of management of Ranepa of the President of Russian Federation, St. Petersburg

Sharapova O.M.,

Senior Lecturer of the Department of Technology of information protection St. Petersburg state University of aerospace instrumentation, St. Petersburg

Lachmanova I.E.,

Senior Lecturer of the Department of Business Informatics, mathematical and statistical methods the North-West Institute of management of Ranepa of the President of Russian Federation, St. Petersburg

ABSTRACT

In this article formulated the requirements for undergraduate students in business Informatics, offered ways of learning the basics of T-SQL by using the «query editor» templates and MS SQL Server.

Keywords: MS SQL Server; Transact-SQL; business Informatics; databases; web technologies; client-server database; server technology; DBMS; query editor.

Интернет технологии проникают во все сферы жизни человека. Это касается не только использования различных социальных сетей и интернет коммерции. Внедрение интернет технологий в органы государственного и муниципального управления, сферу бизнеса как частного, так и с участием государства является одним из приоритетных направлений, позволяющим повысить эффективность функционирования институтов управления и бизнеса.

Появление порталов государственных и муниципальных услуг позволяют пользователям обращаться в соответственные органы в любое удобное для них время, из любой

точки земного шара, своевременно выявлять ошибки и нарушения, сближать власть и народ [1].

Ядром большинства таких приложений являются реляционные базы данных. Выбор СУБД является сложной задачей, решение которой зависит от многих факторов, таких как функциональность, цена и удобство использования. Большой популярностью пользуются клиент-серверные СУБД, например, MYSQL или MS SQL Server. Выбор СУБД выходит за рамки данной статьи.

Направление бизнес – информатики сравнительно новое направление в области высшего образования и связано с возрастающей потребностью в специалистах, обладающих комплексом знаний как в экономической сфере, так и в сфере информационных технологий.

Профессиональная деятельность бизнес – информатики связана с моделированием бизнес-процессов, веб-технологиями, работой с базами данных, анализом данных [1-4].

К будущим специалистам в области бизнес – информатики предъявляются серьезные требования, они должны быть одновременно и бизнес-аналитиками, и руководителями IT-проектов, разработчиками программного обеспечения и администраторами БД. Следовательно, бизнес – информатикам важны навыки разработки и сопровождения программного обеспечения разного назначения.

Направление бизнес – информатики в большей степени охватывает вопросы экономики и менеджмента. На технические дисциплины отводится небольшое количество часов. Поэтому очень важно охватить все нюансы работы с ИС, применяя предлагаемые в изучаемых приложениях «конструкторы» и «программы-мастера». Данные службы позволяют с одной стороны минимизировать работу студентов при изучении технологий, с другой стороны быстро освоить сложный материал и понять принцип работы. Поэтому целью данной статьи является ознакомление с методикой, позволяющей упростить освоение курса, связанного с клиент-серверными технологиями.

При изучении клиент – сервисных технологий, а в частности с баз данных (БД), целесообразно начинать с СУБД MS SQL Server. Данное приложение имеет большое количество сервисов, предназначенных для решения разнообразных задач, связанных с хранением и передачей информации. СУБД MS SQL Server содержит большой набор сервисных служб. Перечислим некоторые из них:

– Службы ядра СУБД (Database Engine), предназначенные для хранения, обработки и обеспечения безопасности данных;

– Службы Analysis Services, содержащие средства создания и управления приложениями интерактивной аналитической обработки (OLAP – Online Analytical Processing) и приложениями анализа данных [5].

Работа с клиент-серверными БД связана с использованием структурированного языка запросов Transact-SQL или сокращенно T-SQL (Structured Query Language). Реальные БД, как правило, содержат большое количество взаимосвязанных таблиц. На начальном этапе изучения у студентов возникают сложности с созданием многотабличных запросов, особенно с исследованием разных типов объединения таблиц. Поэтому была предложена методика применения «редактора запросов», которая помогает визуально создавать и отлаживать многотабличные запросы.

При создании однотабличных запросов имеет смысл использовать шаблоны, представляемые MS SQL Server. Пример шаблона на выборку представлен на рис. 1.

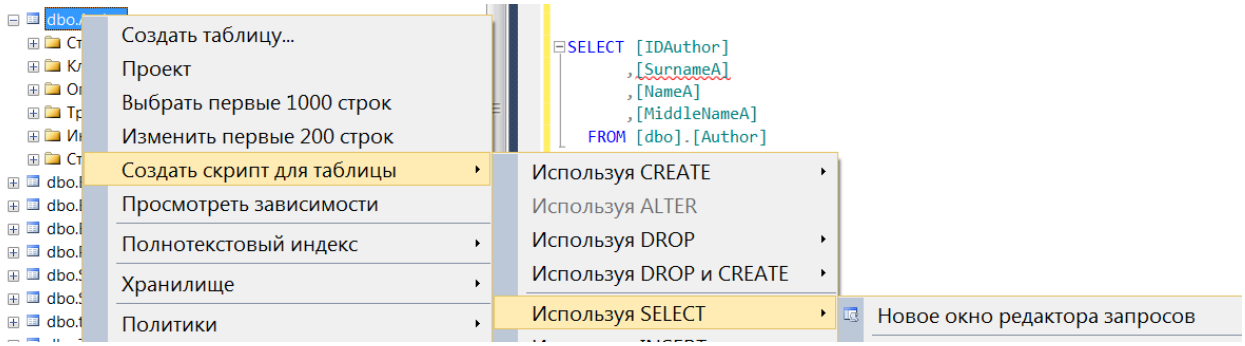


Рисунок 4 – Использование шаблона запросов

«Редактор запросов» легко вызвать двумя способами:

1 способ. Нажать на кнопку «Создать запрос» и в появившейся вкладке «Запрос» на ленте «Главного меню» выбрать операцию «Создать запрос в редакторе» (рис.2 слева).

2 способ. Нажать кнопку «Создать запрос». В окне запроса, через контекстное меню (правая клавиша мыши), выбрать операцию «Создать запрос в редакторе» (рис.2 справа).

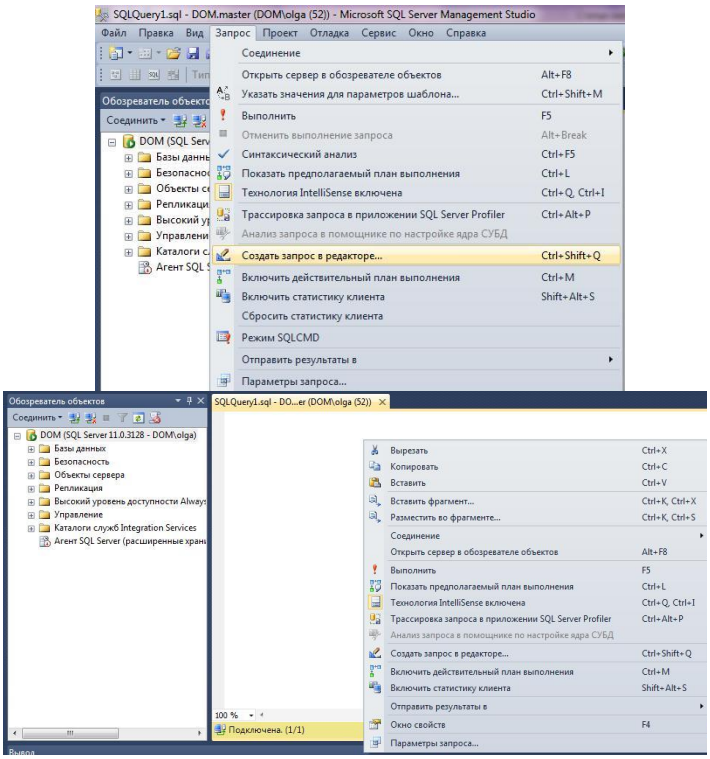


Рисунок 2 – Способ вызова «редактора запросов»: первый (слева) и второй (справа)

Рассмотрим несколько примеров многотабличных запросов, используя «редактор запросов» MS SQL Server.

«Редактор запросов» позволяет наглядно отобразить таблицы, атрибуты таблиц и межтабличные связи (рис.3 слева). При добавлении таблиц автоматически прописывается T-SQL скрипт. На рис. 3 (справа) видно изменение скрипта при добавлении таблицы «Type». По умолчанию устанавливается симметричное объединение.

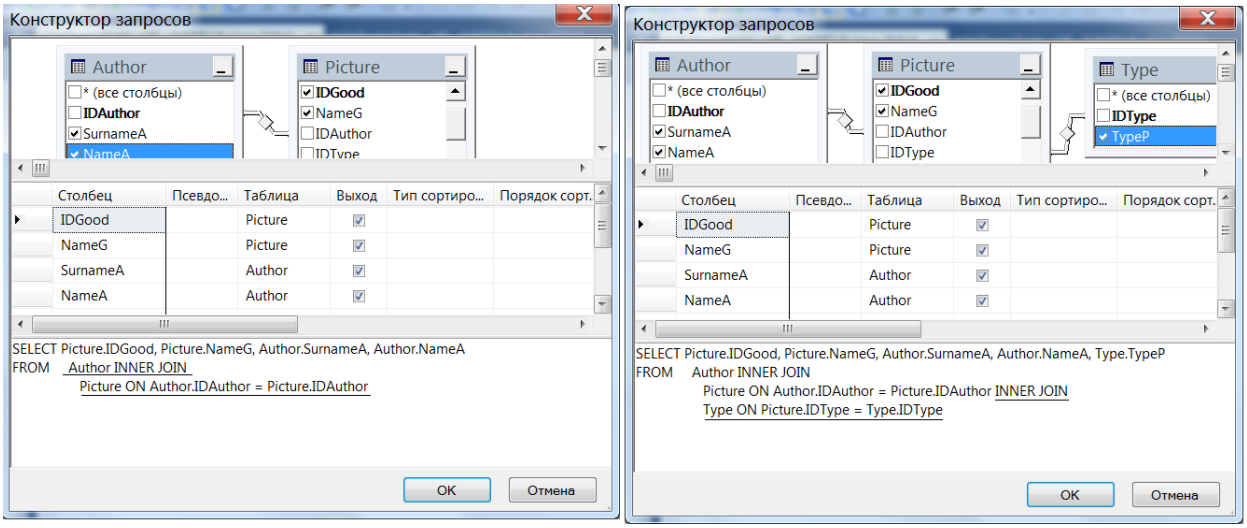


Рисунок 3 – Запрос с симметричным объединением

Рассмотрим пример создания запроса с использованием правого объединения (выбор всех строк из таблицы «Type» и сопоставимые записи из таблицы «Picture»). На рис.4 (слева) представлено окно изменения типа объединения, справа отображается изменение типа объединения.

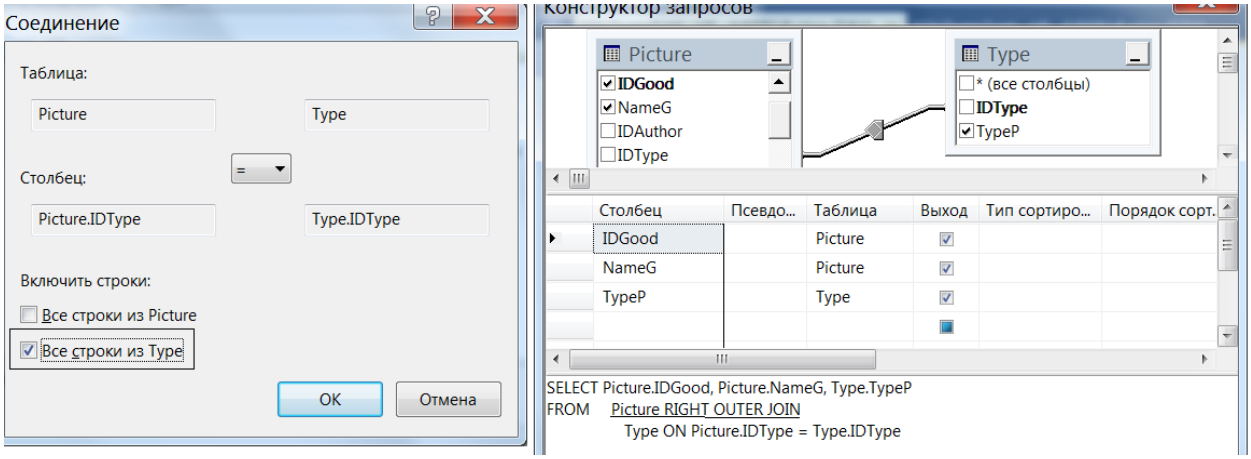


Рисунок 4 –Запрос с использованием правого объединения

Рассмотрим еще один более сложный пример итогового запроса, включающего четыре таблицы. На рис.5 (слева) представлен пример многотабличного запроса до добавления операции группировки. На рис.5 (справа) представлен итоговый запрос, отображающий количество картин определенного вида, представленных на выставке. Обратите внимание на сложность полученного T-SQL скрипта.

Как правило, на освоение создания таких запросов у «новичков» уходит достаточно большой промежуток времени. Предлагаемая методика позволяет студентам быстро научиться создавать сложные запросы в «редакторе запросов» в сжатые сроки.

Приобретенный опыт создания многотабличных запросов с помощью «редактора запросов» может быть использован и в других клиент - серверных СУБД при разработке веб-приложений. Следует отметить, что полученные навыки создания SQL запросов могут быть также использованы при анализе данных с помощью службы Analysis Services MS SQL Server [6].

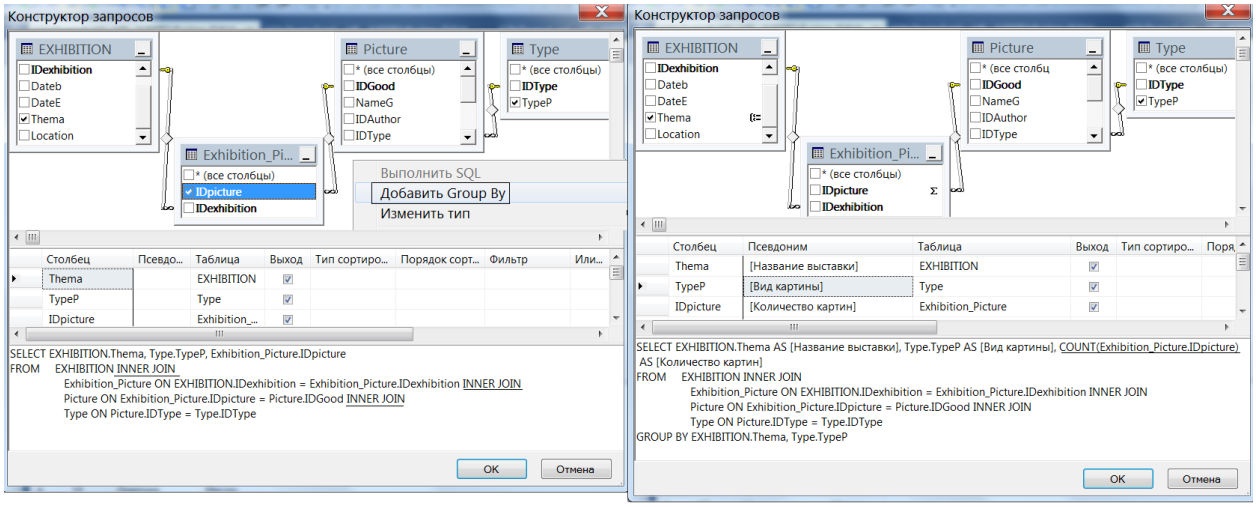


Рисунок 5 – Пример итогового многотабличного запроса

Профессиональная деятельность бизнес-информатика включает в себя помимо проектной и организационно-управленческой, аналитическое обеспечение работы руководителя. Следовательно, формирование навыков работы с данными, является неотъемлемой частью образовательного процесса.

В ходе эволюции бизнес-аналитика прошла путь от статистической отчётности, организации хранения данных, создания запросов и применения OLAP-технологий до прогнозного анализа, управления знаниями и обработки больших объемов информации. Всё это требует современных программных средств для формирования компетенций бизнес-информатика. Выбор MS SQL Server в качестве базового инструмента объясняется не только количеством сервисов, предназначенных для решения разнообразных задач, но и позицией Microsoft на рынке платформ бизнес-анализа и аналитики за 2016 год, опубликованном компанией Gartner (рис.6.) на сайте https://www.betterbuys.com/bi/gartner-2016-bi-magic-quadrant.

Знания, полученные при изучении MS SQL Server, является базой для освоения средств BI (Business Intelligence).

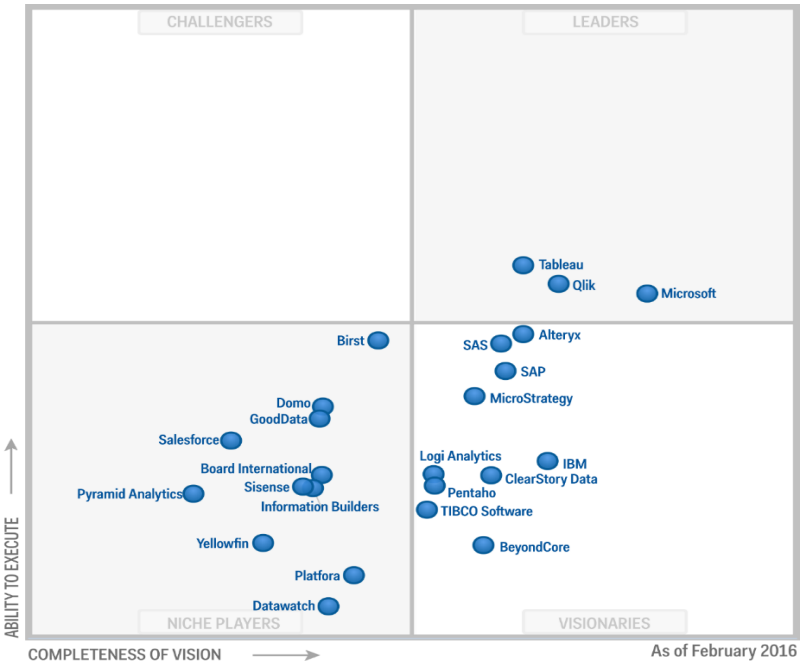


Рисунок 6 – Магический квадрант аналитических платформ

Список литературы

1. Барклаевская Н.В., Лахманова И.Е. Разработка веб-сайтов с использованием MS Visual Studio // Государство и бизнес. Современные проблемы экономики. – 2016. – С. 149-152.
2. Барклаевская Н.В. Выбор языка программирования для обучения специалистов по специальности бизнес-информатика // Государство и бизнес. Современные проблемы экономики. – 2015. – С. 122-123.
3. Барклаевская Н.В., Лахманова И.Е. Сравнение методов анализа предметной области // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 10-1. – С. 69-73.
4. Барклаевская Н.В., Лахманова И.Е. Два взгляда на анализ предметной области // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 12-1. – С. 83-88.
5. Бондарь А.Г. Microsoft SQL Server 2012. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013.
6. Певченко С.С. Разработка бизнес-аналитики с использованием SQL SERVER ANALYSIS SERVICES 2010 // Молодой ученый. – 2015. – №13. – С. 169-172.

УДК: 621.174.22

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА КАЛИБРОВКИ НА ИЗГИБНУЮ ЖЕСТКОСТЬ СТАЛЬНЫХ ПРУТКОВ

Нгуен Ван Хуан,

аспирант Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность повышения изгибной жесткости цилиндрических калиброванных прутков за счет формирования технологических остаточных напряжений. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено влияние основных параметров калибровки на величину и характер распределения остаточных напряжений.

Ключевые слова: калиброванный металл; остаточные напряжения; изгибная жесткость; относительное обжатие; угол рабочего конуса; длина калибрующей зоны.

INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE CALIBRATION PROCESS ON BENDING STIFFNESS OF STEEL ROD

Nguyen V.H.,

Graduate student of National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

ABSTRACT

The possibility of increasing the flexural rigidity of a cylindrical-ray calibrated rods due to the formation of technological residual stresses. As a result of experimental studies have established the effect of the main calibration parameters on the size and nature of the distribution of residual stresses.

Keywords: calibrated metal; residual stresses; bending stiffness; the relative compression; working cone angle; the length of the gauge area.

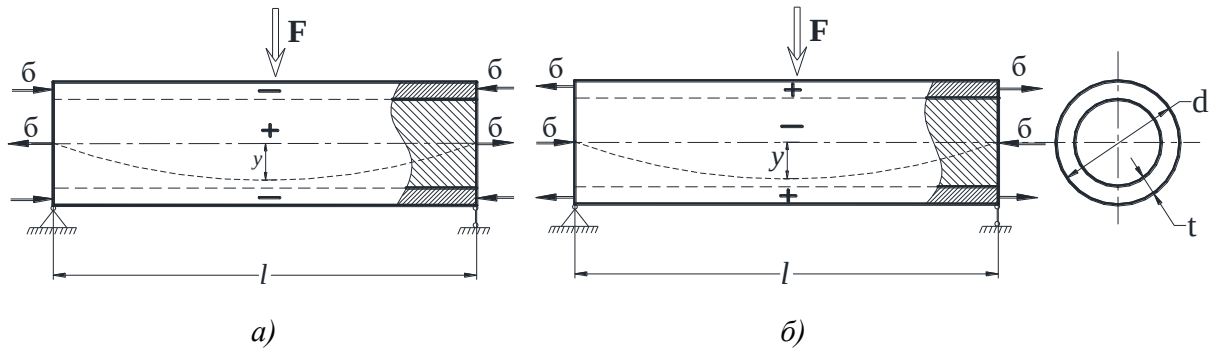
Состояние вопроса. Широкое распространение калиброванный металл получил в сельскохозяйственном машиностроении. Десятки деталей типа валов, осей, штанг, шпилек изготавливают для зерноуборочных комбайнов и других сельскохозяйственных ма-

шин. Создание новых высокопрочных материалов позволяет снижать металлоемкость изделий. Например, длинномерные валы можно изготавливать меньшего диаметра без потери прочности. Однако при этом возникает другая проблема – с уменьшением поперечного сечения снижается жесткость детали, то есть способность сопротивляться действию поперечной нагрузки.

При вращении длинномерные валы под действием центробежных сил изгибаются даже от собственного веса. Повысить изгибную жесткость деталей типа валов и осей весьма сложно. В практике известны приемы изменения изгибной жесткости стержневых изделий за счет воздействия осевых усилий, например, натяжение музыкальных струн, натяжение арматуры в строительных и др.

В исследованиях [3, 4] изложен подход для повышения изгибной жесткости длинномерных деталей типа валов и осей охватывающим поверхностным пластическим деформированием. В данной работе с использованием конечно-элементного моделирования рассмотрена возможность повышения изгибной жесткости стальных прутков в процессе калибровки.

Моделирование изгибной жесткости прутков при воздействии остаточных напряжений. Рассмотрим деформацию стального гладкого длинномерного прутка длиной l, диаметром d под действием поперечной нагрузки F (рис.1).



а) *б)*

Рисунок 1 – Схемы для определения влияния остаточных напряжений на жесткость калиброванных прутков: а – схема растяжения; б) – схема сжатия

Для моделирования изгибной жесткости прутков в зависимости от величины и характера распределения остаточных напряжений использовано две схемы: 1 – остаточные напряжения сжатия в поверхностных слоях и напряжение растяжения во внутренних слоях (рис. 1, *а*); 2 – остаточные напряжения растяжения в поверхностных слоях и напряжение сжатия во внутренних слоях (рис. 1, *б*). По результатам экспериментального определения остаточных напряжений в калиброванной стали было установлено, что на поверхности и в центральной зоне в первом приближении остаточные напряжения равны по величине и противоположны по знаку [3]. На основании этого принята модель прутка представляющая собой составной цилиндр, состоящий из сердечника и оболочки (втулки), подвергающиеся действию разных напряжений.

Для моделирования остаточных напряжений приняли геометрическую модель прутка, состоящую из тонкостенных трубок, толщиной 0,2 мм. Каждая трубка нагружалась растягивающим или сжимающим напряжением, которое соответствовало значению экспериментального определения [3, 4].

Аналитический расчёт прогиба стержня вычисляется методом Коши-Крылова [5]. Решая дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня, получим максимальный прогиб прутка:

$$y_{max} = -\frac{Fl^3}{48EI_x + 4\pi\sigma_z R^2 l^2}, \quad (1)$$

$$y_{max} = -\frac{Fl^3}{48EI_x - 4\pi\sigma_z R^2 l^2}. \quad (2)$$

Для схем нагружения (см. рис. 2), изгибная жесткость прутка определяется по формуле:

$$C = \frac{F}{48y_{max}}. \quad (3)$$

Для определения изменения прогиба прутков в зависимости от действия остаточных напряжений использован пакет программ Ansys.

Результаты изменений изгибной жесткости прутка, диаметром 37,6 мм и длиной 1000 мм (материал – сталь 45, σ_T = 360 МПа) под действием поперечной нагрузки 1000 Н, в зависимости от степени относительного обжатия, длины калибрующей зоны и угла рабочего конуса инструмента показаны на рис. 4 (а, б, в). Жесткость определена в середине прутков, где имеет местное ее минимальное значение.

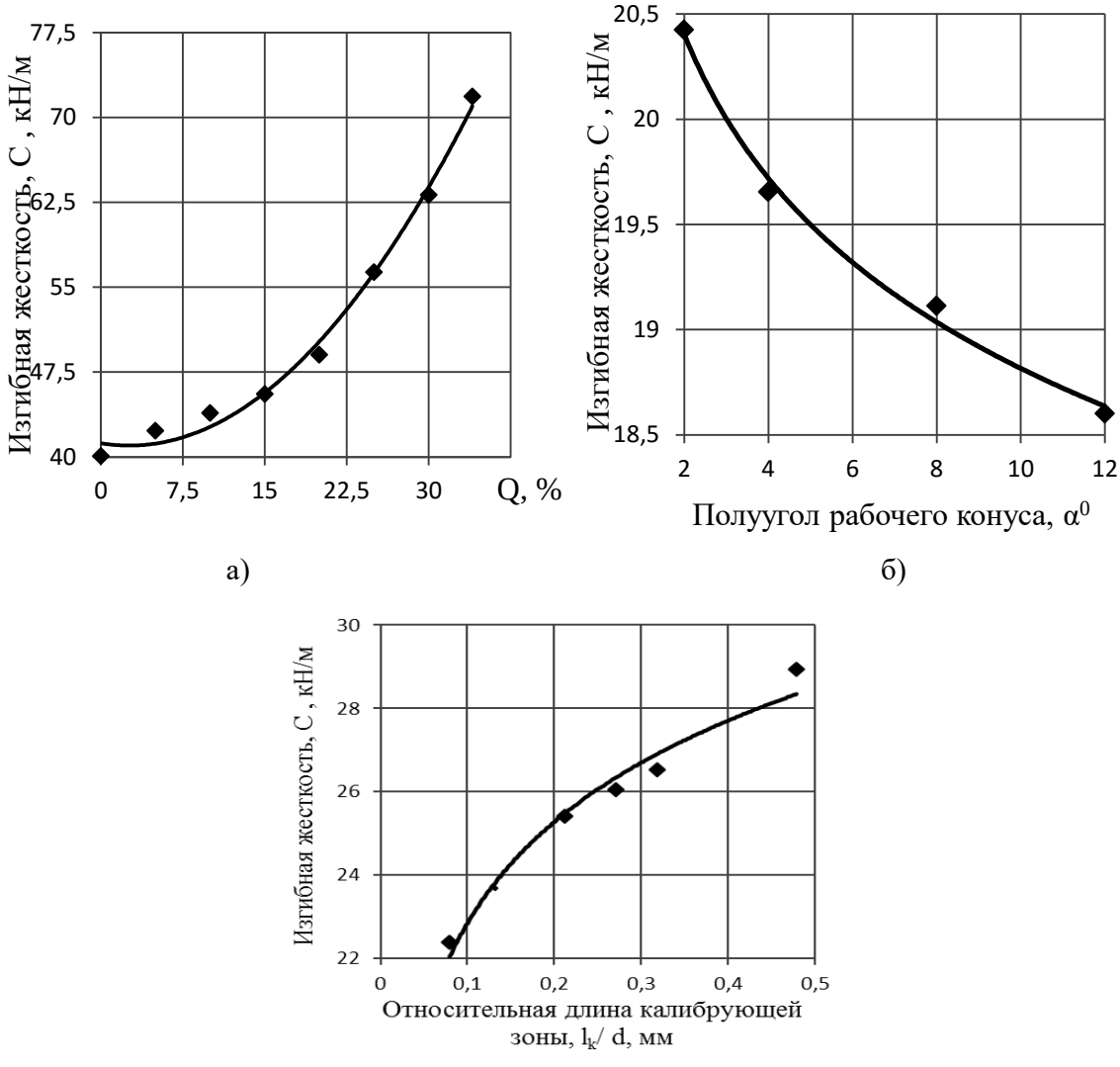


Рисунок 2 – Влияние степени относительного обжатия Q (а), полуугла рабочего конуса волоки (б) и относительной длины калибрующей зоны инструмента (в) на изгибную жесткость цилиндрических прутков после калибровки

Расчеты показали (рис. 2а.), что в исследуемом интервале относительных обжатий (от 5 до 34%) изгибная жесткость может быть повышена почти в 2 раза. На рис. 2б. представлено влияние угла рабочего конуса на жесткости калиброванных деталей. С увеличением угла рабочего конуса от 4 до 240, изгибная жесткость прутков снижается на 10 %.

Установлено (рис. 2в.), что в исследуемом интервале относительных длин калибрующей зоны от 0,08 до 0,47 изгибная жесткость может быть увеличена на 20 %.

Полученные результаты можно рекомендовать для повышении жесткости калиброванных прутков, которые можно использовать для выбора эффективной заготовки при изготовлении, например, валов малой жесткости.

Выводы:

1. Калиброванный металл является эффективным видом заготовки для изготовления целого ряда цилиндрических деталей. Качество маложестких деталей типа валов оцениваются изгибной жесткостью, которую практически сложно изменить. Для повышения изгибной жесткости стержневых изделий предлагается использовать технологические остаточные напряжения.
2. Выявлена возможность повышения изгибной жесткости калиброванных прутков почти в два ряда при обжатиях от 5 до 34%. На 20% можно повысить жесткость при увеличении длины калибрующей зоны инструмента. Роль угла рабочего конуса волоки составляется около 10%, причем для повышения жесткости рабочий угол инструмента нужно уменьщать.

Список литературы

1. Герасимов В.Я. Определение однородного упрочнения калиброванного металла осадкой высоких цилиндров // Известия вузов. Черная металлургия. – 1981. – №6. – С. 154.
2. Герасимов В.Я., Копырин В.И. Изменение жесткости холоднотянутой стали при изгибе образцов // Сталь. – 1998. – №8. – С. 47-48.
3. Зайдес С.А., Нгуен В.Х. Повышение жесткости длинномерных валов охватывающим пластическим деформированием // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2016. – №2 (134). – С. 10-15.
4. Зайдес С. А., Нгуен Х.В. Влияние охватывающего поверхностного пластического деформирования на изгибную жесткость валов // Вестник машиностроения. – 2016. – №09. – С. 66-69.
5. Лурье А.И Теория упругости. – М.: Наука, 1970. – 256 с.

УДК 621.376.9

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ГЁРЦЕЛЯ

Пукса Артём Олегович,

аспирант, Омский государственный технический университет, г. Омск

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты сравнения алгоритма Гёрцеля с дискретным преобразованием Фурье. Представлена структурная схема алгоритма, определена область применения.

Ключевые слова: алгоритм Гёрцеля; DTFM; быстрое преобразование Фурье; дискретное преобразование Фурье; БИХ фильтр.

RESEARCH OF ALGORITHMS GËRTSEL

Рuха А.О.,
Graduate student Omsk State Technical University, Omsk

ABSTRACT

The results comparing the Gërtsel algorithm with a discrete Fourier transform. The block diagram defined scope.

Keywords: algorithm Gërtselya; DTFM; fast Fourier transform; Discrete Fourier transformation; IIR filter.

Алгоритм Гёрцеля (англ. Goertzel algorithm) – это специальная реализация дискретного преобразования Фурье (ДПФ) в форме рекурсивного фильтра. Данный алгоритм был предложен Джеральдом Гёрцелем в 1958 году. В отличие от быстрого преобразования Фурье, вычисляющего все частотные компоненты ДПФ, алгоритм Гёрцеля позволяет эффективно вычислить значение одного частотного компонента.

Использование алгоритма Гёрцеля сокращает количество операций и экономит время. Для вычисления ДПФ, необходимо вычислить большое количество комплексных коэффициентов. Для ДПФ размером N используется N^2 комплексных коэффициентов. При использовании алгоритма Гёрцеля понадобится всего два коэффициента для каждой частоты: один вещественный и один комплексный.

Алгоритм Гёрцеля можно алгебраически модифицировать, взяв результат в квадрате, тем самым избавляясь от комплексной составляющей. Такая модификация исключает фазовую составляющую, которая не используется во многих реальных приложениях. Алгоритм Гёрцеля является популярным алгоритмом для решения задачи детектирования и декодирования DTMF сигналов в телефонии. Каждый символ DTMF кодируется двумя тонами, как показано на рисунке 1. Один тон берется из нижней группы частот, а второй из верхней группы. [1]

Рисунок 1 – Кодирование символов DTMF

Таким образом, для декодирования DTMF нам необходимо рассчитать восемь спектральных отсчетов ДПФ с индексами, соответствующими частотам восьми тональных сигналов.

Алгоритм Герцеля позволяет обрабатывать данные в темпе их поступления, при этом нет необходимости ждать, пока заполнится буфер из N элементов. Схема такого преобразования представлена на рис. 2.

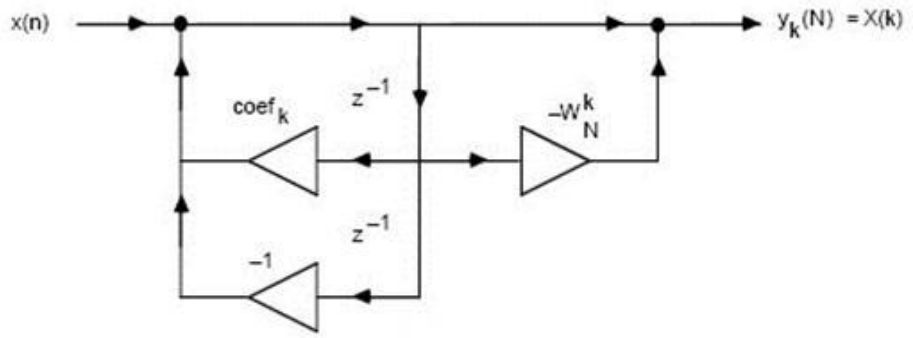


Рисунок 2 – Структурная схема фильтра, реализующего алгоритм Герцеля

Фильтр, реализующий подобный алгоритм может быть представлен, как БИХ фильтр второго порядка.

Алгоритм Герцеля может быть использован для подсчета ДПФ. Однако, его реализация имеет много общего с фильтрами. ДПФ или БПФ получают результат размерности N из исходных данных размерности N. Но фильтры БИХ и КИХ получают новое значение на выходе, как только получают новые данные на входе. Алгоритм вычисляет новое значение yk(n), для каждого нового x(n). Результат вычисления ДПФ X(k) будет равен yk(n), если n = N. Так как каждое новое значение yk(n) не ведет к получению конечного результата X(k), нет необходимости вычислять yk(n) до тех пор пока n = N. Это подразумевает, что алгоритм Герцеля функционально эквивалентен БИХ фильтру второго порядка за исключением того, что выходной результат фильтра появляется только после N отсчетов данных.

Список литературы

1. Дахнович А.А., Радиотехнические цепи и сигналы. Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 176 с.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОМ ПОЛНОГО ПЕРЕБОРА

Зотов Алексей Иванович,

к.т.н., Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Черпаков Александр Владимирович,

к.т.н., Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Гриценко Вадим Викторович,

аспирант, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

АННОТАЦИЯ

Авторы статьи предлагают в своей работе один из способов решения задач поиск оптимума путем перебора целочисленных комбинаций чисел с заданными свойствами. Иллюстрируется процедура генерации последовательностей таких чисел. Обозначены основные направления дальнейших исследований по развитию такого подхода.

Ключевые слова: генератор целочисленных распределений; полный перебор комбинаций целых чисел; ограниченный ресурс.

A METHOD OF SOLVING OPTIMIZATION PROBLEMS BY BRUTE FORCE

Zotov A.I.,
PhD in Engineering, Don state technical University,Rostov-on-don
Cherpakov A.V.,
PhD in Engineering, southern Federal University, Rostov-on-don
Gritsenko V.V.,
Graduate student, Don state technical University, Rostov-on-don

ABSTRACT

The authors suggest in their work one way of the decision of tasks of search of optimum by iterating integer combinations of numbers with given properties. Illustrates the procedure of generation of sequences of such numbers. Defined main directions of further research on the development of this approach.

Keywords: generator integer distributions; an exhaustive search of combinations of integers; a finite resource.

Вводная часть

Полный перебор в решении задач оптимизации подвергается часто «критике» из-за большой размерности вычислений вызванной необходимостью рассмотрения всех вариантов допустимых управлений и ограничений. Снижения размерности в таких задачах – это снижение точности за счет дискретизации [1].

Однако, при значительном быстродействии вычислительных машин и упрощении алгоритмов переборов влияние «проклятия размерности» может стать не столь заметным и такой метод способен работать даже в системах реального времени, т.е. использоваться в задачах оперативного управления [2].

Основная часть

Рассмотрению подлежит один из вычислительных методов формирования полного перебора всех целочисленных комбинаций, для поиска оптимального распределения некоторого ограниченного ресурса по местам его потребления с ограничениями по максимально возможному использованию на каждом из рассматриваемых мест.

Пусть необходимо распределить некоторый ресурс, представленный в целочисленном выражении как S, по n местам, каждое из которых способно использовать его часть (в частном случае – весь) обозначаемую как $B_i, (i = 1, n)$. Необходимое условие корректности задачи

$$\sum_{i=1}^{n} B_i \leq S, (B_i \neq 0)$$

Алгоритм полного перебора строится по принципу нахождения всех неповторяющихся вариантов слагаемых, обладающими следующими свойствами:

$$S_1 + S_2 + \ldots + S_n = S$$

$S_1 \leq B_1, S_2 \leq B_2, \ldots, S_n \leq B_n$

При выполнении таких условий значения $S_i, (i = 1, n)$ могут быть использованы путем подстановки в целевые функции мельтипликативного типа для нахождения максимуму или минимумы критерия оптимизации U^*

$$U^* = max(R_1S_1 + R_2S_2 + \cdots + R_nS_n)$$

где $R_i(i = 1, n)$ – коэффициенты эффективности использования выделенной i – ому месту части общего ресурса S.

В плане реализации такого алгоритма относительно несложно составляется программа, которую можно назвать генератором целочисленных распределений (ГЦР). Такая программа может войти частью в систему поиска оптимума. Могут быть несколько подходов к ее составлению такой программы. Один из них (назовем его способом единичных переходов) легко просматривается на иллюстративном примере с исходными данными:

$S = 8$, $n = 5$, B_i – указаны в таблице

п/п номер распределения	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
	1	***2***	***2***	***3***	***4***
1	0	0	1	3	4
2	0	1	1	3	3
3	1	1	0	3	3
4	0	1	2	3	2
5	1	1	1	3	2
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
N	1	2	2	3	0

Наиболее сложным является вопрос определения числа возможных комбинаций в зависимости от распределяемой суммы S, числа мест распределения n и значений ограничений $B_i, (i = 1, n)$. В настоящее время в обозримых источниках найти решение такой задачи не удалось, и это является одной из целей дальнейших исследований. То есть аналитическое решение задач $N = F(S, n, \mathrm{B_i}), (\mathrm{i} = 1, \mathrm{n})(\mathrm{i} = 1, \mathrm{n})$ пока не найдено.

Заключение

Апробация алгоритма единичного перебора предложенного способа производилась на языке javascript.

Способ единичного перехода дает возможность перебрать последовательность чисел за малый промежуток времени по сравнению с остальными способами перебора. Выигрыш по времени происходит за счет рассмотрения комбинаций, которые удовлетворяют приведенным заранее исходным условиям, остальные вариации чисел просто не рассматриваются и отбрасываются.

Список литературы

1. Банников Т.М. Баранова Н.А., Основы теории чисел, изд. Удмуртской ГУ. – Ижевск.– 2009.

2. Ерош Л.Е. Дискретная математика. Комбинаторика учебное пособие. – С.-Петербург. – 2001.

УДК 004.891.2

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ МЧС РОССИИ

Остудин Никита Вадимович,
адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург
Антюхов Валерий Иванович,
кандидат технических наук, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

На концептуальном уровне рассмотрены вопросы оценки эффективности системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России. Основной принцип основан на оценке показателей исхода операции.

Ключевые слова: концепция; эффективность; интеллектуальная поддержка; оценка эффективности; искусственный интеллект.

CONCEPTUAL ISSUES OF ESTIMATION OF EFFICIENCY OF METHODS OF SEARCH TASKS INTELLECTUAL SUPPORT OF ACTIVITIES OF OFFICIALS OF CONTROL CENTRES IN CRISIS SITUATIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

Ostudin N.V.,
Graduate student of Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg
Antyukhov V.I.,
PhD in Engineering, Professor of Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg

ABSTRACT

At a conceptual level, the questions assess the effectiveness of the system of intellectual support of activities of officials of the centers of crisis management (CMC) of EMERCOM of Russia. The basic principle is based on measurement of the outcome of the operation.

Keywords: the concept; efficacy; intellectual support; performance evaluation; artificial intelligence.

Залогом успешного предотвращения, прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) на транспорте, расчета оптимального состава сил и средств (СИС), адекватной помощи пострадавшим и защиты населения от ЧС природного и техногенного характера является эффективная организация деятельности органов управления МЧС России.

Основные задачи, связанные с организацией управления в МЧС России, возложены на Единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС).

В соответствии с задачами, возложенными на РСЧС [1], для осуществления оперативного управления и контроля функционирования подсистем и звеньев РСЧС в пределах имеющихся полномочий существуют органы повседневного управления РСЧС.

В деятельности органов управления МЧС России существует ряд проблем [3], связанных с качеством и оперативностью принимаемых решений. Эти проблемы могут негативно повлиять на дальнейший исход ЧС, привести к дополнительным материальным затратам и непредсказуемым последствиям.

Среди таких проблем – должностным лицам ЦУКС различных уровней управления МЧС РФ постоянно приходится решать вопросы оперативного реагирования на кризисные и чрезвычайные ситуации в условиях дефицита личного состава подразделений и наличия специалистов, имеющих еще не накопленный опыт практической работы в должности [2].

Объем и качество получаемой информации о кризисных и чрезвычайных ситуациях остаются недостаточными для принятия оптимального решения. Имеет место получение дезинформации, когда количество информации измеряется отрицательным значением или когда ценность полученной информации равна нулю (информационный шум). Это не позволяет реально оценить сложившуюся ситуацию, и, как следствие, значительно усложняет возможность адекватно управлять процессом ликвидации возможной кризисной или чрезвычайной ситуации.

Другая проблема связана с тем, что должностные лица выполняют значительный объем работ по содержательной обработке информации о кризисных и чрезвычайных ситуациях при ограниченном времени их проведения. Вследствие чего лицо принимающее решение (ЛПР) может произвести ошибки в расчетах или просто-напросто не успеть их провести, что также может привести к необратимым последствиям.

Существует большое число вариантов действий, связанных с принятием решений в условиях кризисных и чрезвычайных ситуаций из которых нужно выбрать оптимальное [4].

Предлагается следующий перечень задач и предложений для решения проблемных вопросов, основные направления и пути развития системы управления МЧС РФ при интеллектуальной поддержке оперативно-служебной деятельности должностных лиц подразделений МЧС России:

– подготовка и переподготовка специалистов подразделений ЦУКС, их обучение;

– автоматическое формирование логических выводов по накопленным ранее знаниям и статистическим данным;

– автоматическое обобщение и интерпретация знаний, получаемых от должностных лиц «кризисных» объектов и территорий, а также от экспертов;

– исключение из сферы деятельности личного состава ЦУКС тривиальных и часто повторяющихся операций;

– сокращение длительности цикла управления в подразделениях за счёт автоматизации составляющих этого цикла и другие задачи.

Все эти задачи можно решать с применением современных достижений в области систем искусственного интеллекта. В качестве примера рассматривается разработка системы интеллектуальной поддержки принятия решений по ликвидации ЧС на основе продукционной модели знаний. Система разрабатывается при помощи логического языка программирования Prolog и современного языка программирования C#.

Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

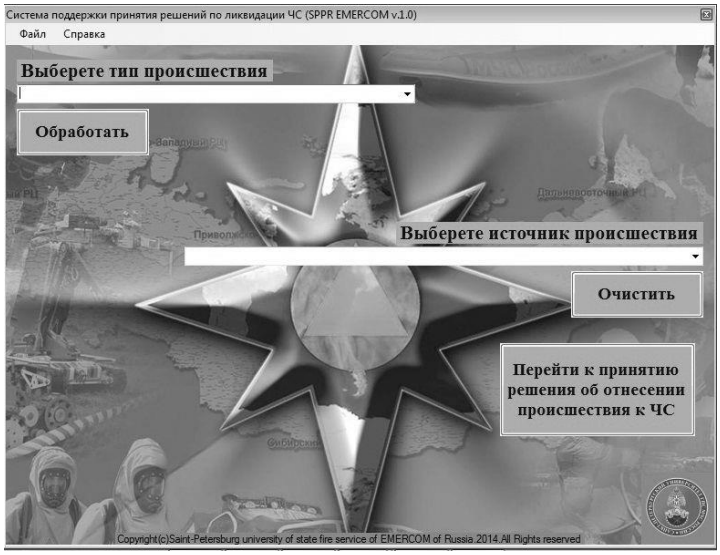


Рисунок 1 – Интерфейс программного комплекса SPPR EMERCOM v.1.0

Для формирования вывода о функционировании системы интеллектуальной поддержки необходима разработка методик, позволяющих оценить эффективность полученных результатов. Вопросы оценки эффективности таких систем рассматривались в различных работах. В [5,6] разработана методика оценки эффективности управления ресурсами гарнизона пожарной охраны, основанная на расчете значений коэффициентов боеготовности силами и средствами гарнизона пожарной охраны, состоящая из 3-х этапов: 1) формирование исходных данных, 2) расчет динамики численности состояний элементов ресурсов гарнизона пожарной охраны 3) расчет значений коэффициентов боеготовности личного состава.

Систему интеллектуальной поддержки предлагается оценивать на основе современных методов исследования операций. По мнению авторов целесообразно производить оценку непосредственно по показателям исхода операций и по выделенным критериям (табл.1) и (табл.2).

Таблица 1

Показатели исхода операции

№ п/п	Свойство	Показатели исхода операции
1	Реакция на критические изменения	Задача выполнена в сроки, определенные регламентом экстренного реагирования
		Задача не выполнена в сроки, определенные регламентом экстренного реагирования
2	Адаптивность	Система способна адаптироваться при внешних воздействиях
		Система не способна адаптироваться при внешних воздействиях
3	Восстанавливаемость	Время, необходимое для восстановления системы до рабочего состояния после повреждения
4	Защищенность	Количество переданных единиц информации соответствуют полученным
		Количество переданных единиц информации не соответствуют полученным

№ п/п	Свойство	Показатели исхода операции
5	Своевременность	Задача выполнена в сроки, определенные регламентом
		Задача не выполнена в сроки, определенные регламентом
6	Полнота	Объем информации соответствует заявленному в регламенте
		Объем информации не соответствует заявленному в регламенте
7	Достоверность (точность)	Информация подтверждена как минимум двумя источниками
		Информация не подтверждена, либо подтверждена одним не объективным источником
8	Объективность	Информация, получена от различных технических средств (без оказания влияния человеческого фактора)
		На информацию оказано влияние внешних факторов
9	Безотказность	Способность системы продолжительное время выполнять свои функции

Таблица 2

Критерии эффективности деятельности органов повседневного управления

№ п/п	Свойство	Критерий
1	Реакция на критические изменения	$K_{критич.реакц} - t_{реагирования} \leq t_{регламента}$
2	Адаптивность	$K_{объективности}$ - 1-система управления способна адаптироваться при изменениях, 0-не способна
3	Восстанавливаемость	$K_{восстанав} - t_{восстановл} \leq t_{регламента}$
4	Защищенность	$K_{защищен}$ - 1-$R_{переданное} = R_{полученному}$, 0-$R_{передан} \neq R_{полученному}$, где R - единица объема информации
5	Своевременность	$K_{своевремн} - t_{выполнения} \leq t_{регламента}$
6	Полнота	$K_{полноты}$ - должен располагаться в интервале $N_{ср.заполн}$ до $N_{полное}$, где $N_{ср.заполн} = M[N_{заполн}]$ $N_{заполн}$ – процент наполненности отчетного документа $N_{полное}$ – полностью заполненный документ или 100%
7	Достоверность(Точность)	$K_{достоверности}$ - 1-получено подтверждение от не менее 2-х источников, 0-получено от 1 источника, либо не получено
8	Объективность	$K_{объективности}$ - 1-информация получена от источника не требующего подтверждения, 0-на информацию оказано влияние внешних факторов
9	Безотказность	$K_{безотказн}$ должен располагаться в интервале $t_{ср.безотк}$ до $t_{общее}$, где $t_{ср.безотказ} = M[t_{рабоч}]$ $t_{рабоч}$ – время работы системы без ошибок $t_{общее}$ – общее время отведенное на выполнение задачи

$$k_{обобщ} = f(k_{критич.реакции}, k_{объективности}, k_{восст.}, k_{защищен.},$$
$$k_{своевремен.}, k_{достоверн.}, k_{объективности}, k_{безотказн.}, k_{полноты})$$

где: $k_{обобщ_m}$ – обобщенный критерий эффективности, для какого-то конкретного АРМа *m* или для задачи *m* (в зависимости от выбранной методики).

Направлением дальнейших исследований является разработка методики оценки эффективности системы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 №794 (ред. от 14.04.2015) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

2. Остудин Н.В. Интеллектуальная поддержка должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при решении задач обеспечения безопасности на транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы. Материалы Юбилейной Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 227-231.

3. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2016. – № 1. – С. 97-106.

4. Матвеев А.В., Максимов А.В. Попивчак И.И. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. – 2015. – № 2(30). – С. 113-117.

5. Водахова В.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – №2 (34). – С. 85-96.

6. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 4. – С. 30-34.

УДК 614

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Иванов Анатолий Николаевич,
к.т.н, доцент СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург
Рыжко Александра Сергеевна,
магистрант, СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

Показана актуальность совершенствования процесса управления безопасностью критически важных и потенциально опасных объектов. Рассмотрено современное состояние этого вопроса. Обоснована необходимость дальнейших теоретических и практических разработок в этом направлении.

Ключевые слова: критически важный объект; потенциально опасный объект; управление безопасностью; промышленная безопасность; модель процесса управления.

FEATURES OF PROCESS SAFETY MANAGEMENT CRITICAL AND POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS

Ivanov A.N.,
PhD in Engineering, Associate Professor of Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg,
Ryzhko A.S.,
Undergraduate student of Saint-Petersburg University of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg

ABSTRACT

The urgency of improving the management of safety critical and potentially dangerous objects. Considered-but the current state of this issue. The necessity for further theoretical and practical developments in this direction.

Keywords: critical object; potentially dangerous object; security management; industrial safety; model of process management.

В настоящее время проблемы управления безопасностью критически важных и потенциально опасных объектов представляются все более актуальными. Это объясняется повышением сложности таких объектов, влиянием неблагоприятных природных воздействий, постоянным усилением роли человеческого фактора, а также возрастанием уровня террористической угрозы. Кроме того, необходимо иметь в виду, что в зонах возможного воздействия поражающих факторов при авариях на критически важных и потенциально опасных объектах в России проживает свыше 90 миллионов человек (60 процентов населения страны) [1].

Под критически важным понимается объект, нарушение или прекращение функционирования, которого, приводит к потере управления экономикой Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или муниципального образования, необратимому негативному изменению или разрушению экономики Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или муниципального образования либо существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях, на длительный период [2].

Потенциально опасный объект – это объект, на котором расположены здания и сооружения повышенного уровня ответственности, либо объект, на котором возможно одновременное пребывание более пяти тысяч человек [2].

Сложность проблемы управления безопасностью вышеперечисленных объектов заключается в ее многогранности, так как требует рассмотрения в комплексе различных аспектов [3]: социально-экономических, организационных, технических, управленческих, информационных, кадровых, психологических и т.д.

В то же время, любые причины, которые способны вызвать чрезвычайную ситуацию на критически важных и потенциально опасных объектах, независимо от источника происхождения приводят к нарушению промышленной безопасности, а последствия этого нарушения проявляются в зависимости от вида объекта в поражающих факторах, присущих конкретному производству.

Поэтому важно понимать, что конечной целью процесса управления безопасностью объекта, является обеспечение промышленной безопасности и нормального его функционирования [4,5]. Анализ нормативно-правовых актов, позволяет делать вывод о том, что на уровне государства вопросы обеспечения промышленной безопасности регламентированы.

С 01 января 2014 года в соответствии с п. 3 статьи 11 Федерального закона от 21.07.1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты определённого класса опасности, обязаны создать системы управления промышленной безопасностью объектов и обеспечивать их функционирование.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 26.06.2013 г. №536 «Требования к документационному обеспечению систем управления промышленной безопасностью» утверждён перечень документов для управления системой промышленной безопасности объекта.

Уделяется большое внимание конкретным составляющим системы обеспечения безопасности, и, в первую очередь, анализу рисков, физической защите объектов от несанкционированного проникновения на них, информационной безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), собственно безопасности технологических процессов [6,7].

Вместе с тем, анализ отдельных публикаций в специализированной печати [8,9], позволяет сделать вывод о том, что, в действительности, на реальных объектах возникает масса проблем, связанных с реализацией процесса управления их безопасностью.

В первую очередь, это отсутствие комплексности в решении вопросов обеспечения безопасности объекта, так за разные её составляющие отвечают различные структуры на самом объекте. Однако всем понятно, что надёжность процесса управления безопасностью объекта, будет в конечном итоге определяться надёжностью самого слабого его звена.

Если на объекте имеются надёжные системы физической защиты периметра, входы оборудованы современными средствами контроля доступа, то с определенной вероятностью можно быть уверенным в том, что попытка несанкционированного проникновения на объект с целью диверсии может быть своевременно обнаружена. Но, если при этом, не обеспечить надёжную информационную безопасность АСУ ТП, то последствия в случае внедрения в неё, могут быть сопоставимы с террористическим актом.

На сегодняшний день в техническом и организационном плане не до конца решены вопросы возможности мониторинга состояния промышленной безопасности объекта структурами МЧС России через информационные сети этих объектов. Проблематичным является обеспечение надёжной защиты канала доступа структуры МЧС России в объектовую информационную сеть, которая является элементом АСУ ТП. Существует и масса других проблем.

Таким образом, проблема комплексного управления процессом обеспечения безопасности критически важных и потенциально опасных объектов на сегодняшний день требует серьёзной разработки с использованием современных научных методов [10,11,12].

Необходим системный анализ данного процесса, выявление его особенностей, разработка адекватной модели его функционирования, разработка методики оценки его эффективности.

Только в этом случае появится возможность противостоять угрозам безопасности критически важных и потенциально опасных объектов и своевременно принимать научно обоснованные решения.

Список литературы

1. Поручение Президента Российской Федерации от 15.11.2011г. № Пр-3400 «Основы государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации и защищенности критически важных и потенциально опасных объектов от угроз техногенного, природного характера и террористических актов на период до 2020 года».

2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

3. Воднев С.А., Крупкин А.А., Матвеев А.В. Формирование требований к защите потенциально опасных объектов от природных и техногенных поражающих факторов // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2016. – № 14-1. – С. 139-145.

4. Матвеев А.В., Матвеев В.В. Системно-кибернетический подход к определению понятия «безопасность» // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2015. – № 1 (9). – С. 18-25.

5. Магулян Г.Г., Матвеев А.В. Общий подход к моделированию систем обеспечения безопасности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2011. – №5(133). – С. 73-77.

6. Приказ МЧС РФ от 4 ноября 2004 года № 506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта».

7. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 14 марта 2014 г. № 31 «Требования к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды».

8. Пучнин, А.О. Актуальные проблемы обеспечения безопасности критически важных объектов // Системы безопасности. – 2010. – №4. – С.12-14.

9. Надеждин Ю. Безопасность АСУ ТП критически важных объектов // Системы безопасности. – 2014. – № 2. – С. 34-39.

10. Матвеев А.В. Схема выработки управленческих решений на основе структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2013. – №1. – С. 60-68.

11. Матвеев А.В., Бурлов В.Г. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2012. – №3(23). – С. 6-13.

12. Зенина Е.А., Матвеев А.В. Синтез модели и способов функционирования системы в условиях конфликта // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012. – № 3(150). – С. 72-79.

УДК 614

СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Лещинский Павел Дмитриевич,
адъюнкт СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность применения сетецентрической системы управления в МЧС России, в том числе её содержательное наполнение, важные свойства и преимущества.

Ключевые слова: сетецентрическая система; сетецентрическое управление; сеть.

NETWORK-CENTRIC MANAGEMENT AS ONE OF THE DIRECTIONS OF INCREASE IN SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS

Leshchinsky P.D.,
Graduated, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint- Petersburg

ABSTRACT

In article the possibility of application of a network-centric management system in Emercom of Russia, including its substantial filling, important properties and benefits is considered.

Keywords: network-centric system; network-centric management; network.

В последние годы в научных кругах уделяется повышенное внимание обеспечения безопасности в Российской Федерации. Основным органом, отвечающим за вопросы обеспечения безопасности, в частности предупреждения и ликвидации ЧС является МЧС России [1, 2].

Современная модель управления МЧС России базируется на новых технологиях, в первую очередь – на информационных технологиях, которые позволяют обеспечить высокие показатели управления такие, как оперативность принятия решений и эффективность взаимодействия участвующих в операциях по предупреждению и ликвидации последствий стихийных бедствий [3-5]. Появление новых информационных технологий обусловили возникновение нового научно-практического направления – сетецентризм [6-8]. Основной смысл сетецентрической модели состоит в информационной интеграции всех подразделений МЧС России, участвующих в ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС). Иным словами создается всеобъемлющая «сеть», связывающие все составляющие части подразделений, участвующих в борьбе с ЧС, и дающая синергетический эффект от интеграции [9]. Таким образом, меняется сам способ ликвидации ЧС. Сами действия получают качественное изменение в сторону повышения эффективности, связанное с получением подразделениями и действующими лицам точной, исчерпывающей и достоверной информации. Построение подобной «сети» и следует считать технологической основой сетецентрической модели. В литературе выделяют следующие преимущества, которые дает сетевой подход:

– лучшая синхронизация действий подразделений на месте ЧС;

– повышение управляемости за счет ускорения прохождения команд от руководителей;

– повышается эффективность, соответственно и сокращаются время на ликвидацию ЧС.

Рассмотрим основные принципы сетецентрических операций, с помощью которых достигаются перечисленные преимущества:

1. Информационное превосходство – наличие (получение) многоаспектной, точной и релевантной информации. Для этого необходимо:

– обеспечить широкий доступ к информации задействованных подразделений через сетевые механизмы и инструменты обратной связи, надежно защитив их от внедрения противников;

– сократить потребность в статической информации за счет обеспечения доступа к широкому спектру оперативной информации в реальном времени.

2. «Всеобщая осведомленность» [10] – передача необходимой информации и данных всем участникам ликвидации ЧС. Для этого необходимо:

– построение интегрированной информационной сети, в которой собирается, обрабатывается, и предоставляется оперативная информация, охватывающая все подразделения;

– преобразование пользователей информации одновременно в поставщиков информации, способных активировать обратную связь;

– максимальная защита доступа к этой сети от лиц, кому не предназначена данная информация, с одновременной максимальной доступностью ее для задействованных подразделений.

3. Ускорение прохождения команд и принятия решений. Для этого необходимо:

– адаптируясь к условиям ЧС, сокращать время принятия решений и их передачи, переводя это качество в успешную борьбу с ЧС.

4. Распределенность и координация сил и действий – задача состоит в перераспределении силы от линейной конфигурации на месте ЧС к ведению точечных операций по ее ликвидации. Для этого необходимо:

– перейти в основном от физического занятия обширного пространства места ЧС к функциональному контролю над наиболее важными стратегическими элементами ЧС;

– перейти к рассредоточенным действиям во времени и пространстве, но в нужный момент иметь возможность сосредоточить критический объем сил в конкретном месте ЧС;

– усилить тесное взаимодействие разведки и эффективного командования и обеспечения для реализации точных воздействий.

5. Расширение и повышение качества и количества источников инфор- мации, как в районе ЧС, так и вне его. Достигается за счет:

– объединение в единую систему данных, получаемых разведкой, наблюдением и системами распознавания;

– использование сенсоров как главных маневренных элементов.

6. Сжатые операции – преодоление структурных и процедурных разграничений между различными службами и возможностью полного доступа к разнородной информации. Для этого осуществляется:

– повышение скорости развертывания и применения сил и средств;

– устранение структурных разграничений на нижележащих уровнях подразделений.

Таким образом, принцип «информационной всеобщей доступности» играет ключевую роль в сетецентрической модели управления силами и средствами МЧС России [11].

Модель содержит следующие четыре компонента:

1. Сеть мониторинга. Она предназначена для реализации процессов сбора и передачи информации о состоянии объектов назначенного для наблюдения пространства и состоит из совокупности сенсоров, в качестве которых могут выступать датчики, наблюдатели, информаторы и т.д. Сеть обеспечивает регистрацию, селекцию и трансляцию значе-

ний параметров наблюдаемых объектов. Она формироваться из таких компонентов как система мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования, операторы Единых дежурно-диспетчерские служб «ЕДДС-112», сопрягаемые источники информации других министерств и ведомств (Минобороны, МВД, Нацгвардии и др.)

2. Сеть управления представляет собой взаимосвязанную совокупность центров управления, на которых работают должностные лица органов управления. Назначение этой сети – принятие решений в соответствии со складывающейся обстановкой и доведение их до исполнителей. В состав сети управления следует включить Центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) различных уровней иерархии, ЕДДС муниципальных образований, дежурно-диспетчерские службы объектов, мобильные пункты управления для работы в кризисных ситуациях и ликвидации крупных пожаров и т.п.

3. Сеть сил и средств. Ее назначение состоит в непосредственном выполнении задач, стоящих перед системой в целом. В эту сеть входят непосредственные исполнители и обеспечивающие структуры (акторы). Она подлежит комплектованию из подразделений пожарной охраны и поисково-спасательной службы, спасательных воинских формирований, специалистов психологической службы, привлекаемых добровольных формирований и др.

4. Информационная (информационно-управляющая) сеть. Она обеспечивает доступ элементов других сетей ко всей необходимой информации. Данная сеть представляется как результат интеграции автоматизированной информационно-управляющей системы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС, автоматизированной системы оперативного управления в кризисных ситуациях (автоматизированной системы ЦУКС), информационных систем ЕДДС и т.п.

Список литературы

1. Воднев С.А., Максимов А.В. Анализ проблем в сфере обеспечения пожарной безопасности в России // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 9-1. – С. 120-125.

2. Максимов А.В., Матвеев А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе государственной противопожарной службы МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 1. – С. 62-68.

3. Бородакий Ю.В., Лободинский Ю.Г. Информационные технологии в военном деле (основы теории и практики применения). – М.: Горячая линия-Телеком, 2008.

4. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – №4 (36). – С.75-81.

5. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 4. – С. 30-34.

6. Матвеев А.В., Максимов А.В. Попивчак И.И. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. – 2015. – № 2(30). – С.113-117.

7. Иванов А.Ю., Максимов А.В. Перспективы разработки сетецентрической системы управления силами и средствами в МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014. – № 1 (29). – С.109-112.

8. Военная доктрина в третьем варианте // Российская газета. – 2009. – № 220.

9. Иванов А.Ю., Максимов А.В. О сетецентрической модели операций по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2013. – №2 (26). – С.83-87.

10. Cebrowski Arthur K., Garstka John J. Network-Centric Warfare: Its Origins and Future. U.S. Naval Institute Procedings, January 1998.

11. Иванов А.Н., Максимов А.В. Обоснование выбора показателей качества функционирования сетецентрической системы управления МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2014. – № 1 (9). – С. 5-10.

УДК 614

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Ильин Алексей Викторович,

преподаватель СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург

Крылов Алексей Валериевич,

Главное управление МЧС России по Магаданской области, г. Магадан

АННОТАЦИЯ

Представлены причины разработки информационно-аналитического обеспечения для оценки уровня пожарной безопасности объектов и информационного сопровождения процессов пожаротушения. Рассмотрены практические результаты внедрения систем поддержки принятия решений.

Ключевые слова: управление; информационно-аналитическое обеспечение; система поддержки принятия решения.

THE PROSPECTS OF USE SYSTEM OF DECISION MAKING IN CASE OF THE FIRE

Ilyin A.V.,

Lecturer, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg

Krylov A.V.,

Main Department of EMERCOM of Russia in the Magadan region, Magadan

ABSTRACT

The reasons of development of information and analytical providing for assessment of level of fire safety of objects and information maintenance of processes of fire extinguishing are provided. Practical results of implementation of systems of decision making are considered.

Keywords: management; information and analytical ensuring; system of decision-making.

Современный этап развития общества поставил перед теорией и практикой государственного управления задачу комплексного развития системы предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые возникают, совершенствование управления этой системой. Ее решение тесно связано с особенностями проектирования эффективных организационных структур, которые непосредственно выполняют соответствующие управленческие функции. Препятствием этому является кадровый и ресурсный дефицит, что в современных условиях отражается на основных показателях, к которым относятся время проезда к месту пожара, время его локализации и ликвидации [1, 2].

В таких условиях объективная информация составляет один из важнейших элементов системы управления при пожаротушении.

В этой связи, особую остроту приобретает задача создания, функционирования и развития информационно-аналитического обеспечения деятельности пожарных подразделений [3, 4]. В России соответствующее направление находится на начальном этапе развития. После каждого пожара составляют описание, которое содержит более ста количественных и нечисловых значений. Создание и анализ таких обширных информационных баз, которые стали бы источником новых знаний, предназначенных для прогнозирования будущих пожаров и выполнения мероприятий по их предупреждению и тушению, являются важными и необходимыми задачами. Существующие же процедуры сводятся к вычислению трех-пяти статистических показателей – общего количества средних значений и построения графиков динамики.

Необходимость создания системы противопожарного мониторинга, минимизации времени проезда к месту пожара, уменьшение количества ошибок личного состава при тушении пожаров и разработки процедур оптимального распределения имеющихся ресурсов обусловливают необходимость создания автоматизированных систем для поддержки принятия управленческих решений [5-9]. Вместе с тем, проблема разработки информационно-аналитического обеспечения для оценки уровня пожарной безопасности объектов и информационного сопровождения процессов пожаротушения остается неосвещенным. Проектирование и совершенствование указанных структур управления чаще строится на основе только качественных показателей и оценок.

При создании новых объектов управления, в основном, применяются только типичные структурные решения. В свою очередь, проектирование любой структуры управления, а тем более в сфере государственного управления безопасностью населения, – сложная задача, требующая учета значительного числа факторов, которые являются определяющими в деятельности аппарата и структуры, влияющие на выбор оптимальных вариантов управленческих решений [10]. Характерной чертой государственного управления пожарной безопасностью можно считать своевременную и исключительно правильную реакцию субъекта управления на обстоятельства, которые быстро меняются, на непредвиденные события, которые требуют немедленных действий от соответствующей организационной структуры.

Новые условия управления, связанные с коренными изменениями социальной и экономической среды, значительно ограничили возможности использования «традиционных» типовых структур и старых инструментов управления. Это касается как государственных оперативных и аварийно-спасательных служб, так и органов и подразделений Государственной противопожарной службы, которые первыми прибывают на место опасного события. Таким образом, разработка научно обоснованных механизмов государственного управления, методов анализа существенных функций государственных органов управления предотвращением и ликвидацией последствий ЧС и эффективных технологий построения их организационных структур [11] является актуальной научной проблемой.

Для повышение эффективности функционирования противопожарных подразделений необходимо решить следующие научные задачи: определить адекватное место управленческих подразделений в системе государственного управления предупреждением и реагированием на ЧС, разработать алгоритм оценки связи элементов в системе управления аппаратом (подразделением) с использованием теории нечетких множеств и лингвистического анализа сходства в соответствии с имеющейся нормативно-правовой базой, разработать модель и решить задачу идентификации оценки уровня пожарной безопасности промышленных объектов на основе учета композиции внутренних и внешних факторов, что позволит проводить адекватные профилактические и предупредительные меры, разработать: модель функции времени проезда пожарного подразделения к месту пожара и ме-

тод ее оптимизации на базе генетического алгоритма, что позволит минимизировать время на принятие решений за счет автоматизированного расчета оптимального пути.

Практическое значение полученных результатов позволит разработать новый подход к анализу функций управления подразделениями пожарной охраны, осуществляя выбор наиболее эффективной в конкретных условиях методики структуризации целей и функций, следовательно, снижение трудоемкости этого процесса, обеспечивая возможность для планомерной деятельности по созданию оптимальной системы государственного управления предупреждением и реагированием на ЧС [12].

Список литературы

1. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2015. – № 1 (13). – С. 67-73.

2. Воднев С.А., Максимов А.В. Анализ проблем в сфере обеспечения пожарной безопасности в России // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 9-1. – С. 120-125.

3. Матвеев А.В., Максимов А.В. Попивчак И.И. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. – 2015. – № 2(30). – С.113-117.

4. Артамонов В.С., Кадулин В.Е., Козленко Р.Н. Информационное обеспечение государственной пожарно-спасательной службы в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России.– 2003. – № 3. – С.58.

5. Матвеев А.В., Одоевский С.М. Оптимизация распределения ресурсов на защиту объектов от чрезвычайных ситуаций методом линейного программирования // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2011. – №4. – с.24-32.

6. Артамонов В.С., Кадулин В.Е., Козленко Р.Н. Информационное обеспечение государственной пожарно-спасательной службы в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России.– 2003. – № 3. – С.58.

7. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – №4 (36). – С.75-81.

8. Иванов А.Ю., Алексеева Е.В. Критерии оценки информации для системы поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2012. – № 4. – С. 1-6.

9. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 4. – С. 30-34.

10. Водахова В.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – №2 (34). – С.85-96.

11. Зенина Е.А., Матвеев А.В. Синтез модели и способов функционирования системы в условиях конфликта // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012. – № 3(150). – С. 72-79.

12. Матвеев А.В. Системное моделирование управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций: Дис. канд. техн. наук. – СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2007.

УДК 614

ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПРИ ПОДАЧЕ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Ильин Алексей Викторович,
преподаватель СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург
Уткин Олег Валерьевич,
СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность применения, разработанной программы для подбора наиболее подходящей схемы расстановки сил и средств, определения напора на насосе автомобиля, количество рукавов в магистральной линии и фактический расход.

Ключевые слова: программное обеспечение; алгоритм; программа.

PROGRAM AND ALGORITHMIC REASONS FOR MANAGEMENT OF FIRE DIVISIONS ON SUPPLY OF FIRE EXTINGUISHING SUBSTANCES

Ilyin A.V.,
Lecturer, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg
Utkin O.V.,
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg

ABSTRACT

In article the possibility of application, the developed program for matching of the most suitable scheme of alignment of forces and means, determinations of a pressure on the car pump, quantity of sleeves in the main line and the actual expense is considered.

Keywords: software; algorithm; program.

В настоящее время при тушении пожаров должностные лица, всех уровней сталкиваются с усложнением оперативно тактической обстановки на пожаре [1], а так же с нехваткой личного состава, что заставляет принимать решения в кратчайшие сроки [2, 3]. Одним из основных условий ликвидации пожара является минимизация времени доставки огнетушащих веществ к месту пожара.

Для облегчения анализа оперативно-тактических действий пожарных подразделений применяют различные системы поддержки принятия решений [4-7], но существует необходимость в разработке программ, носящих оперативный характер, которые позволяли бы должностным лицам решать задачи управления непосредственно на пожаре. Поэтому возникла идея разработать программное обеспечение, позволяющее в кратчайшие сроки выбрать одну из наиболее подходящих схем оперативно тактического развертывания по заданным параметрам [8], а так же рассчитать насосно-рукавные системы.

Для разработки данного программного обеспечения были составлены модель и алгоритмы. Цифровая модель схемы оперативно-тактического развертывания позволяет в виде ряда из девяти цифр и позволяет составить более девяноста схем развертывания сил и средств пожарных подразделений (рис. 1).

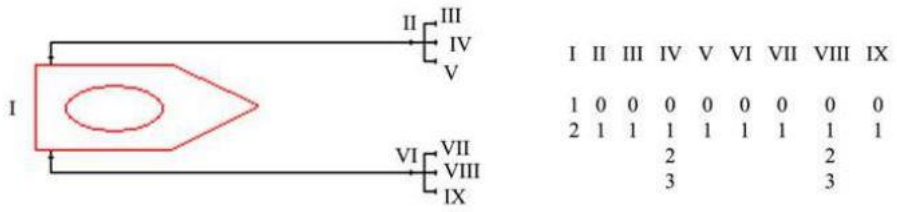


Рисунок 1 – Цифровая модель оперативно-тактического развертывания

– позиция I может принимать значения 1 или 2 что соответственно означает одна или две магистральные линии используются для подачи огнетушащих веществ;

– позиция II может принимать значения 0 или 1 что соответственно означает, есть или нет разветвление на первой магистральной линии (0 – нет разветвления, 1 – есть разветвление);

– позиция III может принимать значения 0 или 1 что соответственно означает, есть или нет ствола РС-50 на левом патрубке разветвления первой магистральной линии (0 – нет ствола, 1 – есть ствол РС-50);

– позиция IV может принимать значения 0,1,2 или 3 что показывает есть или нет ствол на центральном патрубке разветвления первой магистральной линии (0 – нет ствола, 1 – есть ствол РС-50, 2 – есть ствол РС-70(19), 3 – есть ствол РС-70(25));

– позиция V может принимать значения 0 или 1 что соответственно означает, есть или нет ствола РС-50 на правом патрубке разветвления первой магистральной линии (0 – нет ствола, 1 – есть ствол РС-50); позиция VI может принимать значения 0 или 1 что соответственно означает, есть или нет разветвление на второй магистральной линии (0 – нет разветвления, 1 – есть разветвление);

– позиция VII может принимать значения 0 или 1 что соответственно означает, есть или нет ствола РС-50 на левом патрубке разветвления второй магистральной линии (0 – нет ствола, 1 – есть ствол РС-50); позиция VIII может принимать значения 0, 1, 2 или 3 что показывает есть или нет ствол на центральном патрубке разветвления первой магистральной линии (0 – нет ствола, 1 – есть ствол РС-50, 2 – есть ствол РС- 70(19), 3 – есть ствол РС-70(25));

– позиция IX может принимать значения 0 или 1 что соответственно означает, есть или нет ствола РС-50 на правом патрубке разветвления первой магистральной линии (0 – нет ствола, 1 – есть ствол РС-50). Пример цифровой модели приведен на рисунке 2.

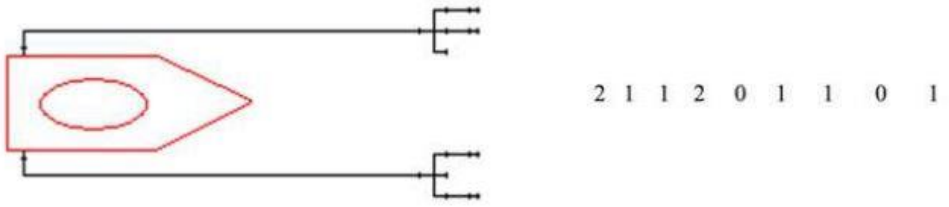


Рисунок 2 – Пример цифровой модели оперативно-тактического развертывания сил и средств

На примере отражена схема развертывания сил и средств по подаче 3 стволов РС-50 и одного ствола РС -70(19) по двум магистральным линиям, с использованием двух разветвлений.

Далее для создания программного продукта был разработан алгоритм, просчитывающий и выбирающий наиболее подходящие под заданные условия схемы.

На основе алгоритма был разработан программный продукт, который по введенным данным: требуемый расход, расстояние от водоисточника, высота подъема ствола и диаметр магистральных линий, подбирает наиболее подходящие схемы, а так же: напор на насосе автомобиля, количество рукавов в магистральной линии и фактический расход.

Скриншоты программы представлены на рисунках 3,4. В представленной программе использованы не упрощенные, а полные формулы по расчету насосно-рукавных систем.

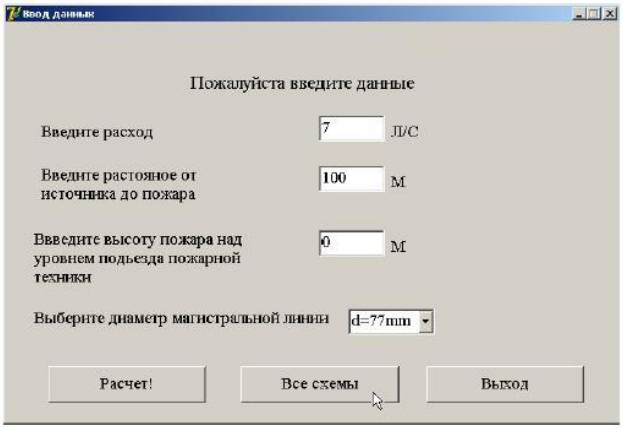


Рисунок 3 – Главная страница

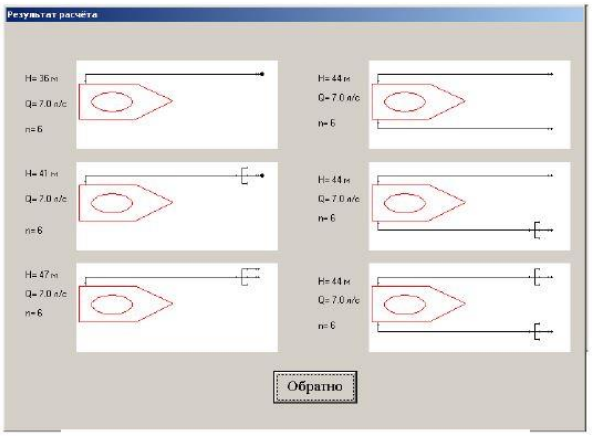


Рисунок 4 – Результаты расчета

В результате чего производятся более точные расчеты напоров на насосе. Благодаря простоте программа не требует затрат времени на дополнительное обучение. Программа рассчитана на поддержку принятия управленческих решений в минимальные сроки (расчет длится несколько секунд). Оперируя данными полученными при инструментальной оценки параметров пожара, и зная требуемый расход огнетушащих веществ можно проводить расчет насосно-рукавных систем.

Список литературы

1. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник / Под общей редакцией В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014. – 137 с.

2. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). – 2015. – № 1 (13). – С. 67-73.

3. Воднев С.А., Максимов А.В. Анализ проблем в сфере обеспечения пожарной безопасности в России // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 9-1. – С. 120-125.

4. Иванов А.Ю., Скребов В.Н., Алексеева Е.В. Анализ существующих систем поддержки принятия решений и их информационного базиса // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2011. – № 4(11). – С.120-129.

5. Крупкин А.А., Максимов А.В., Программное обеспечение для расчета коэффициентов боеготовности гарнизона пожарной охраны // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 11-1. – С. 116-120.

6. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2015. – №4 (36). – С.75-81.

7. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Вестник Санкт-

Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – № 4. – С. 30-34.

8. Повзик Я.С., Пожарная тактика: учебное пособие. – М.: Спецтехника, 2004. – 416 с.

ОЧИСТКА РЕЗЕРВУАРОВ ОТ ОСТАТКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Лаптева Ирина Анатольевна,

студент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, г. Комсомольск-на-Амуре

Сарилов Михаил Юрьевич,

д.т.н., профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, г. Комсомольск-на-Амуре

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются причины выделения и накопления отложений нефтепродуктов, проанализированы основные недостатки уже известных способов очистки и описан наиболее выгодный, универсальный и качественный способ очистки.

Ключевые слова: резервуары; остатки нефтепродуктов; способы очистки; техническое оборудование; удаление отложений; достоинства и недостатки; криогенный бластинг.

CLEANING TANK FROM OIL RESIDUES

Lapteva I.A.,

Student, Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur

Sarilov M.Y.,

Doctor in Engineering, Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur

ABSTRACT

This article discusses the causes of the isolation and the accumulation of oil deposits, analysis of the main disadvantages of known purification methods and described the most favorable, versatile and high-quality way of cleaning.

Keywords: tanks; petroleum residues; purification methods; technical equipment; removal of deposits; advantages and disadvantages; cryogenic blasting.

Нефтеперерабатывающая промышленность – одна из самых важных отраслей производства. Нефть является важнейшим экспортным товаром в мировой торговли. Существует очень большое количество НПЗ и нефтебаз по всему миру, которые эксплуатируют различное оборудование для хранения, перевозки и переработки нефти.

Самым распространённым оборудованием для хранения нефти и нефтепродуктов является резервуар. При долгом хранении нефтепродуктов в резервуарах образуются нефтяные отложения, что затрудняет их дальнейшую эксплуатацию. На состав отложений влияют такие факторы, как смешение различных сортов нефтепродуктов, многократные подогревы, длительные сроки эксплуатации резервуаров без периодических очисток. Что приводит к накоплению осадков, их уплотнению и образованию твёрдой массы [1].

На сегодняшний день существует множество запатентованных новых способов очистки резервуаров с применением различного оборудования и новейших технологий. Многие из них внедрены в производство и используются в настоящее время. Цель созда-

ния нового способа очистки – это устранение недостатков уже известных способов. К ним относятся большое потребление энергии и воды, дороговизна оборудования и моющих средств, плохая регенерация реагентов, загрязнение окружающей среды, проблема подбора растворителя для различных условий.

Проанализировав большое количество патентов, можно сделать вывод, что наиболее выгодный, качественный и эффективный способ очистки – это криобластинг. Криогенный бластинг – это один из новых способов очистки металлических поверхностей от различных загрязнений и отложений. Данный метод аналогичен пескоструйной очистке. Его инновационная технология заключается в очистке поверхностей резервуаров путём механического воздействия высокоскоростной напорной струи гранул сухого льда. При соприкосновении льда (при температуре -79℃) с отложениями происходит замораживание, т.е. плёнка углеводородов переходит в хрупкое состояние. Поэтому высокоскоростная напорная струя сухого льда легко разрушает слой отложений.

Такой вид материала имеет ряд преимуществ: нетоксичен, а значит, не загрязняет окружающую среду, не воспламеняется, не имеет запаха, не проводит электрический ток.

Проводя сравнительную характеристику данного метода с другими способами очистки, были выявлены и другие преимущества. К ним относятся: высокое качество очистки, высокая скорость очистки, которая в 2-4 раза больше, чем при обычных способах очистки, отсутствие повреждений на поверхности резервуаров после завершения работ, уменьшение вторичных отходов, удаление ржавчин, переход материала в газообразное состояние, что не требует дополнительного удаления материала из резервуара. И главное достоинство – это экологическая безопасность для людей и окружающей среды, т. к. материал не содержит в себе каких-либо моющих средств, в процессе работы с которыми могут образоваться вредные, опасные и токсичные соединения. Результатами внедрения криогенной очистки являются повышение производительности работ и уменьшение взрывоопасности процесса. А также данный способ очистки может использоваться при отрицательных температурах, что является большим преимуществом перед другими методами очистки [2].

Список литературы

1. Резервуары для нефти и нефтепродуктов. Конструкции и оборудование. Том 1. / Ф.Ш. Ахметов [и др.]. – СПб : Недра, 2010. – 476 с.

2. Васильцов А.С. Средства очистки контроля поверхностей резервуаров методом углекислого бластинга : дис. …канд. техн. наук: 05.11.13. – Красноярск, 2011. – 111 с.

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ЗМЕЕВИКА ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ

Летягина Арина Сергеевна,
студент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, г. Комсомольск-на-Амуре
Сарилов Михаил Юрьевич,
д.т.н., заведующий кафедрой «МАХП» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, г. Комсомольск-на-Амуре

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается способ защиты от коррозии змеевика трубчатой печи за счет покрытия калача труб и стыковочных с ним сварных швов графитовым составом. Такое покрытие обеспечит надежность, живучесть змеевика и обеспечит защиту труб от агрессивной среды, из чего следует увеличение срока службы трубчатой печи в целом.

Ключевые слова: змеевик; графитовое покрытие; калач; трубчатая печь.

IMPROVING LIFE COIL TUBE FURNACE

Letyagina A.S.,
Student Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur
Sarilov M.Y.,
Ph.D., professor of Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur

ABSTRACT

This article describes a new way of upgrading a tube furnace coil by covering Kalach pipes and connecting with it welds the graphite structure. This coating will provide the reliability, survivability, safety coil, which implies an increase in the term of service of a tube furnace in general.

Keywords: coil; graphite coating; loaf; tube furnace.

Трубчатая печь – это один из наиболее важных, ответственных и теплонапряженных видов технологического оборудования, в частности, в нефтепереработке. Она входит в состав большинства установок, таких как ЭЛОУ-АВТ, риформинга, установки гидроочистки, изомеризации, каталитического крекинга, селективной очистки и др. В следствие этого требуется поддержание её работоспособности в условиях производства непрерывного типа. Эта необходимость призывает искать новые различные методы для того, чтобы продлить срок службы печи и повысить её безопасность эксплуатации и надежность.

Змеевик – это особенно напряженная и ответственная часть трубчатой печи, которая главным образом подвергается коррозии и износу, испытывает опасные нагрузки и деформации. Поэтому разумно обеспечить дополнительную защиту змеевика от негативного воздействия чтобы увеличить срок службы печи в целом.

Калач, соединяемый прямолинейные участки труб, является самым чувствительным к воздействию высоких температур, и склонным к закоксовыванию элементом в змеевике. Связано это, в том числе, и с гидравлическими условиями перемещения продукта, который проходя повороты калача испытывает гидравлическое сопротивление, снижая тем самым скорость течения. Из этого следует усугубление условий теплопередачи, возрастают отложения кокса на внутренней поверхности, что так же понижает теплоотдачу к продукту. Из-за этого, в свой черед, происходит перегрев стенки трубы и увеличивается скорость протекания коррозионных процессов. Причем применение достаточно дорогих легированных сталей кардинально эту проблему не решит.

Для решения вышеперечисленных проблем предлагается способ защиты в виде нанесения графитового покрытия на калач змеевика и его стыковой сварной шов. Данное предложение позволит снизить коррозию змеевика, повысить срок службы и безопасность змеевикового экрана и трубчатой печи в целом. В пользу предлагаемого решения говорит следующее.

Во-первых, графит служит антикоррозионным веществом, что делает его очень ценным материалом во многих производственных процессах. При возрастании температуры на 100^0С, коррозия может увеличиваться в несколько раз. Кроме того, в состав топочных газов в большом количестве входят сернистый газ, азотистые соединения, водород, водяные пары и другие агрессивные агенты, вызывающие коррозию. Поскольку в трубчатой печи довольно высокие температуры, коррозия змеевика, и тем более сварных швов, в таких агрессивных эксплуатационных условиях наиболее вероятна. Графит в данной среде выступает достойным покрытием для защиты от этого негативного явления.

Во-вторых, графит является огнеупорным материалом, отличающийся способностью сохранять свои функциональные свойства при воздействии на него пламени и высоких температур. В радиантной камере трубчатой печи это особо важно, т. к. змеевик в отдельных случаях может контактировать на прямую с племенем горелки. А графитовое покрытие в таких ситуациях сможет обеспечить устойчивую защиту и материала калача, и уязвимого сварного шва.

В-третьих, графит представляет собой высокотеплопроводный материалом. В зависимости от плотности, температуры и пористости, теплопроводность графита находится в интервале от 278,4 до 2435 Вт/(м·К) [1]. Для сравнения, теплопроводность стали марки 15Х5М расположена в диапазоне от 33 до 37 $\frac{\text{Вт}}{\text{м·К}}$ в зависимости от температуры окружающей среды [2]. Следовательно, теплообмен между стенкой трубы и нагреваемым продуктом при нанесении графитового покрытия не ухудшится, и продукт будет по-прежнему нагреваться до заданных температур.

В-четвертых, графит – это неплавкое вещество. Он надежно переносит воздействие высоких температур, становясь тверже от их воздействия, а сублимируется (т.е. переходит из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу) при обычном давлении только при 3845-3890^{0}С [3]. Такое свойство графита позволяет применять его в трубчатой печи, где температура факела достигает 1700-1900 ^{0}С [4].

Пятое. Для радиантных камер печей немаловажное значение имеет степень черноты нагреваемого тела. И с этой точки зрения графитовый слой является выигрышным, обеспечивая более темную поверхность по сравнению с материалом змеевика, выполненным из стали.

Очень значимое свойство графита – это его инертность. Даже при высоких температурах он не вступает в реакцию с контактирующими веществами и материалами, поэтому графит нашел применение во многих отраслях промышленности.

Нанесенный графитовый слой должен быть гладкий, формироваться без зазоров. Это необходимо для условий наилучшей теплопередачи от излучающей поверхности факела к продукту.

Все эти положительные свойства графита позволяют использовать его в трубчатой печи в качестве защитного покрытия змеевика, предотвратить коррозию труб и калачей и увеличить срок службы оборудования, не нарушая при этом теплообмена между нагревающей средой и нагреваемым продуктом.

Список литературы

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Графит

2. Теплопроводность стали и чугуна, теплофизические свойства стали. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://thermalinfo.ru/svojstva-materialov/metally-i-splavy/teploprovodnost-stali-i-chuguna-teplofizicheskie-svojstva-stali (дата обращения: 05.11.2016)

3. Графит, свойства графита, применение графита, продажа графита, терморасширенный графит. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://graphite-gbg.com/ru/stati/grafit.html (дата обращения 05.11.2016)

4. Ентус Н.Р., Шарихин В. В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М.: Химия, 1987. – 304 с.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Шкиря Анна Вячеславовна,

магистрант Университета ИТМО, г. Санкт-Петербург

Торосян Елена Константиновна,

к.э.н, доцент Университета ИТМО, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с рисками при внедрении корпоративных информационных систем в организациях. Управление этими рисками, методы их оценки, а также мероприятия по устранению рисков.

Ключевые слова: риски; информационные системы; методы; контроль.

RISK MANAGEMENT IN IMPLEMENTATION OF CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

Shkirya A.V.,

Undergraduate of ITMO University, St. Petersburg

Torosyan E.K.,

PhD in Economics, Associate Professor of ITMO University, St. Petersburg

ABSTRACT

This article discusses issues related to the risks in the implementation of enterprise information systems in organizations. These risks management, methods of assessment, as well as measures to address the risks.

Keywords: risks; information systems; methods; control.

Риски при внедрении информационных технологий можно условно разделить на две группы: риски, связанные с обеспечением непрерывности бизнеса, и риски реализации новых проектов. Первая группа рисков связана с вопросами эксплуатации ИТ-систем, обеспечения коммуникаций, информационной безопасности, сохранности информации, восстановления после аварий и т.д. Вторая группа связана с внедрением корпоративных информационных систем управления предприятием. При внедрении корпоративной информационной системы всегда присутствует неопределенность, которая является определенной группой неизвестных параметров в будущем, а, значит, отсутствием точности о возможных событиях, которые будут либо складываться благоприятно или напротив. Позитивные результаты таких событий обусловлены благоприятными возможностями, а негативные – рисками.

Как правило, проект внедрения КИС, являющийся в основном результатом благоприятной возможности, всегда сопровождается рисками. Причем, чем значительнее благоприятная возможность, тем выше связанный с нею риск. Риск любого проекта, в том числе внедрения КИС, характеризуется тремя факторами: особенностями неблагоприятного события, вероятностью его наступления и размером возможного ущерба. Как и благоприятная возможность, так и риск наиболее вероятны в начале работы над проектом, если объем ущерба еще незначителен – работы можно остановить, когда фактические затраты и произведенные в ходе проекта изменения невелики. По мере реализации проекта и превращения неопределенностей в конкретные факты вероятность риска и благоприятных возможностей снижается, а объем потенциального ущерба увеличивается.

В ряде случаев риски могут быть превращены в благоприятные возможности, если ими управлять. Но если риски проекта игнорируются или пассивно отрабатываются по мере возникновения проблем, то возможность использовать благоприятные ситуации упускается. Суть управления рисками проекта заключается в активном ослаблении негативных эффектов от неблагоприятных факторов и превращения их в благоприятные возможности.

Для проектов внедрения КИС, наилучшей защитой от риска является идентификация критериев успеха, с помощью которых можно, в конечном счете, дать оценку проекта. Одобрение критериев успеха спонсором или основными заинтересованными лицами является одним из исходных элементов планирования будущего проекта внедрения КИС [2].

Цель задачи управления рисками, в том числе и при внедрении КИС, – прогнозирование предпосылок (источников) рисков, влекущих негативные последствия, и путей ослабления их воздействий.

Большинство специалистов в области управления рисками пришли к выводу, что управление риском проекта состоит из четырех основных этапов: идентификация риска, его оценка, разработка мероприятий по реагированию, документирование и контроль. Рассмотрим подробно все этапы управления риском относительно проекта внедрения КИС.

Исходя из критериев оценки проекта, в первую очередь, необходимо идентифицировать все риски, способные в значительной мере повлиять на достижение его цели и успех. Часто именно на этом этапе работа над рисками прекращается. Возможно, наибольшим препятствием на пути к управлению рисками является интуитивное ощущение того, что риски проекта КИС слишком многочисленны и разнообразны, поэтому главное – определить, какие риски действительно должны привлекать самое пристальное внимание.

Начать работу по идентификации рисков следует с понимания сути проекта внедрения КИС. Какова реальная цель проекта, какие результаты должны быть получены после его завершения, какие существуют временные, финансовые, ресурсные ограничения. Даже если ответы на поставленные вопросы будут содержать большую долю неопределенности, эти вопросы должны быть поставлены в самом начале проекта. Для краткого объяснения проекта внедрения КИС его риски необходимо подразделить на первостепенные и второстепенные, т.е. которые требуют немедленных действий и которые могут быть рассмотрены позже [3].

При старте проекта можно учитывать четыре существующих риска практически любого проекта, в том числе при внедрении корпоративных информационных систем:

– риск низкого качества результатов проекта - выполнение работ с низким уровнем качества и неспособность удовлетворять разумные требования конечных пользователей;

– риск срыва сроков проекта – невыполнение работ в установленные сроки, зависимость выполнения работ от смежных проектов и мероприятий;

– риск увеличения затрат – недостаток определенных бюджетом проекта средств, необходимость увеличения бюджета;

– риск остановки проекта – изменение условий и масштабов проекта.

Данные риски можно признать «универсальными». Если нужно будет анализировать дальнейший ход проекта хотя бы с точки зрения этих рисков, шансы на успех существенно возрастут [2].

Далее следует определить факторы риска. Фактор риска – это характеристики (события, свойства, факты) проекта, которые существенно влияют на него и качество его результатов. В случае с внедрением КИС наиболее значимыми факторами риска являются:

– несоответствие фактического статуса проекта в компании;
– слабый менеджмент проекта;
– несогласованные или нечеткие формулировки цели и результатов проекта;
– разрыв проектной деятельности и организационных изменений;
– недостаточное количество участников проекта;
– несогласованность действий по обеспечению проекта (инфраструктура, техническая архитектура, обучение);
– ротация (увольнение, перевод) участников проекта;
– изменения требований государственных органов к организации и ведению учета и формированию отчетности и т.д.

При выборе факторов риска следует задавать следующие вопросы:

– какова вероятность успеха или неудачи проекта?
– какие выгоды даст реализация проекта КИС?
– какой ущерб может быть получен в случае неудачи?
– каким образом планируется выполнить проект?
– насколько оправдан риск с точки зрения получения ожидаемых выгод?

Данные вопросы позволят сконцентрироваться на выявлении действительно значимых факторов и не останавливаться на изучении малозначительных. Однако это не означает, что малозначительные и маловероятные риски не следует рассматривать вовсе. Малозначительные риски в совокупности могут образовать критическую массу, представляющую серьезную угрозу проекту. Точно так же и маловероятные риски в случае возникновения могут завести проект в тупик.

При оценке рисков необходимо понять, какой факт (событие, результат, действие) является риском, какой предпосылкой риска, а какой последствием. Так, «увольнение члена проектной команды» может быть предпосылкой риска «недостаточное количество участников проекта», может быть самостоятельным риском, измеряемым, например, затратами на обучение этого сотрудника и стоимостью услуг по поиску нового сотрудника, а может быть и последствием риска «недостаточная мотивация участников проекта».

Существует множество моделей и методов для оценки рисков, но, как показывает практика, в большинстве случаев оценку вероятности неблагоприятного события и степени его влияния делают на основе субъективных суждений. Для обеспечения целей проекта КИС достаточно провести элементарную категоризацию или ранжирование рисков по степени вероятности и последствий по степени серьезности (тяжести последствий). Последующее перемножение этих величин позволит определить статус риска, который может быть минимальным, низким, средним, высоким и чрезвычайно высоким.

Однако для достаточной оценки следует провести анализ вероятности с помощью специальных методов, например, «дерева распределения» вероятностей, диаграмм влияния, распределения вероятности, профилей чувствительности. Эти методы требуют специального подхода, и их использование должно диктоваться условиями конкретного проекта [4].

Деление рисков на внешние, организационные, управленческие, технические, финансовые и другие группы, оправдано в первую очередь для определения ответственного

за риск, что уже имеет непосредственное отношение к мероприятиям по реагированию на риски.

Разработка мероприятий по реагированию на риски, как правило, осуществляется на основании стратегии преодоления выявленных рисков. В случае с рисками хорошо, когда есть не одна, а несколько стратегий реагирования на риски. Тогда одна из стратегий принимается как основная, а остальные – как резервные. Если основная стратегия «не сработает» или окажется малоэффективной, то можно быстро приступить к реализации резервной.

Мероприятия должны быть направлены в первую очередь на исключение условия возникновения рисков (предпосылок), т.е. на обеспечение превентивного отношения к ним со стороны проектной организации. Для этого для каждой потенциальной проблемы рассматриваются все возможные решения, включая совершенно новые действия и мероприятия. Работать с рисками следует последовательно, в порядке убывания их вероятности вплоть до достижения приемлемого уровня надежности [1].

При разработке мероприятий по реагированию на риски эти мероприятия должны стать неотделимой частью проектных работ, включенных в план проекта с определением сроков, результатов и ответственных.

Методы управления рисками должны основываться на принципе возложения ответственности на тех, кто является источником их возникновения или лучше других может обеспечить контроль над развитием неблагоприятных процессов.

Контроль риска может подразумевать правильное понимание рисков, достигаемое за счет оперативной оценки состава и объема работ, требований к качеству, срокам и бюджету или ко всем пяти показателям одновременно. Часто проект внедрения КИС сопровождается заявлениями, что «внедрение корпоративной информационной системы позволит существенно улучшить управляемость компании». Подобное нереалистичное определение качества проектного результата порождает высокие риски превышения сметы расходов и сроков окончания работ. В то же время даже ограниченный учет возможных неблагоприятных событий способствует заметному снижению вероятности выхода за рамки бюджетных ограничений. Другими словами, чем четче будут сформулированы цели, содержание и объем работ, тем выше вероятность отклонения от согласованных решений. Но затраты, связанные с наступлением таких изменений, будут минимальными. И наоборот, если цели сформулированы плохо и нечетко, то достичь их без увеличения затрат будет крайне сложно.

Объективное отношение к задаче управления проектом заключается в выполнении всех необходимых мероприятий, ведущих к достижению цели, в том числе обеспечении готовности к наступлению незапланированных событий, что подразумевает управление рисками. Без субъективной оценки запланированных и осуществляемых действий управление рисками действительно станет «сухой» наукой, которая будет только мешать оперативному принятию решений [2].

Список литературы

1. Грекул В.И., Денищенко Г.Л., Коровкина Н.Л., «Управление внедрением информационных систем»

2. Управление рисками при внедрении КИС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ot.ru/news_events/press/upravlenie_riskami_pri_vnedrenii_kis/?mobile=Y

3. Песоцкая Е.Ю. Управление рисками при внедрении ИТ- проектов

4. Хлебникова А.И. Управление рисками при внедрении информационных систем на предприятии

УДК 656.25

СИСТЕМА ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПО РАДИОКАНАЛУ «СИНТЕРА»

Еремин Николай Владимирович,
студент Уральского Государственного Университета путей сообщения, г. Екатеринбург
Могильников Юрий Валерьевич,
ассистент Уральского Государственного Университета путей сообщения, г. Екатеринбург

АННОТАЦИЯ

Развитие систем железнодорожной автоматики и телемеханики в настоящее время определяется множеством факторов, таких как расширение функциональных возможностей аппаратуры, надежность, удобство эксплуатации, экономическая эффективность. С целью удовлетворения этих требований Научно-производственным центром «Промэлектроника» разрабатывается перспективная на сегодняшний день система интервального регулирования движения поездов по радиоканалу СИНТЕРА.

Ключевые слова: СИНТЕРА; системы интервального регулирования движения поездов; Промэлектроника.

INTERVAL TRAFFIC CONTROL SYSTEM ON THE RADIO CHANNEL «SINTERA»

Eremin N.V.,
Student of Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg
Mogilnikov Yu.V.,
Assistant of Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

ABSTRACT

The development of railway automation and remote control systems are now determined by many factors, such as the expansion of the functionality of the equipment, reliability, ease of use, cost effectiveness. In order to meet these requirements of the Scientific and Production Center «Promelectronica» developed a promising system to date interval traffic control system on the radio channel «SINTERA».

Keywords: SINTERA; interval traffic control system; Promelectronica.

Системы интервального регулирования движения поездов (СИРДП) предназначены для разделения поездов в пространстве во избежание столкновения их друг с другом. Тормозной путь поезда обычно в несколько раз больше, чем расстояние прямой видимости из кабины машиниста. Поэтому возникает задача заблаговременного оповещения машиниста и бортового оборудования о необходимости применения торможения. В качестве основного сигнального устройство на сети железных дорог ОАО «РЖД» используется светофор. В России показания светофора являются приказом и подлежат беспрекословному исполнению работниками железнодорожного транспорта. Увеличение скорости и интенсивности движения привело к увеличению количества ошибок при визуальном восприятии сигналов светофоров. Наиболее часто это проявляется в условиях плохой видимости: туман, снег, дождь, яркое солнце. При скоростях выше 140 км/ч правильное восприятие становится затруднительным при любых погодных условиях. Поэтому на сети железных дорог в России была разработана и получила широкое распространение автоматическая локомотивная сигнализация, которая передает значение сигнала светофора с помощью кодирования по рельсовым цепям. Однако, рельсовые цепи подвержены влиянию различного вида помех от протекания тягового тока, от изменения сопротивления балла-

ста и других, что влечет за собой многочисленные сбои кодирования автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) [1]. Кроме того, рельсопроводный канал не позволяет передавать данные от бортовой системы локомотива. Поэтому в качестве альтернативы АЛС предлагается использовать радиоканал. Скорость передачи, пропускная способность радиоканала во много раз превосходит существующий канал по рельсовым цепям. Это способствует применению радиоканала в системах ИРДП в качестве альтернативы рельсопроводному каналу. С развитием технологий радиосвязи происходят попытки применить его для управления движением поездов. Изначально развивалась аналоговая радиосвязь, позволяющая осуществлять разговоры машиниста с диспетчером. В последнее десятилетия активно развивается цифровая радиосвязь, открывающая широкие возможности для новых информационных и управляющих систем. Появляются системы информирования машиниста, системы собирающие диагностические данные о работе локомотива, потреблении топлива. В ряде стран мира появляются и эксплуатируются системы управления железнодорожным транспортом по радиоканалу [2].

НПЦ «Промэлектроника» занимается программой разработки системы интервального регулирования движения поездов по радиоканалу «СИНТЕРА».

«СИНТЕРА» представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для организации поездной и маневровой работы, а также управления движением поездов на участке по радиоканалу. Позволяет максимально повысить пропускную способность участка за счет сокращения интервалов попутного следования.

Основные задачи системы:

– БЛК (бортовой локомотивный компьютер) – безопасное и точное определение местоположения локомотива и пройденного расстояния, расчет параметров движения и кривых торможения, а также обмен данными с центром радиоблокировки по радиоканалу;

– Система может работать в тоннелях или местах, где полностью отсутствует или заметно ухудшена видимость спутников глобальных навигационных систем (GPS/ГЛОНАСС);

– В зависимости от характера и интенсивности движения на участке возможны различные варианты организации «СИНТЕРА».

Основные функции системы:

– управление движением поездов на перегоне, в том числе при полном отсутствии светофоров;

– управление поездной и маневровой работой на станциях;

– безопасное и точное определение скорости и местоположения локомотива;

– автоматическое управление тормозами поезда в случае превышения допустимой скорости движения;

– автоматический расчет кривой торможения и остановка локомотива с заданной точностью;

– недопущение проследования сигнала с запрещающим показанием на станции;

– постоянный контроль целостности поезда и определение координат хвоста поезда;

Структура системы:

– центр радиоблокировки, который может быть програмно интегрирован в МПЦ-И (микропроцессорная централизация);

– пассивные и/или активные путевые приемоответчики (ППО);

Рисунок 1 – Путевой приемоответчик

– локомотивный компонент системы:
– бортовой локомотивный компьютер (БЛК);

Рисунок 2 – Бортовой локомотивный компьютер

– блок индикации и ввода данных;
– считыватель ППО;

Рисунок 3 – Антенна ТКС-Л

– датчик пути и скорости (ДПС);

– доплеровский радар (ДР);
– приемник спутниковой навигационной системы (СНС);
– оборудование цифрового радиоканала передачи данных.

Основу системы составляет центр радиоблокировки, который осуществляет сбор информации о местоположении локомотивов и формирует для них данные в зависимости от текущей поездной обстановки на участке (включая информацию от станционных систем централизации). Для каждого поезда на участке в зоне ответственности центра радиоблокировки посекундно формируется информация о допустимой скорости движения или дистанции до точки прицельного торможения, а также возможные команды управления, включая экстренное торможение.

Бортовой локомотивный компьютер (БЛК) непрерывно определяет местоположение локомотива, текущую скорость движения и передает эту информацию по цифровому радиоканалу в центр радиоблокировки. Данные о текущей и допустимой скорости движения отображаются на экране пульта машиниста. В случае превышения значения текущей скорости происходит автоматическое управление тормозами поезда. Кривая торможения вычисляется в реальном масштабе времени исходя из фактического местоположения поезда, параметром состава и расстояния до точки прицельного торможения [3].

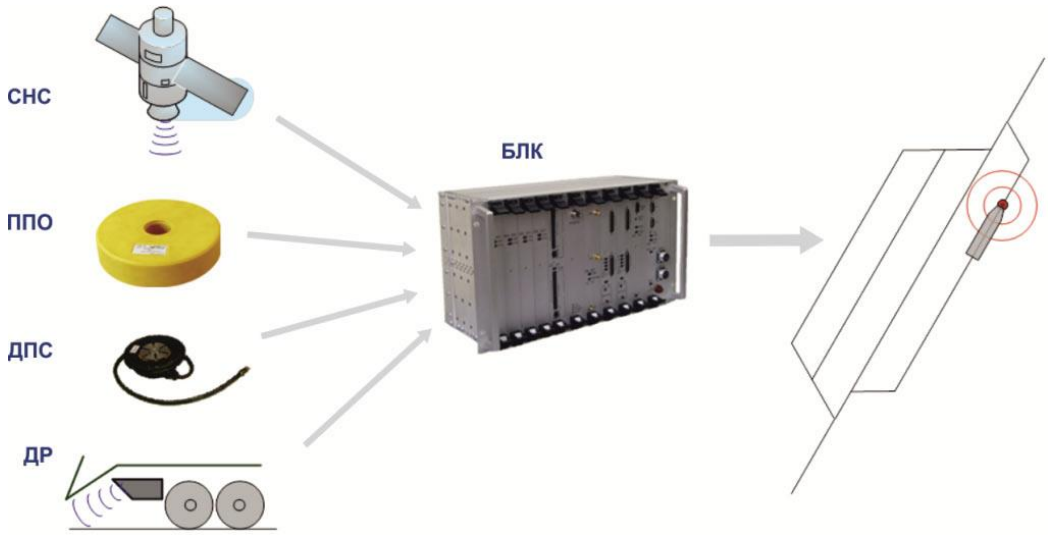


Рисунок 4 – Схема работы перспективной системы «СИНТЕРА»

Экономическую эффективность применения системы видим в увеличении пропускной способности участка пути; сокращении тормозного пути поезда и продольно-динамических усилий по составу и, как следствие, сокращение расходов на ремонт и обслуживание вагонов.

Система ИРДП по радиоканалу «СИНТЕРА», будет соответствовать требованиям по безопасности, установленным на железнодорожном транспорте и, имея множество преимуществ, получит широкое распространение на сети железных дорог РФ.

Список литературы

1. Казаков А.А., Бубнов В.Д., Казаков Е.А. Системы интервального регулирования движения поездов: Учебник для техникумов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт. – 1986. – 399с.
2. Казаков А.А., Бубнов В.Д., Е.А. Казаков. Автоматизированные системы интервального регулирования движения поездов: Учеб. Для техникумов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1995. – 320с.
3. Тильк И.Г., Ляной В.В. Критические технологии в хозяйстве автоматики и телемеханики // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – №1. – С. 37-38.

УДК 656

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Чурина Елизавета Дмитриевна,
студент Уральского Государственного Университета путей сообщения, г. Екатеринбург
Могильников Юрий Валерьевич,
ассистент Уральского Государственного Университета путей сообщения, г. Екатеринбург

АННОТАЦИЯ

Эффективность и качество работы железных дорог зависит от многих факторов, в том числе и от качества функционирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Отказы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики могут не только приводить к задержкам в движении поездов, но и становиться причиной аварий, крушений и катастроф, т.е. серьезных нарушений безопасности перевозочного процесса. Именно поэтому следует поддерживать высокий уровень надежности в процессе их эксплуатации.

Ключевые слова: устройства железнодорожной автоматики и телемеханики; мониторинг; диагностирование; предотказное состояние; надежность.

THE SYSTEM OF TECHNICAL DIAGNOSTICS AND MONITORING OF THE DEVICES OF RAILWAY AUTOMATICS AND TELEMECHANICS

Churina A.D.,
Student of Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg
Mogilnikov Yu.V.,
Assistant of Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

ABSRTACT

The efficiency and quality of work of the Railways depends on many factors, including the quality of the functioning of the devices of railway automatics and telemechanics. Device failures of railway automatics and telemechanics can not only cause delays in the movement of trains, but also become the cause of accidents, crashes and disasters, i.e. serious violations of the security of the transportation process. This is why we need to maintain a high level of reliability in operation.

Keywords: devices of railway automatics and telemechanics; monitoring; diagnostics; preoccupee condition; robustness.

В настоящее время применяются как конструктивные мероприятия по обеспечению надежной работы устройств ЖАТ, так и внешние мероприятия по поддержанию рабочих характеристик устройств ЖАТ в пределах допустимых норм – мероприятия по техническому обслуживанию (ТО).

Для поддержания высокого уровня безотказности устройств ЖАТ проводятся мероприятия по их ТО. Существует несколько подходов к организации ТО. Первый подход не требует существенного обслуживания устройства и определяется его наработкой до отказа, не нуждается в больших материальных затратах и большом штате обслуживающего персонала. Такой метод ТО используется при стопроцентном резервировании или когда устройство не выполняет ответственных функций по обеспечению безопасности. Второй подход к ТО – обслуживание, определяемое временными интервалами. Он требует составления плана ТО с установленными сроками проводимых мероприятий, а также нали-

чия специальных бригад по обслуживанию устройств. Этот вид ТО достаточно дорогой и не всегда является оптимальным (операции по ТО могут быть запланированы после фактически свершившегося отказа, т. е. слишком поздно, или, наоборот, могут быть проведены преждевременно). Наиболее совершенным является третий подход к ТО – обслуживание, определяемое текущим состоянием устройства (системы). Он требует наличия средств диагностирования текущего состояния рабочих параметров устройства. Данный метод сравнительно недорогой и не требует многочисленного штата обслуживающего персонала. Более того, обслуживание по фактическому состоянию позволяет максимально использовать ресурс устройств: ремонт и замена производятся не по плану, а в соответствии с наработкой и текущим техническим состоянием.

На российских железных дорогах используется второй подход, называемый еще планово-предупредительным, или регламентным методом ТО. Он включает в себя ряд мероприятий, проводимых с некоторой периодичностью в соответствии со специально разработанным графиком. Как отмечалось выше, такой подход не всегда оптимален и весьма дорог, кроме того, у обслуживающего персонала имеется соблазн не выполнять или выполнять некачественно часть работ, т. к. зачастую операции по ТО рутинны, а контроль фактического их выполнения отсутствует. Современным является третий подход – обслуживание устройств по их фактическому состоянию. Для осуществления перехода от регламентного метода ТО к методу обслуживания устройств по их фактическому состоянию необходимо обеспечить непрерывный контроль функциональных узлов за счет встроенных и надстраиваемых средств контроля. Постановка специализированных датчиков в уже действующую релейную технику затруднительна и является весьма затратной, а быстрый переход на применение только микропроцессорной техники, снабженной функцией самоконтроля, невозможен. Ввиду этого актуальным становится использование средств технического диагностирования и мониторинга (ТДМ), которые надстраиваются над существующими системами обеспечения движения поездов. Использование СТДМ ЖАТ позволяет в автоматическом режиме контролировать техническое состояние устройств, выдавать информационные сообщения в случае отклонения параметров от допустимых норм, создавая, таким образом, предпосылки к переходу на новые методы ТО.

Системы технического диагностирования можно классифицировать по двум признакам: виду диагностирования и степени участия человека в процессе диагностирования. По виду диагностирования различают системы тестового и рабочего диагностирования. К системам рабочего диагностирования относятся системы, в которых процесс определения технического состояния связан с подачей только рабочих воздействий на технический объект без отключения объекта диагностирования от работы. В таком случае средства диагностирования являются пассивными – только воспринимают информацию. В отличие от них в системах тестового диагностирования процесс определения технического состояния объекта связан с подачей специальных тестовых воздействий и кратковременным отключением объекта диагностирования от работы. Системы тестового диагностирования являются активными – вырабатывают тестовые сигналы и фиксируют реакцию диагностируемого объекта.

По степени участия человека в процессе диагностирования системы делятся на ручные, автоматизированные и автоматические. Самая высокая доля участия человека – в ручных системах диагностирования. Автоматические системы диагностирования не требуют вмешательства человека в процесс. К системам автоматизированного диагностирования относятся системы с частичным участием человека. Наиболее совершенным является автоматическое диагностирование, т. к. исключает влияние человеческого фактора на результат. Современные СТДМ ЖАТ не имеют достаточно совершенных средств по анализу диагностической информации и требуют частичного вмешательства человека с целью обработки данных.

Рисунок 1 – Структура работы СТДМ СЖАТ

По виду диагностирования СТДМ ЖАТ относятся к системам рабочего диагностирования. Объект выполняет свои функции: воспринимает входные данные x_i и вырабатывает по ним выходные y_i (рис.1). Человек (технолог) не имеет влияния ни на объект диагностирования, ни на средства диагностирования, в его функции входит только анализ диагностической информации. Однако технолог может подсказывать обслуживающему персоналу последовательность действий и сообщать результат диагноза с целью правильной организации работ по скорейшему восстановлению рабочих характеристик контролируемого объекта [1].

В работе СТДМ важным является процесс выявления предотказных состояний устройств – таких состояний, которые предшествуют отказам (рис.2). Своевременная фиксация предотказного состояния способствует предотвращению отказа.

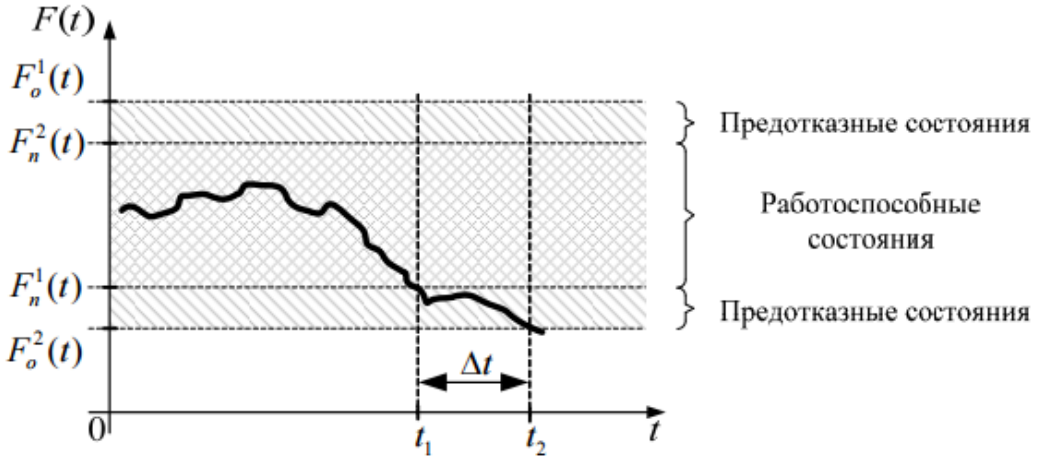


Рисунок 2 – Предотказное состояние технического объекта

Функция F(t) является некоторой рабочей характеристикой технического объекта. При изменении F(t) во времени рано или поздно значения параметров ухудшаются, приближаясь к границам работоспособного состояния. В момент времени t_1 фиксируется предотказное состояние объекта. Объект тем самым переходит в область своих работоспособных предотказных состояний и при дальнейшем сохранении тенденций ухудшения характеристик в момент времени t_2 отказывает. Наличие граничных зон предотказных состояний $F_1(t)$ и $F_2(t)$ позволяет при наличии средств контроля зафиксировать предотказ, а обслуживающему персоналу дистанций СЦБ вмешаться в работу технического объекта для предотвращения отказа [2].

Таким образом, выявление предотказных состояний в СТДМ ЖАТ является наиболее важным аспектом, позволяющим судить об эффективности ее работы.

Основными задачами технического диагностирования являются:

– контроль технического состояния объекта (системы);
– поиск места и определение причин отказа (неисправности);

– прогнозирование технического состояния объекта (системы).

Внедрение средств внешнего контроля объектов СЦБ позволяет повысить уровень надежности их работы. Перспективы развития средств СТДМ связаны с устранением их недостатков, описанных выше, а также с распространением сферы контроля на другие объекты инфраструктуры железных дорог (устройства энергоснабжения, железнодорожный путь, искусственные сооружения, контактная сеть и пр.). При этом датчики съема диагностической информации для каждого объекта инфраструктуры могут быть различными, а тракты передачи данных и уровень отображения диагностической информации – одинаковым для всех. Информация может поступать на АРМ различных хозяйств (энергетики, пути, автоматики и телемеханики и пр.). При правильной организации распределения диагностической информации можно добиться повышения качества их взаимодействия [3].

Список литературы

1. Ефанов Д.В., Лыков А.А. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. учеб. пособие. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 59 с.

2. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. и др. Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения в XX - начале XXI в. – СПб.: ПГУПС, 2009. – 346 с.

3. Федорчук А.Е., Сепетый, Иванченко В.Н. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК-СЦБ). учеб. для вузов ж.-д. трансп. – Ростов-н/Д: РГУПС, 2008. – 444 с.

УДК 656

БЕЗРЕЛЕЙНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЕРЕЕЗДНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ МАПС-М

Чурина Анастасия Дмитриевна,

студент Уральского Государственного Университета путей сообщения, г. Екатеринбург

Могильников Юрий Валерьевич,

ассистент Уральского Государственного Университета путей сообщения, г. Екатеринбург

АННОТАЦИЯ

Развитие систем ЖАТ в настоящее время определяется множеством факторов, таких как расширение функциональных возможностей аппаратуры, надежность, удобство эксплуатации, экономическая эффективность. С целью удовлетворения этих требований Научно-производственным центром «Промэлектроника» разработана безрелейная автоматическая переездная сигнализация МАПС-М.

Ключевые слова: МАПС-М; переездная сигнализация; Промэлектроника; системы железнодорожной автоматики и телемеханики.

NON-RELAY LEVEL-CROSSING PROTECTION SYSTEM MAPS-M

Churina A. D.,
Student of Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg
Mogilnikov Yu.V.,
Assistant of Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

ABSRTACT

The development of RAT systems are now determined by many factors, such as the expansion of the functionality of the equipment, reliability, ease of use, cost effectiveness. In order to meet these requirements of the Research and Production Center «Promelectronica» designed non-relay level-crossing protection system MAPS-M.

Keywords: MAPS-M; level-crossing protection system; Promelectronica; Railway signalling and telecommunication system.

Целью функционирования переездной сигнализации является обеспечение безопасности движения поездов и автомобильного транспорта в местах их пересечения.

НПЦ «Промэлектроника» занимается программой разработки бесконтактного комплекса автоматической переездной сигнализации БЕКАС, который позволит управлять всеми существующими переездными устройствами СЦБ на железнодорожных переездах всех категорий, в участки извещения которых входят железнодорожные пути в любом количестве и любой специализации. Реализацией первого этапа этой программы и является рассматриваемая переездная сигнализация.

МАПС-М представляет собой автоматическую переездную сигнализацию без промежуточных реле, требующих планового периодического обслуживания в контрольно-измерительных пунктах. Система выполняет функции автоматического управления акустическими устройствами переездной сигнализации [1].

Областью применения МАПС-М являются неохраняемые железнодорожные переезды, расположенные на однопутных или двухпутных перегонах, оборудованных любыми системами интервального регулирования движения поездов. С апреля по октябрь 2014 года система находилась в опытной эксплуатации на переезде перегона Шаля – Сарга Свердловской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», где успешно ее прошла и была рекомендована к вводу в постоянную эксплуатацию и распространение на сети дорог ОАО «РЖД» [3].

Рассмотрим структуру и принцип действия системы.

Контроль участков путей в зоне действия системы осуществляется встроенной аппаратурой системы автоматического управления переездной сигнализацией МАПС методом счета осей, то есть посредством счетных пунктов, которые устанавливаются на железнодорожных путях.

При наличии/отсутствии извещения, поступающего от аппаратуры контроля приближения и логики проследования, а также при наличии/отсутствии команды на закрытие переезда, идущей со станции, аппаратура управления переездной сигнализацией формирует сигналы управления исполнительными устройствами.

Устройства оптической сигнализации подключаются через силовые блоки управления огнями. В качестве устройств оптической сигнализации применяются светодиодные светофорные головки или линзовые комплекты с лампами.

Аппаратура управления переездной сигнализацией также контролирует исправность всех устройств МАПС-М и формирует диагностическую информацию о техническом состоянии системы, оценивающую способность формировать сигнал, который запрещает движение транспортных средств через переезд. Сформированная информация поступает дежурному ближайшей железнодорожной станции или поездному диспетчеру. Предостав-

ление расширенной диагностической информации устройству индикации и архивирования, а также ведение архива полученных данных позволяют выявить предотказные состояния и сократить время поиска отказа при возникновении неисправности. Информацию о работе устройств МАПС-М можно хранить благодаря функции ведения системного журнала. Также вся технологическая информация о функционировании системы МАПС-М, свободности/занятости контролируемых участков отображается на сенсорной панели [2].

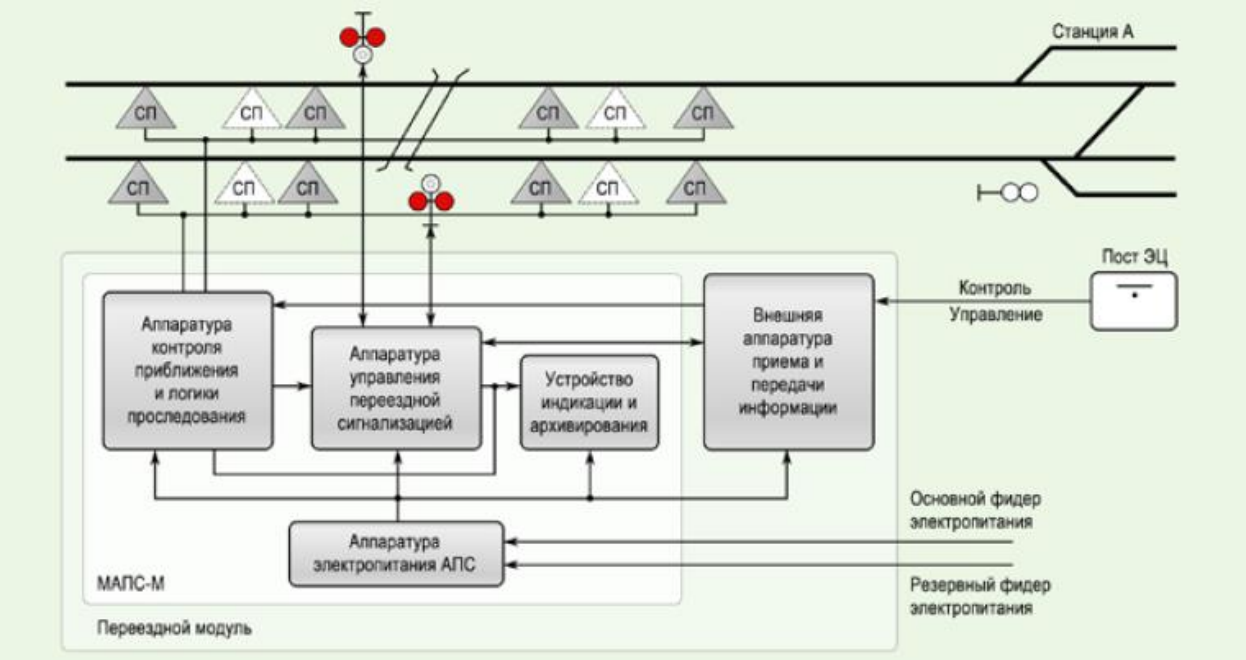


Рисунок 1 – Структурная схема двухпутного переезда, оборудованного МАПС-М

Все узлы МАПС-М и исполнительные устройства переездной сигнализации подключены к аппаратуре резервированного бесперебойного электропитания. При отсутствии внешнего электропитания система способна работать от аккумуляторных батарей в течение суток.

Рисунок 2 – Аппаратура МАПС-М

К достоинствам МАПС-М относится применение транспортабельного модуля, располагающегося в непосредственной близости от железнодорожного переезда, позволяющего обеспечить климатические требования аппаратуры.

Еще одним доводом в пользу применения системы МАПС-М, безусловно, является экономическая эффективность ее применения. На высокую экономическую эффективность влияют:

– отсутствие релейной аппаратуры и, как следствие, ее планового обслуживания;

– отсутствие рельсовых цепей, позволяющее снизить эксплуатационные расходы и исключить потери от хищений медьсодержащих материалов;

– высокая степень заводской готовности (вся аппаратура МАПС-М собрана в шкафу «евромеханика»), что сокращает время монтажных работ при строительстве;

– отсутствие распределенных схем, реализующих зависимости АПС, позволяющее сократить время и затраты при пусконаладке и эксплуатации;

– размещение в модуле способствует улучшению условий труда обслуживающего персонала по сравнению с АПС, расположенными в релейных шкафах.

Можно не сомневаться в том, что безрелейная автоматическая переездная сигнализация МАПС-М, соответствующая требованиям по безопасности, установленным на железнодорожном транспорте, и имеющая множество преимуществ, получит широкое распространение на сети железных дорог РФ.

Список литературы

1. Продукция: [Электронный ресурс] // Научно-производственный центр Промэлектроника. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.npcprom.ru/ru/produkciya/maps-m. (Дата обращения: 10.10.2016).

2. Чувилин, И.В. Безрелейная автоматическая переездная сигнализация МАПС-М / И.В. Чувилин, И.Р. Гимальтинов // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – №5. – С.17-18.

3. Вьюгин И. Без реле: // Гудок. – 2014. – №200 (25635). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1235239. (Дата обращения: 10.10.2016).

УДК 614

АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКА НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

Пиникер Владимир Андреевич,
студент, Сургутский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г.Сургут
Батурин Макар Владимирович,
студент, Сургутский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г.Сургут
Васильева Дарья Алексеевна,
студент Сургутский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г.Сургут
Чикунова Анастасия Владимировна,
студент, Сургутский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г.Сургут
Эльман Ксения Александровна,
преподаватель, Сургутский нефтяной техникум (филиал) ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г.Сургут

АННОТАЦИЯ

Анализ причин аварий и несчастных случаев на нефтеперерабатывающих предприятиях, а так же обеспечение безопасности работников всегда является актуальным вопросом и одним из основных приоритетов в производственной деятельности нефтепереработки. К проблемным вопросам большинства нефтеперерабатывающих предприятий так же следует отнести неудовлетворительное состояние промысловых трубопроводов, и к организационным следует отнести низкую эффективность производственного контроля недропользователей за деятельностью сервисных и подрядных организаций.

Ключевые слова: авария; несчастный случай; охрана труда; техника безопасности; производственный контроль.

ANALYSIS OF COMPREHENSIVE PROTECTION OF A WORKER AT ITS REFINERY

Piniker V.A.,
Student, Surgut oil College (branch) of FGBOU VO « Yugra state University», Surgut
Baturin M.V.,
Student, Surgut oil College (branch) of FGBOU VO «Yugra state University", Surgut
Vasilyeva D.A.,
Student, Surgut oil College (branch) of FGBOU VO «Yugra state University», Surgut
Chikynova A.V.,
Student, Surgut oil College (branch) of FGBOU VO «Yugra state University», Surgut
Elman K.A.,
Lecturer, Surgut oil College (branch) of FGBOU VO «Yugra state University», Surgut

ABSTRACT

Analysis of the causes of accidents at oil refineries, as well as ensuring the safety of employees is always a topical issue and one of the main priorities in the production activity of oil refining. To the issues of the majority of oil refineries are also to be attributed the unsatisfactory condition of field pipelines, and the

organizational should include low efficiency of production of subsoil users control over the activities of service and contract organizations.

Keywords: accident; accident; labor protection; safety and production control.

Техническое расследование причин аварий показывает, что основными из них являются нарушения эксплуатирующими и сервисными организациями требований законодательства в области промышленной безопасности на всех стадиях жизненного цикла: при бурении и капитальном ремонте скважин, эксплуатации насосных, компрессорных установок, производстве ремонтных работ, в том числе связанных с выполнением огневых, газоопасных, монтажных и электромонтажных работ. Износ оборудования также является одним из значительных факторов опасности, влияющих на состояние промышленной безопасности опасных производственных объектов, возникновения отказов, разгерметизации трубопроводов, приводящих к авариям, сопровождающимся разливами нефти, взрывами и разрушениями [1, 3].

Анализ причин аварий и несчастных случаев выявляет недостаточный контроль со стороны технических служб за состоянием оборудования, неудовлетворительную организацию безопасного проведения работ повышенной опасности, несоблюдение исполнителями технологии производства работ, использование оборудования, не соответствующего проектным решениям и требованиям промышленной безопасности, использование во взрывоопасных зонах приборов без взрывозащиты.

К проблемным вопросам большинства нефтеперерабатывающих организации следует отнести неудовлетворительное состояние промысловых трубопроводов, низкие темпы проведения их диагностики, ремонта, замены, ингибиторной защиты, замены физически и морально устаревшего оборудования [2, 4].

К организационным причинам следует отнести низкую эффективность производственного контроля недропользователей за деятельностью сервисных и подрядных организаций. Большинство недропользователей осуществляют эксплуатацию нефтяных и газовых скважин с негерметичными обсадными колоннами без принятия мер обеспечения промышленной безопасности [2].

Кроме этого нарушаются режимы эксплуатации продуктивных пластов. Это приводит к сокращению доли извлекаемых запасов нефти, а также значительно повышает риски аварий с тяжелыми последствиями и выхода на поверхность углеводородов (грифонов) на значительном удалении от устьев скважин вне предсказуемых мест и загрязнения территорий земли и водоемов. Большинство недропользователей осуществляют эксплуатацию нефтяных и газовых скважин с негерметичными обсадными колоннами без принятия мер обеспечения промышленной безопасности. Кроме этого нарушаются режимы эксплуатации продуктивных пластов [2]. Это приводит к сокращению доли извлекаемых запасов нефти, а также значительно повышает риски аварий с тяжелыми последствиями и выхода на поверхность углеводородов (грифонов) на значительном удалении от устьев скважин вне предсказуемых мест и загрязнения территорий земли и водоемов.

Так же обеспечение безопасности работников нефтеперерабатывающих заводов всегда является актуальным вопросом, а так же один из основных приоритетов в производственной деятельности нефтепереработки.

Ежегодные расходы нефтеперерабатывающего предприятия на выполнение программы промышленной безопасности, улучшения условий и охраны труда, предупреждения чрезвычайных ситуаций составляет около 1 млрд. 730 млн. рублей. Одна из статей расходов–учения разного рода: комплексные, тактико-специальные, командно-штабные и так называемые объектовые тренировки. Важная деталь: все тренировки проводятся с привлечением профессиональных аварийно-спасательных формирований и подразделе-

ний МЧС России. Учения по предупреждению или ликвидации чрезвычайных ситуаций для нефтяников – это как экзамен для выпускников школы [4].

На повседневной работе в области охраны труда и промышленной безопасности, остановимся более подробно, а именно о роли уполномоченных по охране труда.

На любом нефтеперерабатывающем предприятии есть уполномоченные специалисты по охране труда и технике безопасности. Все они избраны профсоюзными организациями подразделений и наделены большими полномочиями. Наряду с выполнением своих профессиональных обязанностей, уполномоченные по охране труда должны замечать любое, даже незначительное на первый взгляд, нарушение норм и правил промышленной безопасности и требовать их устранения. Совместно с другими службами они разрабатывают профилактические меры, направленные на обеспечение надежной и безаварийной эксплуатации объектов и оборудования [2, 3]. И даже если по некоторым вопросам между работниками и работодателем возникают спорные ситуации, то обеспечение промышленной безопасности и охраны труда является той сферой, где между участниками социального партнерства разногласий нет и быть не может. Каждая из сторон одинаково заинтересована, чтобы все правила и нормативы соблюдались. Рабочий день без последствий для здоровья.

У каждого работника есть свое рабочее место, что же касается операторов по добыче нефти и газа, то их работа затрагивает не только рабочее место в контроле, но и кустовая площадка. То же самое и у операторов технологических установок. Причем все рабочие места должны соответствовать требованиям международных стандартов по охране труда и промышленной безопасности. Важным звеном системы управления промышленной безопасностью и охраной труда стали взаимопроверки между предприятиями и подразделениями нефтегазодобывающих заводов [2].

Комиссия по охране труда проверяет досконально состояние операторной, заполнение журнала уполномоченного, комнаты приема пищи, отсутствие СИЗ или, к примеру, наличия наледи на объекте. В случае нарушения вышеперечисленных фактов, комиссия устанавливает сроки на устранение недочетов и по истечении его проверит, как отработали по замечаниям [1, 3].

Практика показывает, что у такого вида производственного контроля немало положительных моментов, к тому же на лицо обмен опытом в организациях работы по охране труда и промышленной безопасности.

Список литературы

1. Король Ж.В., Беднаржевский С.С., Лушпеев В.А. Эффективное управление документацией образовательной организации в соответствии с требованиями международных и национальных стандартов // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 10 (39). – С. 490-494.

2. Лушпеев В.А., Цику Ю.К., Федоров В.Н. Технологии добычи нефти из возвратных объектов разработки (на примере ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ») // Нефтегазовое дело. – 2014. – № 12-3. – С. 48-53.

3. Российская энциклопедия по охране труда: в 2 т. – М.: 2006, 784 с.

4. Яговкин Г.Н. Основы обеспечения безопасности жизнедеятельности на машиностроительных предприятиях. Самара: СамГТУ, 2005, 214 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОЕДИНЕНИЯ РЕБРА ЖЁСТКОСТИ С ПЛАСТИНОЙ

Марущенко Евгений Игоревич,
магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет, г. Санкт-Петербург
Шмидт Андрей Александрович,
магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет, г. Санкт-Петербург
Толстихин Павел Сергеевич,
магистрант, Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В данной работе пойдёт речь о решении задачи оптимизации. Мы рассматриваем актуальный вопрос – соединение ребра жёсткости с пластиной. И ребро жёсткости, и пластина выполнены из композитных материалов. Задача оптимизации состоит в минимизации массы клея в соединении. Рассматриваемая задача решена при помощи пакета ANSYS.

Ключевые слова: решение задачи оптимизации; соединение ребра жёсткости с пластиной; композитные материалы; пакет ANSYS.

OPTIMIZATION JOINED BY AN EDGE OF RIGIDITY TO THE PLATE

Marushenko E.I.,
Undergraduate, St. Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg
Shmidt A.A.,
Undergraduate, St. Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg
Tolstikhin P.S.,
Undergraduate, St. Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg

ABSTRACT

In this paper, we will go about solving the optimization problem. We consider a topical issue – the connection rib rigidity of the plate. And the rib rigidity and plate are made of composite materials. The optimization problem is to minimize the weight of the glue in the joint. This problem is solved using the ANSYS package.

Keywords: solution of the optimization problem; the connection rigidity rib to the plate; composite materials; the ANSYS package.

Технический прогресс привёл к созданию новых конструкционных материалов с высокой удельной прочностью и жёсткостью – композиционных материалов (КМ). Поэтому актуальны задачи, связанные с применением КМ в разных отраслях строительства, в том числе в авиастроении.

Композиционный материал (КМ) представляет собой неоднородный материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов.

Одна из областей применения КМ, особенно углепластиков – авиастроение. Они привносят в авиацию много полезного - увеличивают прочность деталей, снижают их вес и подверженность коррозии, а также позволяют сократить количество деталей.

Область применения композиционных материалов в авиастроении весьма обширна. Так в новом отечественном авиалайнере МС-21 из углепластикового КМ почти полностью изготовлено крыло этого самолёта.

Одна из актуальных задач, связанных с применением КМ в авиастроении – задача о клеевом соединении обшивки и ребра жёсткости из углепластика. С одной стороны, нам нужно обеспечить высокую прочность соединения. Для этого нам необходимо либо взять больший объём клея, либо армировать клей короткими углепластиковыми волокнами. Минусом этих решений, особенно первого, будет увеличение массы конструкции и, следовательно, будущего расхода топлива и уменьшение грузоподъёмности самолёта.

В связи с этим наша основная задача – подобрать такой объём клея или такую его жёсткость, которая обеспечивала бы оптимальную прочность при заданных нагрузках. Другими словами, речь пойдёт об оптимизации крепления ребра жёсткости к обшивке

Мы рассматриваем конструкцию из трёх элементов: обшивка (пластина), ребро жёсткости и соединяющий их клей. Первые два элемента выполнены из композита, а клей – эпоксидная смола или термопласт (опционально армированные короткими волокнами).

В рассматриваемом случае [1] процесс изготовления следующий. Готовая обшивка и ребро жёсткости стыкуются (с небольшим зазором для клея) с помощью специальной оснастки, накрываются герметичным вакуумным мешком, нагреваются до 380-390°С в автоклаве, и в «перекрестье» обшивки и ребра жёсткости подаётся расплавленный пластик PEKK (перемешанный с 20% коротких углеродных волокон AS4, имеющими в этой смеси случайную ориентацию).

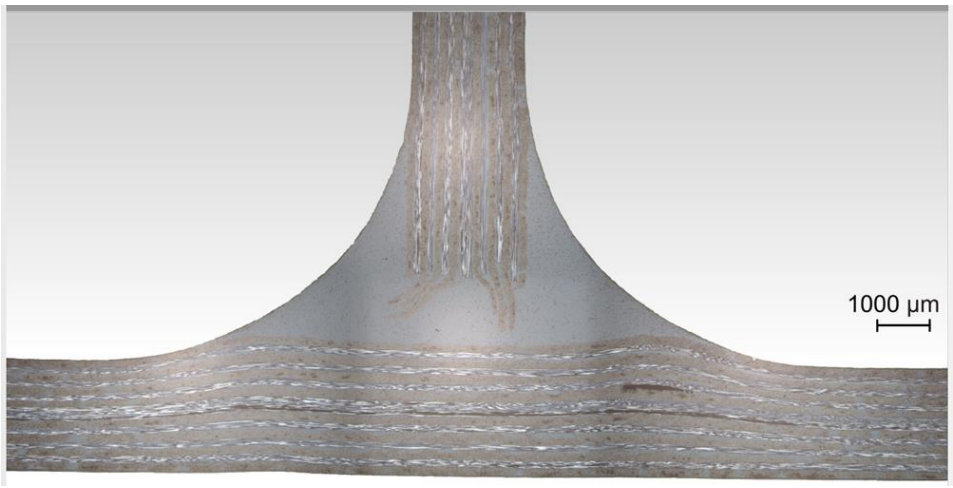


Рисунок 1 – Типичный микрошлиф клеевого Т-образного соединения

После охлаждения поперечное сечение выглядит, как показано на рис. 1.

Теперь нам необходимо перейти от реального объекта к его физической модели. Мы рассмотрим модель, в которой внешняя поверхность клеевого соединения будет иметь форму дуги окружности. Поскольку в исследуемой конструкции наиболее критичная с точки зрения разрушения часть – это объём клея, то обшивка и ребро жёсткости будут моделироваться упрощённо – как изотропный материал, а не как слоистый композит. В первом приближении такое упрощение допустимо. Поэтому для материала обшивки (пластины) и ребра жёсткости будет принят модуль Юнга 134 ГПа и коэффициент Пуассона 0,3.

Для решения задачи написана параметрическая модель, в плоской постановке. Сделано это с помощью языка программирования APDL (ANSYS Parametric Design Language), реализованного в конечно-элементном пакете ANSYS. Для оптимизации этой модели, на этом же языке программирования APDL написан второй файл, задающий переменные проектирования, переменную состояния (максимальные напряжения в объёме клея) и целевую функцию (объём клея, который должен быть минимальным). Оптимизация выполнялась для трёхточечной схемы нагружения.

Результаты оптимизации геометрии и распределение напряжений в модели показаны на рис. 2.

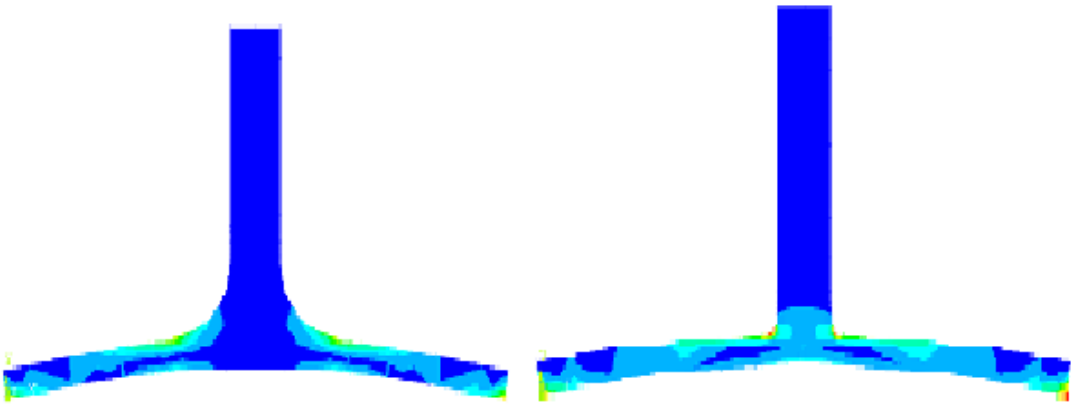


Рисунок 2 – Распределение напряжений по Мизесу в исходной модели (слева) и в оптимизированной модели (справа)

Результаты расчётов показаны ниже в таблице 1. Видно, что оптимизация жёсткости материала клея, хотя и стремится к использованию наибольшей жёсткости клея (при объёмной доле 0.5), не даёт заметного уменьшения объёма клеевого соединения.

Таблица 1

Результаты оптимизации модели

	R	D0	Vf	Fz
	мм	мм	--	мм^2
Исходная модель	25	1	0.2	468
Оптимизированная модель	3	1	0.2	24
Оптимизированная модель с варьированием Vf	3	1	0.499	24

В данной таблице приняты следующие обозначения: R- Радиус профиля клеевого наплыва, D0- Зазор между ребром жёсткости и обшивкой, Vf- Объёмная доля углеродных волокон в клее, Fz- площадь объёма клея.

Вывод: Рациональная оптимизация геометрии конструкции позволяет значительно сократить объём клея. Напротив, попытка оптимизации жёсткости клеевого соединения, путём увеличения модуля Юнга материала клея, не приводит к снижению объёма клеевого соединения.

Список литературы

1. Ilin K., Warnet L.L., Rietman B., Akkerman R., ten Thije R.H.W. Failure Modeling of Thermoplastic Butt-Joint Stiffened Panels by Quasi-Static Loading. In: Proc. of 2012 SIMULIA Community Conference, May 15-17, 2012 - Providence RI, USA. Pp. 63-69.

УДК 331.453

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОРЯДКА ДОПУСКА ПОДРЯДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Свищев Алексей Викторович,

магистрант Омского государственного технического университета, г. Омск

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается организация допуска подрядных организаций для производства работ. Выявлен ряд нарушений, связанных с деятельностью подрядных организаций в процессе обслуживания, объектов промышленного комплекса ЮРНГМ. Отражена динамика изменения суммы штрафов за период 2013-2016 гг. Представлены нарушения, выявленные при производстве работ подрядными организациями. Разработанные мероприятия по организации порядка допуска подрядных организаций, что позволило снизить количества нарушений подрядными организациями и как следствие снизить производственные риски.

Ключевые слова: производственные риски; безопасность работников; вредные производственные факторы; охрана труда.

ORGANIZATION OF THE ORDER ACCESS OF ORGANIZATIONS OF CONTRACT FOR WORK ON THE EXAMPLE OF ONE OF GAS FIELDS

Svishchev A.V.,

Undergraduate Omsk State Technical University, Omsk

ABSTRACT

The article deals with the organization of the admission contracting agencies for manufacture of works. Identified a number of violations related to the activities of contracting agencies in the course of service of objects of industrial of the complex YURNGM. Reflecting the dynamics changes the number of fines for the period 2013-2016 gg. Presents the violations revealed by manufacture of works by contract organizations. Developed measures to organize procedure admission of contracting agencies, which reduced number of violations by contract organizations and as a consequence reduce industrial the risks.

Keywords: production risks; safety of workers; harmful production factors; labor protection.

Целями деятельности ОАО «Севернефтегазпром» (далее – Общества) являются рациональная эффективная разработка газовых месторождений, обеспечение на договорной основе поставок газа, получение прибыли.

Общество осуществляет следующие виды деятельности: добыча и подготовка транспортировки газа; организация и проведения геологоразведовочных и буровых работ, газоконденсатных и нефтяных месторождений, их эксплуатация с соблюдением установленных требований к охране окружающей природной среды.

Концепцией общества для обеспечения безопасных и здоровых условий труда при производственной и административной деятельности является приоритет охраны труда и промышленной безопасности. Никакие экономические, технические или мероприятия другого плана не могут быть приняты во внимание, если они противоречат интересам обеспечения безопасности работающих на производстве.

В ОАО «Севернефтегазпром» используются установки комплексной подготовки газа (УКПГ), производственной площадки юга месторождения и дожимного компрессорного цеха по свойствам перерабатываемого сырья и характеру технологического процесса относятся к категории взрывопожароопасных производств.

На технологических установках обращается целый ряд веществ, оказывающих вредное воздействие на организм человека (углеводороды, метанол, гликоль).

Персонал установок должен быть обучен практическим приемам по оказанию первой помощи пострадавшим и обеспечен спецодеждой, средствами индивидуальной защиты, а также средствами защиты органов дыхания [1].

К наиболее часто проводимым работам повышенной опасности на газовом промысле Южно-Русское нефтегазовое месторождение (ЮРНГМ) в условиях текущей эксплуатации, ремонта, техперевооружения являются огневые и газоопасные работы [2].

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, искрообразованием и нагреванием до температур, способных вызвать воспламенение материалов и конструкций (электросварка, газосварка). Огневые работы на объектах проводятся с учетом: наличия опасных и вредных производственных факторов.

Для проведения технического обслуживания, ремонта, периодического освидетельствования технологического оборудования в условиях текущей эксплуатации на газовом промысле ЮРНГМ возникает необходимость привлечения подрядных организаций. Практика взаимоотношений с подрядными организациями в производственных условиях показывает, что не все организации отвечают требованиям нормативно-правовых актов РФ в части обеспечения производства работ на опасных производственных объектах Общества. Главными нарушениями допускаемыми работниками являются: отсутствие или несоответствие разрешительной документации на производство работ; отсутствие или несоответствие спецодежды, СИЗ при выполнении работ; несоответствие состава бригады исполнителей указанному в наряде-допуске.

Оценим эффективность принимаемых мер и их влияние на общее количество нарушений в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности подрядными организациями.

В период с 2013-2016 гг. Специалистами Общества в рамках производственного контроля выявлен ряд нарушений, связанных с деятельностью подрядных организаций в процессе обслуживания, ремонта и техперевооружения объектов промышленного комплекса ЮРНГМ.

Часть нарушений, выявленных в обозначенный раннее период оформлена в виде штрафов. На рис.1 отражена динамика изменения суммы штрафов за период 2013-2016 гг.

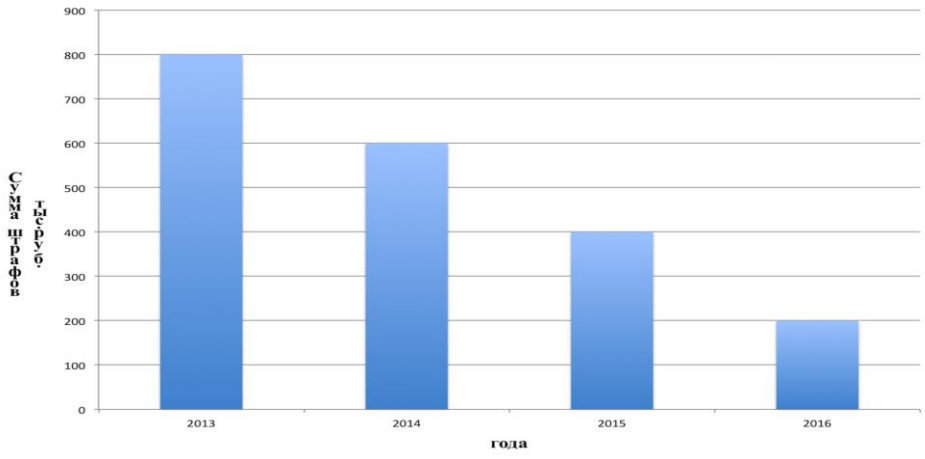


Рисунок 1 – Сумма штрафов, предъявленные подрядным организациям

На рис. 2. представлены нарушения, выявленные при производстве работ подрядными организациями, которые условно разделены на 2 типа:

– нарушения, выявленные непосредственно при проведении работ;

– нарушения, связанные с допуском (подрядной организацией) персонала к проведению работ.

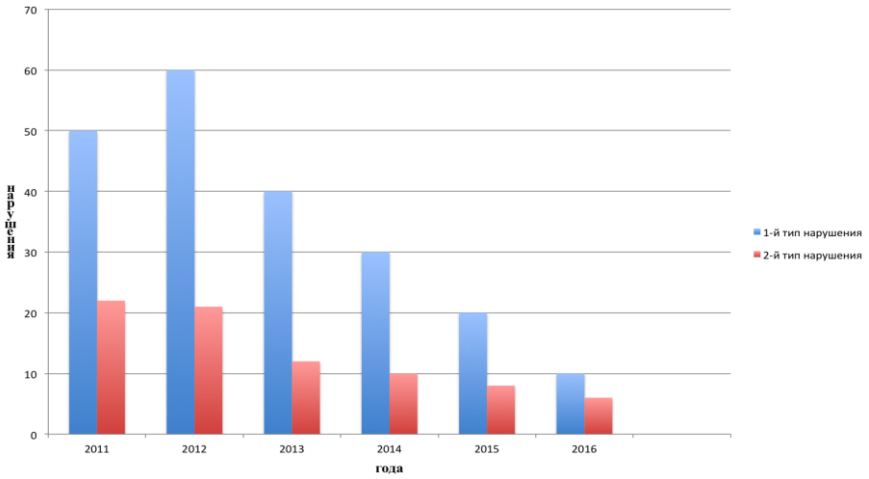


Рисунок 2 – Количество нарушений подрядных организаций

Из рис. 2 видно, что количество нарушений первого типа явно снижаются к 2014 году, а количество нарушений второго типа значительно снижаются к 2013 году. Следует подчеркнуть, что на уменьшение количества нарушений второго типа 2014 г. повлияло введение в действие Регламента по организации производственного контроля подрядных организаций, в котором отмечены штрафные санкции за выявленные нарушения (введен в конце 2013 г.).

В 2014 г. введения в действия Положения о порядке допуска подрядных организаций. Причиной снижения количества нарушений второго типа является изложенная в Положении норма, благодаря которой ответственность, а соответственно и заинтересованность в соблюдении допуска работников Подрядчика на опасном производственном объекте Общества распространяется помимо специалистов по охране труда, промышленной, пожарной безопасности также и на других специалистов Общества.

В заключении хотелось бы отметить, что разработанные мероприятия по организации порядка допуска подрядных организаций для производства работ, а также производственного контроля при производстве работ позволили снизить количества нарушений подрядными организациями и как следствие снижение производственных рисков, связанных с деятельностью подрядных организаций.

Список литературы

1. Постановление Минтруда России и Минобразования России от 13 января 2003 г. № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://base.garant.ru/

2. Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов от 04.03.2013 № 22-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://base.consultant.ru/

УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ (НАПЛАВКОЙ), СВОЙСТВА ПОЛУЧЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Шкурин Иван Геннадьевич.,
магистрант, Орловский государственный аграрный университет, г Орел
Тиллоев Ифтихор Салимович.,
магистрант, Орловский государственный аграрный университет, г Орел
Сухоленцев Алексей Игоревих.,
бакалавр, Орловский государственный аграрный университет, г Орел

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрен один из видов упрочнения поверхности детали, а именное плазменное напыление. Раскрыты основные моменты технологического процесса, так же отмечен ряд преимуществ перед подобными технологиями.

Ключевые слова: напыление; плазма; упрочнение; адгезия; порошок; износ.

HARDENING OF PARTS PLASMA SPRAYING (SURFACING), PROPERTIES OF THE COATINGS

Shkurin I.G.,
Undergraduate, Orel state agrarian university, Orel
Tilloev I.S.,
Undergraduate, Orel State Agrarian University, Orel
Suholentsev A.I.,
Bachelor, Orel State Agrarian University, Orel

ABSTRACT

In this paper, one type of hardening of the workpiece surface, namely plasma spraying is considered in this paper. It outlines the main points of the process, also noted a number of advantages over similar technologies.

Keywords: sputtering, plasma; reinforcement; adhesion; powder, wear.

Одним из главных направлений технического сервиса является технология восстановления и упрочнения деталей с/х машин. Исследования показывают, что (85-90%) всех машин и механизмов выходят из строя вследствие поломок, вызванных быстрым изнашиванием рабочих поверхностей, которые подвержены трению, ударным нагрузкам, а также абразивному износу и т.д.

В последние годы для восстановления деталей широко применяют метод плазменного напыления. Данный метод позволяет наносить любые материалы, в том числе тугоплавкие, так как наплавка происходит при температуре (до 50000 оС), создавая покрытия с заданными эксплуатационными свойствами: износостойкость, коррозионная-стойкость, жаростойкость, электроизоляция и др. [1].

Способ упрочнение деталей машин плазменным напылением заключается в нанесении на деталь покрытия в виде расплавленного, под действием сильно ионизированного газа (плазмы), порошка, в качестве ионизирующего газа может выступать (аргон, гелий, азот). Для создания эффекта ионизации газа и нанесения самого покрытия используется комплексы оборудование состоящие из: системы управления, блока газоподготовки, блока коммутации, источника тока, порошкового дозатора, блока соединителя холодильника, плазмотрона, комплекта ЗИП.

Особенность данного метода упрочнения плазменно-порошкового напыления заключается в повышении и стабилизации качество наносимого покрытия. Так же увеличи-

вается производительность, сокращается расход порошков или других материалов для создания покрытия, снижаются затраты на механическую обработку. Не более 1% брака, появление этих дефектов в покрытии связанно с нарушением технологии.

По сравнению с газопламенным и дуговым напылением плазменное имеет ряд преимуществ - широкий спектр возможных материалов для нанесения, начиная с металлов и заканчивая пластмассами и их различные композициями, на разнообразный материал основы. Использование инертных газов, способствует уменьшению окисления напыляемого материала и поверхности детали. Оборудование для плазменной наплавки позволяет в широких пределах регулировать и контролировать характеристики плазмы, что дает возможность получать покрытия со свойствами, необходимыми по требованиям технологии. Физико-механическим свойствам покрытия, полученные плазменным напылением, превосходят покрытия, полученные газопламенным и дуговым способами напыления.

Восстановления деталей плазменным напылением включает следующие этапы:

1. подготовка порошка,
2. подготовка поверхности детали,
3. напыление и механическая обработка покрытий.

Во время первого этапа производим подбор порошков с определенной дисперсностью гранул необходимых для данной установки и получения определенных характеристик поверхности. Далее идет сушка порошка при температуре 150-200°С (эта операция необходима если порошок храниться в не герметичном виде) [7-10].

Во время второго этапа идет обработка (подготовка) поверхности. Подготовка поверхности имеет первостепенное значение. Основной подготовительной операцией является создание на поверхности детали шероховатости. Степень шероховатость оказывает существенное влияние на адгезию покрытия с подложкой и усталость восстанавливаемой детали (перед обработкой следует обезжирить поверхность детали) [1-4].

Третий и заключительный этап – это нанесение самого покрытия. Напыление следует производить сразу после обработки детали, так как уже через 4 часа (1 час для алюминия и других быстро окисляющихся материалов) на ее поверхности образуется и с течением времени увеличивается оксидная пленка, что негативно влияет на свойства сцепления при напылении [7,10,12].

Область практического применения наносимого покрытия зависит от прочности его сцепления с металлом детали. Сцепления определяется состоянием частицы (жидкое, пластично или твердое, зависит от режима работы установки и свойств порошка) при соударении с поверхности подложки в каждый конкретный момент, показатель сцепления при напылении составляет от 10 до 120 МПа на отрыв, а при наплавке происходит полное сплавливание частиц порошка с подложкой [1-6]. Не мало важной характеристикой покрытий является пористость при плазменном напылении этот показатель варьируется в пределах 10…15%, при наплавке пористость отсутствует. Толщина наносимого покрытия при напылении составляет от 0,2 до 1 мм, при пересечении границы слоя в 1 мм в нанесенном покрытии растут внутренние напряжения, действие которых может отслоить покрытие от поверхности детали, при наплавке толщина слоя возрастает до 4 мм [8,11]. Твердость получаемого покрытия ограничена только свойствами используемого порошка.

Режимы работы установки определяют опытным путем. Средние значения режимов плазменного напыления:

1. Расстояние от сопла до детали – 100...150 мм.
2. Скорость струи – 3...15 м/мин.
3. Скорость вращения детали – 10...15 м/мин.
4. Угол напыления – 60...90 градусов.

Расстояние от сопла до поверхности можно сократить до 70 мм, охлаждение поверхности детали совершаем через дополнительное сопло сжатым воздухом. Что в свою оче-

редь повышает производительность, увеличивает коэффициент использования порошка, повышает прочность и снижает пористость покрытия. Угол напыления менее 60 градусов приводит к снижению энергия удара частиц порошка о поверхность, что ухудшает прочность покрытия [1, 2].

Природа связи между металлом и покрытием до сих пор вызывает дискуссии исследователей, одни считают, что сцепление покрытия с поверхностью металла носит механический характер (сила адгезии), другие, что связь возникают за счет химических реакции и микросварки. В то же время ряд авторов процесс взаимодействия частиц – подложка условно разбивают на три стадии:

1. Образование физического контакта;
2. Образование прочных химических связей (частица-подложка);
3. Развитие взаимодействия (релаксация, гетеродиффузия, образование новых фаз).

Производительность процесса напыления, а также свойства сформированного покрытия зависят от качества подготовки поверхности, химического состав и характеристик порошка, условия его доставки на поверхность подложки, состава газовой среды, количества тепловой энергии между порошком и поверхностью. Для создания покрытия с нужными характеристиками нужно учитывать все эти факторы и строго следовать технологическому процессу.

Список литературы

1. Гончаренко В.В. Технология восстановления и упрочнения лемехов плугов металлокерамическими пластинами [Текст]: дис. … канд. техн. наук : 05.20.03. – Москва, 2007. – 158 с.

2. Кузнецов Ю.А., Коровин А.Я., Гончаренко В.В., Кулаков К.В., Организация производственных процессов на предприятиях технического сервиса: учебное пособие. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2009. – с. 178.

3. Семешин А.Л., Гончаренко В.В. Электролизно-водные генераторы в ремонтном производстве для пайки деталей: учебное пособие. – Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2013. – с. 268.

4. Кузнецов Ю.А., Коломейченко А.В., Гончаренко В.В., Кулаков К.В. Технико-экономическое обоснование инженерных решений в дипломных проектах по надежности и ремонту машин: учебное пособие. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2014. – с. 124.

5. Гончаренко В.В., Мошкин А.А. Восстановление и упрочнение рабочих органов плуга // Сельский механизатор. – 2006. – №2. – С.39.

6. Гончаренко В.В., Ферябков А.В., Кузнецов Ю.А., Дегтярев М.Г. Восстановление и упрочнение режущей кромки лемеха пайкой металлокерамических пластин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – №11. – С.21-22.

7. Кузнецов Ю.А., Кулаков К.В., Гончаренко В.В. Инновационные способы газотермического напыления покрытий: монография. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2011. – 124 с.

8. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В. Технологии высокоскоростного напыления // Техника и оборудование для села. – №8 (194). – 2013. – С. 40-45.

9. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В., Кулаков К.В. Анализ оборудования для холодного газодинамического напыления // Техника и оборудование для села. – №11(197). – 2013. – С. 40-44.

10. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В. Исследование характеристик покрытий, полученных холодным газодинамическим напылением // Техника и оборудование для села. – №12 (198). – 2013. – С. 39-42.

11. Кузнецов Ю.А., Гончаренко В.В., Семешин А.Л. Современные технологии ремонта радиаторов систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания // Техника и оборудование для села. – №1(223). – 2016. – С. 34-37.

ОДИН ПОДХОД К РАСЧЁТУ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК С КОНТРОЛЕМ РАЗРУШЕНИЯ

Курчаткин Антон Андреевич,
старший специалист ЗАО «Неофлекс Консалтинг», г. Саратов

АННОТАЦИЯ

В статье описан подход расчёт напряжённо-деформированного состояния пологой оболочки приближённым методом с контролем достижения критической нагрузки (нагрузки разрушения).

Ключевые слова: пологая оболочка; расчёт напряжённо-деформированного состояния; приближённые методы; контроль разрушения.

AN APPROACH TO THE CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE OF SHALLOW SHELLS WITH BREAKING CONTROL

Kurchatkin A.A.,
Senior engineer, Neoflex Consulting, Saratov

ABSTRACT

This paper deals with the calculation of stress-strain state of a shallow shell by approximation method with built-in achieving control of critical load value (destruction load).

Keywords: shallow shell; calculation of stress-strain state; approximate methods; control of destruction.

В работе [1] была показана численная реализация спектрального критерия локальной потери устойчивости оболочечной конструкции. Визуализация точек потери устойчивости, возникающиз в результате докритического нагружения оболочечной конструкции, хорошо продемонстрирована в [2].

В работах [3-5] показаны пути реализации численного метода последовательного возмущения параметров для оболочечной конструкции с произвольной в известном смысле контуром границы. Под произвольностью границы подразумевается, что граница должна быть кусочно-алгебраической, т.е. непрерывна и состалена из линий, заданных алгебраическими полиномами. При обосновании метода автор опирается на работы [6-7], в свою очередь основанные на работе [8].

Представленные инструменты позволяют построить алгоритм расчёт напряжённо-деформированного состояния оболочечной конструкции с контролем разрушения. Сутью алгоритма является вычисление, к примеру, по схеме из [3], направленные на восстановление функции прогиба. При этом на каждом шаге нагружения производится проверка по принципу, описанному в [1]. Тем самым можно контролировать истинность решения, определяя, что для полученной функции прогиба оболочка ещё не потеряла устойчивость.

Список литературы

1. Бессонов Л.В. Численная реализация алгоритма спектрального критерия локальной потери устойчивости оболочечной конструкции // Исследования по алгебре, теории чисел, функциональному анализу и смежным вопросам: межвуз. сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2012. – № 7. – С. 3-9.

2. Бессонов Л. В. Геометрические параметры и точки локальной потери устойчивости цилиндрической оболочки // Студенческая наука: перекрёстки теории и практики. Материалы I Внутривузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов. – Саратов. – 2013. – С. 20-23

3. Бессонов Л.В. Численная реализация метода последовательного возмущения параметров при расчете напряжённо-деформированного состояния оболочечной конструкции в случае жесткого закрепления краев оболочки // Изв. Сарат. ун-та Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2015. – Т.15. – № 1. – С. 74-79.

4. Bessonov L.V. Numerical Realization of The Method of Subsequent Parameters Perturbation for Calculating a Stress-Strain State of The Shell // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Т. 799-800. – С. 656-659.

5. Бессонов Л.В., Кузнецова Т.А., Чумакова С.В. О численной реализации метода последовательного изменения параметров при расчёте напряженно-деформированного состояния пологих оболочек // Чебышевский сборник: Науч.-теор. журн. – Т. XVII. № 3 (59). – Тула: Изд-во Тул. Гос. Пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2016. – С. 18-28.

6. Бессонов Л.В. Об операторном подходе при расчёте напряжённо-деформированного состояния оболочечных конструкций // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. – Казань. 2015. – С. 467-469.

7. Бессонов Л.В. Численная реализация спектрального критерия определения точек локальной потери устойчивости оболочечной конструкции // Материалы XIX Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2015). – Москва, 2015. – С. 223-225.

8. Кузнецов В.Н. Метод последовательного возмущения параметров в приложении к расчету динамической устойчивости тонкостенных оболочечных конструкций : дис. … д-ра техн. наук. – Саратов, 2000.

ТЕХНОЛОГИИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО НЕПРЕРЫВНОГО ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НА ТЕХНИКЕ

Пензин Алексей Геннадьевич,

полковник, старший преподаватель кафедры материального обеспечения, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург

Литвинов Михаил Николаевич,

майор, слушатель кафедры материального обеспечения, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург

Гусев Дмитрий Валерьевич,

майор, слушатель кафедры материального обеспечения, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

В статье проведен анализ современных средств контроля качества горючего при применении на технике.

Ключевые слова: топливо; контроль качества; техника; приборы; современные технологии.

TECHNOLOGY AND DEVICE FOR CONTINUOUS LINE REMOTE CONTROL QUALITY OF FUELS IN THE APPLICATION FOR TECHNOLOGY

Penzin A. G.,
Colonel, senior lecturer of the Department of material support, Military Academy of Logistics named by Army General Khrulev A.V., Saint-Petersburg
Litvinov M. N.,
Major, student of Department of material security, Military Academy of Logistics named by Army General Khrulev A.V., Saint-Petersburg
Gusev D. V.,
Major, student of Department of material security, Military Academy of Logistics named by Army General Khrulev A.V., Saint-Petersburg

ABSTRACT

The article analyzes the modern means of quality control of fuel on the application of technology.

Keywords: fuel; quality control; equipment; appliances; modern technologies.

Надежность и долговечность техники напрямую зависит от качества применяемого топлива. Низкокачественное топливо может стать причиной преждевременного выхода из строя деталей топливной системы. Помимо этого, при небрежной транспортировке и доставке топлива к потребителям в него может попасть вода и механические примеси, что крайне нежелательно.

Главный вопрос, например, при применении дизельного топлива состоит в том, как определить качество и его состав. К сожалению, в настоящее время это можно сделать только при наличии специального оборудования и после проведения сложной экспертизы. Единственное, что можно сделать самостоятельно – перед применением на технике налить топливо в какую-нибудь прозрачную тару, дать ему немного отстояться и затем рассмотреть пробу на свету. Фальсификат зачастую имеет более темный оттенок в сравнении с нормальным дизельным топливом, кроме того можно заметить наличие осадка, которого там вообще быть не должно. Даже если визуально топливо соответствует принятым требованиям, это вовсе не говорит об его хорошем качестве, и только при помощи специального оборудования можно определить (разумеется, с долей погрешности) истинное качество дизельного топлива и сравнить его показатели с требованиями ГОСТа. Как правило, у потребителя нет особого желания (нередко и просто возможности) проверять качество применяемого дизельного топлива на месте использования. Вместе с тем не все выпускаемые топлива отвечают требованиям современной техники, что нередко ведет к ее отказам.

Вопрос контроля качества топлив актуален еще и потому, что 90% складов горючего и пунктов заправки не имеют лабораторий, не проверяют качество принимаемых и отпускаемых топлив на соответствие их требованиям стандартов и технических условий. Следовательно, на пункт заправки могут поступать топлива с отступлением от показателей качества стандартов. Пункты заправки, не располагая возможностью контроля качества топлива, могут допускать применение топлив некондиционных и не рекомендованных к употреблению. Это, как правило, ведет к снижению надежности и долговечности техники и повышению потерь нефтепродуктов при ее эксплуатации. Ущерб при этом достигает значительных размеров.

По данным Минавтотранса РФ (НИИАТ), при замене некондиционных топлив на топлива более высокого качества мощность двигателей повышается на 13-15 %, а расход топлива снижается на 10-12 %.

Существующие методики и комплекты оборудования для организаций и пунктов заправок предусматривают контроль качества лишь отдельных показателей топлива: внешний вид, плотность, содержание механических примесей, содержание воды, что недостаточно для более объективного контроля качества. В тоже время важным показателем дизтоплив является цетановое число, а для бензинов – октановое число.

Контроль основного эксплуатационного показателя дизельного топлива - цетанового числа не предусмотрен из-за отсутствия мобильных, компактных устройств для его определения. В то же время известно, что оптимальную работу стандартных двигателей обеспечивают дизельные топлива с цетановым числом не менее 40-55. При цетановом числе меньше 40 резко возрастает задержка воспламенения (время между началом впрыска и воспламенением топлива) и скорость нарастания давления в камере сгорания, увеличивается износ двигателя. Стандартное топливо характеризуется цетановым числом 40-45, а топливо высшего качества (премиальное) имеет цетановое число 45-50. Согласно российским стандартам, цетановое число летнего и зимнего дизтоплива должно быть не менее 45 единиц. Премиальное дизельное топливо более лёгкое, содержит больше легковоспламеняющихся лёгких фракций и поэтому более пригодно для запуска двигателя в холодную погоду, кроме того, отношение водорода к углероду в лёгких фракциях выше, поэтому при сгорании такого дизельного топлива образуется меньше дыма. В то же время, при цетановом числе больше 60 снижается полнота сгорания топлива, возрастает дымность выхлопных газов, повышается расход топлива.

Для успешного решения проблемы эффективного использования топлив, первостепенное значение имеет своевременная оценка их эксплуатационных свойств на основе современных приборов и систем.

В России проблемой создания современных средств определения показателей качества топлив усиленно занимаются последние 4-5 лет, что уже привело к созданию нескольких способов и устройств. Новые средства и комплекты сформированы на новых физических принципах и позволяют значительно ускорить процесс контроля качества.

Вот некоторые приборы и системы.

1. Октанометр серии SX

Октанометр серии SX является анализатором качества нефтепродуктов нового поколения. Прибор отвечает современным возможностям науки, в частности, прогрессу в области экспресс-анализа нефтепродуктов.

Октанометр позволяет определить:

- октановое число бензина;
- цетановое число дизтоплива;
- температуру застывания и тип дизельного топлива;
- диэлектрическую проницаемость ГСМ;
- другие показатели.

Область применения:

Октанометр серии SX рекомендован для применения на АЗС, нефтебазах, нефтеперерабатывающих заводах, таможнях, экологических, контролирующих организациях как портативное универсальное средство для контроля качества бензина и дизтоплива.

Применение октанометра рационально в любой отрасли, где требуется измерение октанового числа бензина и цетанового числа дизельного топлива.

Прибор выполнен в виде малогабаритного кейса из ударопрочного пластика.

2. Переносная лаборатория для отбора проб и оперативного проведения приемо-сдаточного анализа топлива (лабораторный комплект 2М6, 2М7)

Переносная лаборатория для отбора проб и оперативного проведения приемо-сдаточного контроля качества топлива стандартными и экспресс-методами. Результаты

анализов позволяют с высокой точностью оценить качество топлива, в условиях, когда анализ в стационарных стандартных лабораториях невозможен. Лабораторный комплект позволяет определить основные показатели качества нефтепродуктов.

Виды анализируемого топлива: автомобильный бензин, дизельное топливо, авиационный керосин, минеральные масла, трансформаторные масла, индустриальные масла.

Прибор выполнен в виде чемодана с секциями для приборов.

3. Мобильный комплекс оперативного контроля качества топлива АЗС

Лаборатория предназначена для контроля качества нефтепродуктов на автозаправочных станциях – бензина и дизельного топлива по ряду физико-химических показателей.

Основные задачи лаборатории:

Экспресс-анализа характеристик бензинов по ГОСТ Р 51105-97, ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99) и дизельных топлив по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590-04).

Вычисляемые параметры:

- цетановое число по исследовательскому методу;
- концентрация серы;
- давление насыщенных паров;
- температура вспышки в закрытом тигле;
- температура помутнения/застывания.

Исполнение комплекта относится к переносным средствам контроля.

4. Система измерительная «СТРУНА+»

Предназначена для измерения уровня, температуры, плотности, давления, вычисления объёма, массы светлых нефтепродуктов и сжиженного газа (СУГ) в одностенных и двустенных резервуарах, сигнализации наличия подтоварной воды на стационарных АЗС и АГЗС.

Используется для повышения пожарной и экологической безопасности, автоматизации процессов учета нефтепродуктов на АЗС, АГЗС, нефтебазах.

Системы «СТРУНА+» используются только в стационарных условиях на АЗС, АГЗС, и не могут работать в режиме оперативного контроля качества горючего подвижных объектов (машины, цистерны и проч.).

На сегодняшний день воинские части не имеют возможности контролировать показатели качества топлива на любом этапе применения горючего и эксплуатации машин самостоятельно из-за отсутствия доступных мобильных приборов для точного экспресс-анализа автомобильных топлив. Отсутствуют приборы и системы непрерывного дистанционного контроля качества на трубопроводах, железнодорожных цистернах, топливозаправщиках, непосредственно в машинах. Поэтому, на сегодняшний день, актуальна проблема внедрения существующих средств оперативного непрерывного дистанционного контроля качества топлива и разработки новых методов оценки качеств топлив, обеспечивающих оперативность и высокую точность анализа топлива с возможностью массового применения. На технике интерес к таким средствам в последние годы возрос еще и в связи с тем, что подобные компактные лабораторные установки легко можно разместить на всех этапах технологического потока топлив и оценивать качество топлива непосредственно в процессе не только производства, но и при транспортировке, хранении и применении в воинских частях и на машинах.

Современные средства контроля качества горючего могут использоваться только при выполнении процедуры отбора пробы из объема горючего, находящегося в резервуарах, таре, баках, цистернах, трубопроводах. Сама процедура отбора пробы занимает время, для нее требуются специальные пробоотборники, емкости, устройства, квалификация сотрудников. Отбор проб затруднен при особых условиях эксплуатации техники и технических средств.

Такие недостатки отсутствуют у системы «СТРУНА+», однако, ее приборы могут работать только на стационарных АЗС. Эта система не может быть использована на подвижных объектах службы горючего и потребителей.

В то же время, сейчас уже есть системы, которые позволяют контролировать местоположение машин и даже уровень горючего в баках машин с использованием устройств мобильной связи и спутниковой ориентации GLONASS и GPS, но такие устройства пока не могут быть использованы для непрерывного дистанционного контроля качества горючего в процессе применения на технике.

Вместе с тем, развитие современных технологий позволяет осуществлять управление техническими системами военного и гражданского назначения дистанционно и непрерывно с применением современных систем сотовой связи. Особенно это заметно в развитии робототехники.

Средства дистанционного и непрерывного контроля качества горючего на военной технике должны занять соответствующее место в этой технологической нише.

Список литературы

1. Емельянов В.Е., Гребенщиков В.П. Эксплуатация установок для оценки моторных свойств топлив. – М.: «Недра», 1991. – 171с.
2. Разработка, производство, применение горюче-смазочных материалов и технических средств нефтепродуктообеспечения // Тезисы докладов 25-й научно-технической Конференции ГОСНИТИ МО РФ. – М.: Изд. Центр «Новый век». – 272 с.
3. Описание (инструкция по эксплуатации) октанометра серии SX
4. Описание (инструкция по эксплуатации) переносного лабораторного комплекта 2М6 (2М7)
5. Описание (инструкция по эксплуатации) мобильного комплекса оперативного контроля качества топлива АЗС
6. Описание (инструкция по эксплуатации) измерительной системы «СТРУНА+»
7. Инструкция по эксплуатации войскового лабораторного комплекта ВЛК, ВЛК-Д
8. Инструкция по эксплуатации комплекта ПЛ-2М

УДК 388.26

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-КАДАСТРА В РОССИИ

Крючкова Юлия Александровна,
магистрант, КГАУ им. И.Т. Трубилина г.Краснодар
Красноплахтова Людмила Ивановна,
к. псих. н., профессор КГАУ им. И.Т. Трубилина г. Краснодар

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены перспективы применения 3D-кадастра в России. Обосновывается необходимость перехода от 2D-кадастра к 3D-кадастру недвижимости.

Ключевые слова: 3D-кадастр; государственный кадастр недвижимости; объекты недвижимости, трехмерный кадастр**.**

FUTURE OF 3D-INVENTORY IN RUSSIA

Kruchkova Y.A.,
Undergraduate of Kuban State Agrarian University them. I.T. Trubilin, Krasnodar
Krasnoplakhtova L.I.,
PhD in Psychology, Professor of Kuban State Agrarian University them. I.T. Trubilin, Krasnodar

ABSTRACT

The article deals with the prospects for the use of 3D-cadastre in Russia. The necessity of the transition from 2D to 3D-inventory-estate cadastre.

Keywords: 3D-estate cadaster; State Real Estate Cadastre; real estate; three-dimensional cadaster.

В настоящее время тема трехмерного 3D-кадастра является очень актуальной не только в России, но и в других зарубежных странах. На данный момент это очень популярно, так как современное общество нуждается в получении быстрой, качественной, а также актуальной и достоверной информации о состоянии окружающего мира [2].

Тема трехмерного кадастра недвижимости является очень популярной и поэтому обсуждается во всем мире не один год. В ряде развитых стран таких как: Нидерланды, Австралия, Швеция, Греция, существующий кадастр недвижимости содержит элементы трехмерности. Так, в Нидерландах для обозначения подземных объектов применяют специальную систему кодов, таким образом отметка о наличии подземных сооружений ставится на уровне поверхности участка. Полноценного трехмерного кадастра недвижимости не существует ни у одного государства.

На сегодняшний день в большинстве стран мира, в том числе и Российской Федерации, государственный кадастр недвижимости ведется в двумерном виде. Местоположение земельных участков фиксируется путем внесения в государственный кадастр недвижимости координат значений поворотных точек границ участков. Прежде всего, это обеспечивает точную привязку участков на местности, учет их площадей, конфигурации и местоположения относительно соседних участков. Так же этот вариант учёта местоположения очень актуален для мониторинговых наблюдений с указанием точных координат исследования в населённом пункте или в природной экосистеме. Например, мониторинг при деформации русла реки [4].

Однако у данного метода есть ряд недостатков. Объекты недвижимости, как земельные участки, так здания и сооружения, являются пространственными объектами, соответственно имеют объем, который невозможно отобразить в современной двумерной проекции. Ведение кадастра недвижимости в двумерном пространстве не позволяет четко увидеть линии электропередач, телевышки, коммуникационные трубы и высотные объекты, таким образом осуществить учет таких объектов недвижимости невозможно. Ведение кадастрового учета в двумерном пространстве не дает возможности учитывать многоуровневые объекты к которым также относятся: дорожные развязки, мосты и туннели, здания имеющие нестандартную форму с нависающими этажами [1].

Одним из основных недостатков 2D-кадастра является отсутствие подземных объектов. Подземные объекты являются главными элементами инфраструктуры городов, однако данная проблема ограничивает возможность регистрации муниципалитетами прав на них и порождает различные имущественные споры.

Также существующая система учета объектов недвижимости не позволяет учитывать особенности рельефа, которые оказывают значительное влияние на оценку кадастровой стоимости объектов недвижимости [2].

В связи с этим возникает острая необходимость разработки, а также внедрения на территории РФ трехмерного кадастра недвижимости. Отображение поверхности земли,

а также расположенных на ней объектов в трехмерном пространстве позволило бы значительно расширить возможности кадастрового учета и механизмы обеспечения прав собственности, планирования и проектирования.

С помощью использования 3D-кадастра возможно повысить качество учета таких элементов инфраструктуры, как коммуникационные сети и трубы, многоуровневые комплексы, многоквартирные дома и другие объекты недвижимости [1].

Ведение государственного кадастра недвижимости в России связано с целым рядом проблем, решение которых просто необходимо, чтобы принять аспекты 3D-реальности. Правовая составляющая является одним из основных вопросов использования трехмерного кадастра. В законодательстве Российской Федерации в сфере государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним не содержится упоминаний о 3D-объектах, но в то же время нет препятствий для их кадастрового учета и государственной регистрации.

При переходе к полноценному трехмерному кадастру в России немаловажным является экономический аспект. Принимая во внимание то, что использование 3D-кадастра согласуется с современным уровнем развития информационных технологий Росреестра, этот переход вполне оправдан [5].

Возможно изменения в законодательстве будут способствовать созданию новых форматов работы для участников рынка недвижимости.

В итоге можно предложить, двигаясь в ногу со временем, совершенствовать государственный кадастр недвижимости, расширять предоставление услуг в электронном виде различным категориям граждан, в связи с этим, очевидно, что кадастр в формате 3D России просто необходим. Использование трехмерного кадастра недвижимости будет способствовать защите интересов граждан, государства, и станет незаменимым инструментом визуализации, который позволит принимать решения значительно быстрее и эффективнее [3].

Список литературы

1. Горобцов С. Р. Применение 3D технологий для корректного учета объектов недвижимости // Интерэкспо гео-сибирь. – 2015. – №3. – С. 127-133.

2. Лисицкий Д.В., Нгуен Ань Тай. Пространственная локализация и правила цифрового описания объектов в трехмерном картографировании // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 190–195.

3. Малыгина О.И. Трехмерный кадастр – основа развития современного мегаполиса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.elibrary.ru (дата обращения: 22.11.2016).

4. Мамась Н.Н. К вопросу о деформации русла реки Кубань // Сб.III Межд. научно-пр. конф. «Экология речных бассейнов». – Владимир. – 2005. – С 90-94.

5. Павлова В.А., Чистов Е.В. Перспективы использования 3D-технологий для ведения кадастра недвижимости в России // Сб. мат. межд. научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения». – Спб.: Политехника, 2015. – С. 320-323.

ОСОБЕННОСТИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Козьмина Екатерина Дмитриевна,
студент, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток
Липатова Анжела Владиславовна,
студент, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

АННОТАЦИЯ

В данной статье мы рассмотрели применение гальванических покрытий, изучили варианты многослойных покрытий, а также подробно затронули тему влияния гальванических покрытий на свойства основного металла.

Ключевые слова: гальванические покрытия; коррозия металла; катод; анод; сопротивление усталости.

CHARACTERIZATIONS OF GALVANIC COATINGS

Kozmina E.D.,
Students, Far Eastern Federal University, Vladivostok
Lipatova A.V.,
Students, Far Eastern Federal University, Vladivostok

ABSTRACT

In this article we looked at the use of galvanic coatings, to explore options for multi-layer coatings, as well as touched upon in detail the influence of galvanic coatings to the properties of the base metal.

Keywords: galvanic coatings; corrosion of metal; cathode; anode; endurance.

Нанесение гальванических покрытий – один из наиболее распространенных способов защиты металлов от коррозии. Актуальность темы напрямую связана с качеством гальванического покрытия, так как оно очень сильно влияет на качество готовых изделий, их долговечность и эксплуатационные характеристики.

Более всего гальванические покрытия находят применение в автомобилестроении, строительстве, авиационной, радиотехнической и электронной промышленности. Тонкие (от 2-6 до 12-20 микрон) и прочные слои хромовых и никелевых гальванических покрытий увеличивают срок службы и улучшают качество бытовых, медицинских, штамповочных и прессовых инструментов, деталей узлов трения [3].

Основным методом нанесения гальванических покрытий является электролиз водных растворов солей с растворимым (активным) анодом. При этом покрываемое изделие соединяют в качестве катода с отрицательным полюсом источника постоянного тока и погружают в раствор электролита, содержащий ионы осаждаемого металла. Анодом же служат одна или несколько пластин из того металла, который покрывают, и соединённые с положительным полюсом источника постоянного тока. Химические реакции, протекающие, соответственно, на катоде и аноде, можно представить следующим образом:

(-) К: Me^{n+}(раствор) + ne^- = Me_0 (металл);

(+) А: Me_0 (металл) - ne^- = Me^{n+} (раствор).

Гальваническое покрытие – это металлическая пленка толщиной от долей микрона до десятых долей миллиметра, наносимые на поверхность не металлических и металлических изделий методом гальваники для придания им твердости, износостойкости, антикоррозийных, антифрикционных, декоративных свойств. Изменение характеристик поверхностных слоев не металлических и металлических изделий приобретает все большую актуальность. Современные требования к надежности оборудования при увеличении нагрузок на него, необходимость в защите металлических деталей от агрессивных сред и очень

высоких или, наоборот, низких температур приводят к возрастающему интересу всех областей промышленности к применению гальванических покрытий [2].

Для защиты от коррозии и в защитно-декоративных целях широко используются цинковое, никелевое, хромовое и другие гальванические покрытия. Однослойные гальванические покрытия, несмотря на широкое применение в промышленности, не могут удовлетворить всем требованиям, предъявляемым к изделиям по коррозионной стойкости, декоративному виду, износостойкости и др., поэтому в настоящее время широко применяют многослойные гальванические покрытия. Это позволяет подбирать покрытия в зависимости от условий эксплуатации изделий.

Условно многослойные гальванические покрытия можно разделить на две группы: многослойные покрытия, состоящие из различных металлов, и многослойные покрытия из слоев одного и того же металла, обладающих различными свойствами.

По сравнению с однослойными покрытиями, многослойные имеют ряд преимуществ. Одним из главных условий, определяющих защитные свойства любого покрытия, является его беспористость. При нанесении двухслойных покрытий это условие легче выполнить, так как менее вероятно совпадение каналов пор у покрытий, которые имеют разные структуру и свойства. Нельзя забывать и об экономических преимуществах многослойных покрытий, так как медь намного дешевле никеля.

Учитывая требования, которые предъявляются к эксплуатационным характеристикам деталей, гальванические покрытия можно условно разделить на три типа:

– защитно-декоративные гальванические покрытия;
– защитные электролитические покрытия;
– гальванические покрытия специального назначения [1].

В зависимости от механизма защитного действия все гальванические покрытия подразделяются на два типа:

– катодные;
– анодные.

По сравнению с потенциалом защищаемого металла, анодные покрытия всегда имеют более электроотрицательный, а катодные – более электроположительный потенциал.

Влияние гальванических покрытий на свойства основного металла

– Сопротивление усталости;
– Наводороживание при нанесении гальванических покрытий.

Основное влияние на наводороживание стали при нанесении гальванического покрытия оказывает концентрация адсорбированных атомов водорода, поэтому важным параметром для определения степени наводороживания можно считать и время до начала растрескивания стали.

Итак, для того, чтоб определить степень наводороживания стали при нанесении гальванического покрытия можно использовать:

– пластичность на изгибе плоских образцов из стали мартенситной структуры с уже нанесенным гальваническим покрытием (желательно использовать данный метод для цинковых, кадмиевых покрытий, т.е. мягких);
– пластичность стали с гальваническим покрытием;
– отрезок времени до начала разрушения стали при нанесении гальванического покрытия.

1. Наводороживание при цинковании

Цинкование стали может проводиться в цианистых, кислых и некоторых других электролитах. Если процесс нанесения цинкового покрытия проводить при pH 4 в серно-

кислом электролите, который не содержит никаких поверхностно-активных веществ (ік при этом равен 1А/дм^2), то наводороживание стали протекает очень медленно. При введении ПАВ (например, сернокислого алюминия или декстрина) наводороживание значительно возрастает. То же наблюдается и при повышении плотности тока.

2. Наводороживание при хромировании

Кроме температуры электролита хромирования на наводороживание стали большое влияние оказывает и состав раствора (в совокупности с режимами электролиза). При ік = 90А/дм^2 увеличение содержания H_2SO_4 с 2,5 до 7,5г/л оказывает значительное влияние на проникновение водорода в сталь при температуре электролита около 75°С (снижается диффузия), а при понижении температуры до 55°С особого влияния не наблюдается.

3. Наводороживание при травлении

Для уменьшения степени наводороживания сталей при травлении, в травильную ванну дополнительно вводятся ингибиторы коррозии. Не все вещества данного типа уменьшают одновременно степень растворения металла в кислоте и наводороживание.

Особенность гальванического покрытия в наличии специфической металлической пленки, которая даже при минимальной толщине (не более пары сотен микрон) позволяет защитить металлические и неметаллические изделия от коррозии и окисления, одновременно с этим придавая дополнительную твердость, износостойкость, антифрикционные, декоративные и прочие свойства.

При помощи гальванического покрытия имеется возможность добиться повышенной стойкости с химической точки зрения остающегося все тем же цинкового, хромового, свинцового или иного слоя. Повышается стойкость к износу для плоскостей трения, а при использовании медного, никелевого, хромового, серебряного, золотого покрытия получаются неповторимые по красоте произведения. При этом заготовкой для гальванического покрытия может стать полимерное, пластиковое или композитное изделие, которое не только станет прочнее на собственной поверхности и красивее на вид, но и получит электропроводящие свойства [4].

Список литературы

1. Андреев И.Н. Коррозия металлов и их защита. – Казань: Татарское книжное издательство, 2001. – С. 68-70.

2. Мухленов И.П. и др. Практикум по общей химической технологии. – М.: Высшая школа, 1973, С. 345-350

3. Улиг Г.Г., Реви Р.У. Коррозия и борьба с ней. – Л.: Химия, 2000. – С. 30-35.

4. Тапаева А.П., Кожагельдиева Г.Т. Методы защиты коррозии // Молодой ученый. – 2014. – №1.2

УДК 697.911

ВОЗДУШНЫЕ ЗАВЕСЫ

Лобов Дмитрий Сергеевич,
магистрант Омского государственного технического университета, г. Омск
Моисеев Игорь Михайлович,
магистрант Омского государственного технического университета, г. Омск
Мумладзе Даниэль Григорьевич,
магистрант Омского государственного технического университета, г. Омск
Зиновьев Евгений Викторович,
магистрант Омского государственного технического университета, г. Омск

АННОТАЦИЯ

Исследованы достоинства и недостатки, принцип работы и применение типовых воздушных завес, их классификация. Приведены показатели, на которые следует обращать внимание при выборе завес.

Ключевые слова: воздушная завеса; классификация; применение; принцип работы; выбор завес.

AIR CURTAINS

Lobov D.S.,
Undergraduate student at OmGTU, Omsk
Moiseev I.M.,
Undergraduate student at OmGTU, Omsk
Mumladze D.G.,
Undergraduate student at OmGTU, Omsk
Zinoviev E.V.,
Undergraduate student at OmGTU, Omsk

ABSTRACT

Investigated advantages and drawbacks, principle of operation and application of the model air curtains, their classification. The indexes to which one should pay attention when choosing air curtains.

Keywords: air curtain; classification; application; working principle; selection of air curtains.

Воздушные завесы – это устройства, которые препятствуют прохождению воздушных потоков (или минимизируют их прохождение) через открытые дверные проемы. Такая необходимость возникает в том, что некоторые проемы нельзя держать закрытыми из-за определенных производственных или других условий. Благодаря воздушно–тепловым завесам через открываемые в холодное время года ворота предотвращается (минимизируется) прохождение холодного воздуха в помещения промышленных предприятий. Завесы находят применение также в проемах между двумя соседними цехами. Например, когда один из них отапливается, а другой нет. Либо в проемах наружных ограждений предприятий, через которые проходит производственное оборудование (транспортеры и т.п.).

Огромным достоинством использования воздушных завес является возможность поддержания в холодное время года требуемый санитарными нормами микроклимат в производственных помещениях, при этом значительно сокращая расход тепла. Микроклимат – это метеорологические условия, которые определяются действующими на организм человека сочетанием температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Воздушная завеса представляет собой мощную струю воздуха, подаваемую под определенным углом к плоскости ворот (как правило, менее 45°), что максимально

минимизирует прохождение холодного воздуха, если дверной проем открыт. При необходимости можно повысить температуру воздушной струи. Воздушная завеса не препятствует движению транспорта и людей, существенно уменьшая при этом количество проникающего снаружи в помещение воздуха.

Основные параметры, которые характеризуют определенные модели воздушно-тепловых завес: мощность обогрева; производительность по воздуху, длина завесы; тип используемого подогревателя (электрокалорифер или водяной калорифер).

Принцип работы типовой завесы основан на том, что нагревательный элемент нагревает воздух, а вентилятор направляет его в определенном направлении. Как правило, это пространство между внешними и внутренними входными дверями в помещении. Таким образом, воздушно-тепловая завеса «разделяет» холодный воздух и не дает обеспечить его проход в помещение.

Конструктивно воздушные завесы подразделяют следующим образом [1]:

– по режиму работы;
– по направлению подачи воздушной струи;
– по месту воздухозабора и температуре подаваемого воздуха.

Рассмотрим каждый элемент данной классификации отдельно.

Одним из основных принципов классификации считается режим работы воздушно-тепловых завес. В соответствии с этим принципом завесы бывают двух типов: завесы, которые действуют периодически (у периодически открываемых проемов); завесы, которые действуют постоянно (у постоянно открытых проемов). Режим работы воздушно-тепловой завесы определяется требованиями технологии. Работа воздушной завесы ни в коем случае не должна нарушать воздушно-тепловой режим помещения. Если завеса работает беспрерывно, то ее можно использовать также по косвенному назначению: возможно, например, организовать приток воздуха, вытяжку, можно использовать завесу как отопительный агрегат.

По направлению струи воздушно-тепловые завесы также можно разделить на три вида – завесы, направление струи которых снизу вверх – т. е. через горизонтальную щель, расположенную внизу проема (рис. 1, а); завесы, направление струи которых сверху вниз с подачей воздуха через горизонтальную щель, расположенную вверху проема (рис. 1, б); завесы, направление струи которых горизонтально – одно- и двусторонние с подачей воздуха через вертикальную щель, расположенную с одной (рис. 1, в) или с двух сторон проема (рис. 1, г).

По месту воздухозабора и температуре подаваемого воздуха воздушно-тепловые завесы можно разделить на четыре вида – завесы с внутренним воздухозабором и подогревом подаваемого воздуха (рис. 2, а) устраивают у проемов в наружных ограждениях складских помещений, у которых высокие требования к воздушной среде. В таких помещениях устанавливать воздушные завесы с наружным забором воздуха нецелесообразно, потому что это увеличит затраты на его подогрев и очистку; завесы с внутренним воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха (рис. 2, б и в) устраивают у проемов в наружных ограждениях помещений складов, где допускается некоторое периодическое понижение температуры; завесы с наружным воздухозабором и подогревом непосредственно подаваемого воздуха (рис. 2, г) – непрерывного действия. Иногда, в частных случаях, при довольно больших размерах помещения вполне целесообразно, чтобы воздушно-тепловая завеса непрерывно работала и при периодическом открытии ворот; завесы с наружным воздухозабором без подогрева подаваемого воздуха (рис. 2, д).

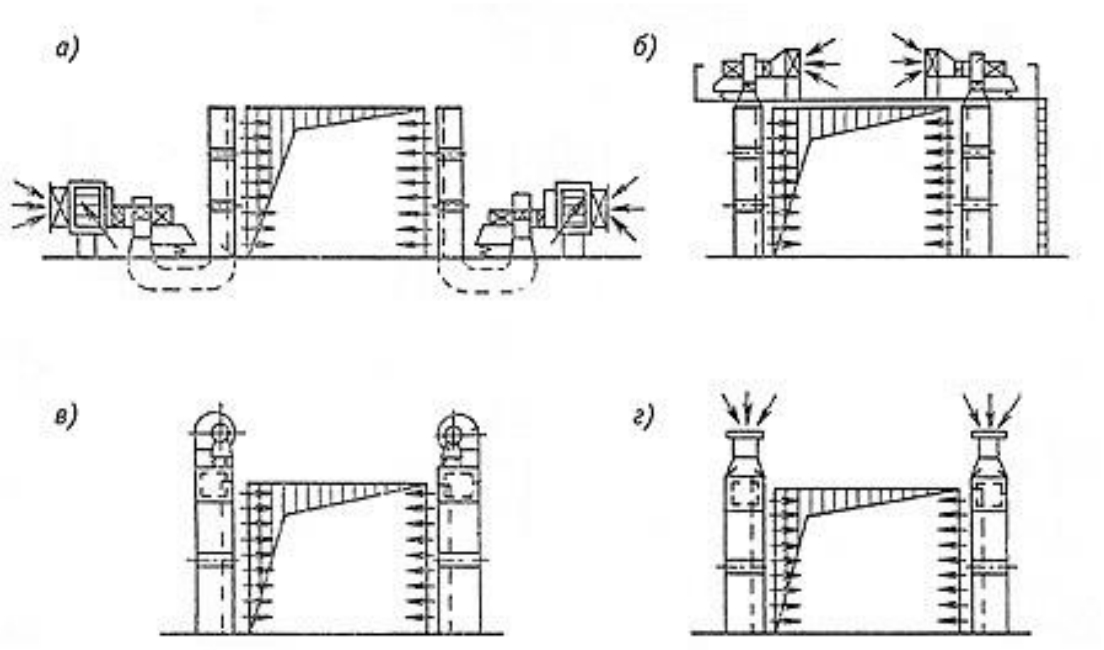


Рисунок 1 – Схемы установки агрегатов завес шиберующего типа

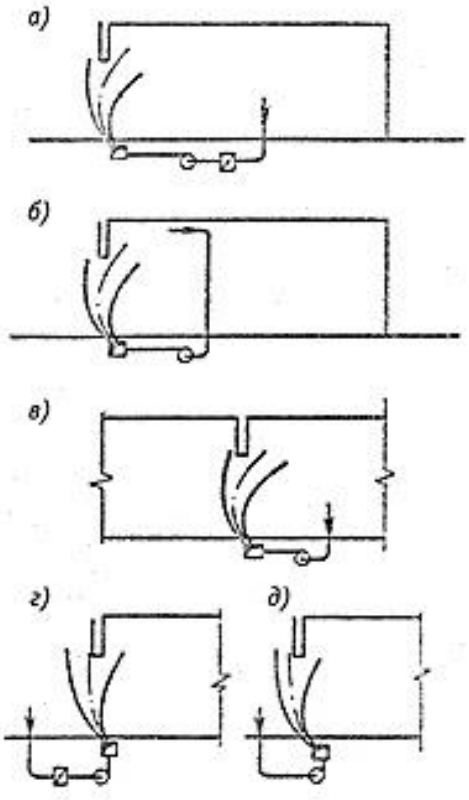


Рисунок 2 – Схемы воздушных завес с разными воздухозабором и температурой подаваемого воздуха

В.В. Батуриным была предложена классификация воздушных завес по дальнобойности:

– завесы, которые перекрывают проем ворот полностью. Дальнобойность завес такого типа должна быть больше высоты (ширины) ворот; завесы, которые не допускают втекания в цех наружного воздуха и пропускают только то его количество, которое присо-

единяется к самой струе (эжектируется струей). Дальнобойность завес такого типа должна быть равна или несколько меньше высоты (или ширины) ворот;

– завесы, которые лишь частично перекрывают дверной проем и которые допускают непосредственный проход наружного воздуха. Дальнобойность завес такого типа выбирается меньше высоты (или ширины) ворот в зависимости от местных условий;

Воздушно-тепловые завесы бывают двух типов:

– смесительного;

– шиберующего.

В завесах смесительного типа наружный воздух, который проходит через проем в помещение, смешивается с потоком воздуха, создаваемым завесой, установленной рядом с проемом. Завесы этого типа имеют место быть в основном у входных дверей вспомогательных зданий и помещений. Завесы смешивающего типа не создают дополнительного сопротивления на пути входящего наружного воздуха, а осуществляют эффективное смешение его с нагретым воздухом завесы в пределах тамбура.

Завесы шиберующего типа в результате полного или частичного перекрытия проема воздушной струей существенно уменьшают прорыв наружного воздуха, в итогепомещение «принимает» образующуюся смесь нагретого и холодного воздуха.

Основными узлами такой воздушной завесы являются воздуховод, вентилятор, калорифер, воздуховод равномерной раздачи, щелевая насадка. Главный элемент конструкции – это воздуховод равномерной раздачи, снабженный щелевой насадкой с направляющими пластинами, через которую воздушная струя направляется под некоторым углом к плоскости ворот (рис. 3)

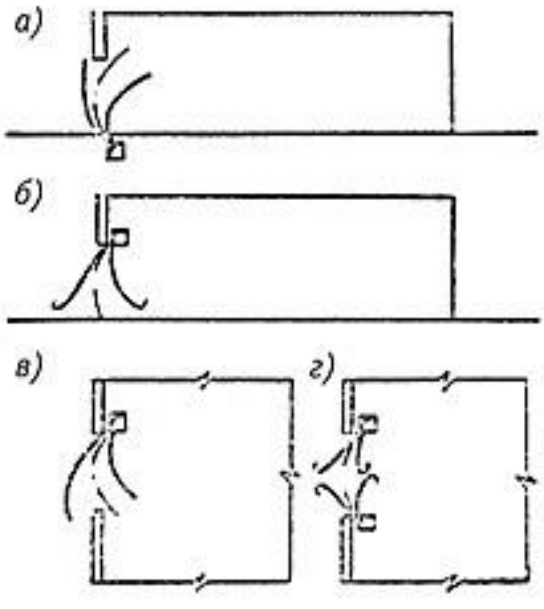


Рисунок 3 – Схемы воздушных завес шиберующего типа с различным направлением струи

Типовые воздушно-тепловые завесы, как правило, устанавливают [2]:

– у ворот или технологических проемов при любых наружных температурах и любой продолжительности открывания при соответствующем обосновании;

– в тамбурах и шлюзах у входных дверей вестибюлей общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий

– в тамбурах и шлюзах у входных дверей общественных и производственных зданий и помещений, оборудованных системами кондиционирования воздуха и т. п.

Температуру воздуха завесы, как правило, принимают не выше 50°С. Скорость выхода воздуха из устройств завесы не более 25 м/с (в производственных зданиях).

Чтобы выбрать оптимальный тип завесы, следует обращать внимание на следующие показатели:

- температура воздуха внутри и снаружи помещения;
- геометрические параметры проема;
- проходимость проема;
- производительность по воздуху;
- тепловая мощность;
- эффективная длина струи и т. п.

Таким образом, при выборе воздушно-тепловой завесы нужно учитывать ее параметры, а также условия, при которых завеса будет эксплуатироваться.

Список литературы

1. Дроздов В.Ф. Отопление и вентиляция. Учеб. пособие. В 2-х ч. Ч.2. Вентиляция. – М.: Высш. шк. – 1984. – 263 с.
2. Эльтерман В.М. Воздушные завесы. –М.: Машиностроение. – 1966. – 131 с.
3. Полярин Ю. Воздушные и воздушно-тепловые завесы для склада. Конструкция и применение // Склад и техника. – 2006. – №1.

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в

XVII Международной научно-практической конференции

«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»

(17 февраля 2017 г., Россия, г. Санкт-Петербург)

Организаторы конференции

Информационный издательский учебно-научный центр
«Стратегия будущего» (г. Санкт-Петербург)
при поддержке:

Петровской академии наук и искусств;

Академии военных наук;

Санкт-Петербургского государственного политехнического университета;

Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича;

Института развития дополнительного профессионального образования;

Санкт-Петербургского института природопользования, промышленной безопасности и охраны окружающей среды;

Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС РФ

Самарского государственного экономического университета;

Цель конференции – публикация и апробация результатов научных исследований ученых, студентов, аспирантов, докторантов, и практикующих специалистов в области инноваций, обмен научными результатами, исследовательским опытом.

По результатам конференции будет издан сборник материалов конференции (с присвоением кодов УДК и ББК и рассылкой по основным библиотекам), который имеет Международный классификационный номер (ISSN 2307-1354), свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС77-52828

В соответствии с п.10 Положения о порядке присуждения научных степеней (утвержденного постановлением Правительства РФ № 74 от 03.01.2002 г.) работы, опубликованные в материалах всероссийских и международных конференций, засчитываются ВАК РФ при защите диссертаций.

Основные направления конференции:

СЕКЦИЯ 1. Военные науки.
СЕКЦИЯ 2. Географические науки.
СЕКЦИЯ 3. Исторические науки.
СЕКЦИЯ 4. Медицинские науки.
СЕКЦИЯ 5. Педагогические и психологические науки.
СЕКЦИЯ 6. Политические науки.
СЕКЦИЯ 7. Сельскохозяйственные науки.
СЕКЦИЯ 8. Социологические науки.
СЕКЦИЯ 9. Технические науки.

СЕКЦИЯ 10. Физико-математические науки.

СЕКЦИЯ 11. Филологические науки.

СЕКЦИЯ 12. Философские науки.

СЕКЦИЯ 13. Экономические науки.

СЕКЦИЯ 14. Юридические науки.

Язык конференции: русский, английский.

Требования и условия публикации представлены на сайте: www.to-future.ru

Рассмотрение и сроки публикации материалов

Срок прием заявок, текстов статей – до 17 февраля включительно.

Рассылка сборников конференции и сертификатов – через 2 недели после окончания конференции.

Контактная информация:

191002, Санкт-Петербург, ул. Социалистическая, д.4 литер «А», помещение 2н. Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего».

Тел.: +7-911-7910880.

E-mail: to-future@mail.ru

Web: www.to-future.ru

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас к публикации в научном журнале

«НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
И СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ»

ISSN 2307-1400

Свидетельство о регистрации *ПИ № ФС77-52827*

Учредитель журнала:

Информационный издательский учебно-научный центр
«Стратегия будущего» (г. Санкт-Петербург)
при поддержке:

Петровской академии наук и искусств;

Академии военных наук;

Санкт-Петербургского государственного политехнического университета;

Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича;

Института развития дополнительного профессионального образования;

Санкт-Петербургского института природопользования, промышленной безопасности и охраны окружающей среды;

Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС РФ

Самарского государственного экономического университета;

Тематика журнала: актуальные вопросы обоснования и реализации стратегических национальных приоритетов, которыми определяются задачи важнейших социальных, политических и экономических преобразований для создания безопасных условий жизнедеятельности и реализации конституционных прав

граждан Российской Федерации, осуществления устойчивого развития страны, сохранения территориальной целостности и суверенитета государства.

Периодичность выхода – ежеквартально

Тираж: 1000 экз.

Журнал предназначен для студентов, магистрантов, аспирантов, докторантов, соискателей, молодых специалистов, преподавателей, научных работников. В журнале публикуются материалы по гуманитарным, общественным, политическим, экономическим, техническим, педагогическим, социологическим, юридическим, военным, физико-математическим наукам.

Издается на русском и английском языках. Имеет Международный классификационный номер (ISSN), свидетельство о регистрации СМИ. Обязательные экземпляры журнала рассылаются по основным ведущим библиотекам.

Журнал представлен в свободном бесплатном доступе в полнотекстовом формате в научной электронной библиотеке в целях создания Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Печатная версия журнала рассылается через 2-3 недели после окончательной даты приема материалов для очередного номера журнала.

Выход ближайшего номера – март 2017года.

Рубрики журнала:

Управление социально-экономическими системами.

Общие вопросы обеспечения национальной безопасности

Стратегическое планирование и обеспечение безопасности в сфере геополитики

Правовые основы обеспечения национальной безопасности

Политическая безопасность

Социальная безопасность

Информационная безопасность

Экономическая безопасность

Военная безопасность и национальная оборона

Стратегическое планирование

Наука, инновации и образование

Здравоохранение и демографическая безопасность

Техносферная безопасность, экология живых систем и рациональное природопользование

Требования и условия публикации представлены на сайте: www.to-future.ru

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

191002, Санкт-Петербург, ул. Социалистическая, д.4 литер «А», помещение 2н. Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего».

Тел.: +7-911-7910880.

E-mail: to-future@mail.ru

Сайт: www. to-future.ru