НАУЧНОЕ ПАРТНЕРСТВО «АРГУМЕНТ»
МОЛОДЕЖНЫЙ ПАРЛАМЕНТ ГОРОДА ЛИПЕЦКА
ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «ЭКИС»
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКСИОМА»
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ДЕ-ФАКТО»

II-я Международная научная заочная конференция

«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ»

Российская Федерация, г. Липецк, 2 октября 2010 г.

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Издательский центр «Де-факто»

Липецк, 2010

НАУЧНОЕ ПАРТНЕРСТВО «АРГУМЕНТ»
МОЛОДЕЖНЫЙ ПАРЛАМЕНТ ГОРОДА ЛИПЕЦКА
ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «ЭКИС»
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКСИОМА»
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ДЕ-ФАКТО»

II-я Международная научная заочная конференция

«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ»

Российская Федерация, г. Липецк, 2 октября 2010 г.

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Под редакцией
А.В. Горбенко, С.В. Довженко

Типография «Липецк»
Липецк, 2010

УДК 62
ББК 30
А43

Актуальные вопросы современной техники и технологии [Текст]: Сборник докладов II-й Международной научной заочной конференции (Липецк, 2 октября 2010 г.) / Под ред. А.В. Горбенко, С.В. Довженко. – Липецк: Издательский центр «Де-факто», 2010. – 288 с.

Сборник включает тексты научных докладов участников II-й Международной научной заочной конференции «Актуальные вопросы современной техники и технологии», состоявшейся 2 октября 2010 г. в г. Липецке (Российская Федерация). В сборнике представлено 80 научных докладов из Армении, Казахстана, России, Латвии, Украины.

Доклады сгруппированы по секциям в соответствии с принятой классификацией направлений в современной науке.

Редакционная коллегия сборника:
К.Д. Захаров
С.В. Довженко
А.Д. Шматко
А.В. Горбенко
Д.Н. Мясоедов
А.И. Егоров
Е.М. Мосолова
А.Е. Сундеев
В.В. Черепнин

ISBN 978-5-901510-11-7

© Коллектив авторов

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция 1. «Информатика, вычислительная техника и управление»

С.В. Алышев, И.Б. Саенко. О выборе оптимальных маршрутов перемещения автотранспорта в особых условиях с применением геоинформационных технологий 9
А. Амиршахи. Применение спутниковых технологий на железнодорожном транспорте 10
А.Ю. Афонин, П.П. Макарычев. Анализ данных потребительского мониторинга вуза методом анализа иерархий 12
И.И. Ахматов, И.В. Завалишин. Методика применения автоматизированной человеко-машинной системы в процессе подготовки ракеты космического назначения к пуску 14
А.А. Багиян. Робастное управление в задачах сопровождения объектов с летательных аппаратов 15
В.В. Буц. Моделирование процесса образования гидратов в трубопроводах в присутствии ингибитора 17
А.В. Деобольд, Н.А. Волков. Анализ готовности управленческих кадров региона к внедрению интеллектуальных технологий 19
Е.Б. Дроботун. Применение запутывающих преобразований кода для защиты программ от исследования и модификации 21
А.Б. Жанысова. Информационные технологии математических задач в образовании 22
К.В. Захаров. Обнаружение изменения курса корабля с помощью алгоритмов CUSUM и GMA 29
И.С. Игнатьев. Система сопровождения игрового обучения 34
Ю.А. Истомина, П.К. Лопатин. Эффективность применения алгоритма фронта волны для манипуляционных роботов 37
С.И. Кирносенко. Представление истории изменений исходного кода для задач подсчёта метрик 39
В.А. Кривоносов, А.С. Митин. Регулирование уровней металла в промковше и кристаллизаторах МНЛЗ в условиях «размывания» и «залипания» шиберных затворов 41
А.Ю. Мельников, А.Н. Бобух. Проектирование информационной системы для интеллектуального анализа данных службы такси 48
А.Ю. Мельников, Е.В. Антонова, С.А. Чигирь. Разработка автоматизированной системы для ведения образовательно-профессиональных программ и образовательно-квалификационных характеристик 50
И.А. Микляев. Система формирования универсального типа данных 52

И.В. Морозов, О.П. Жадан, И.Б. Саенко. Управление ролевым доступом в автоматизированных системах промышленного назначения 59
А.В. Муратов. Видео-трансляции на основе пирингового обмена....61
М.О. Нурмаганбетова. Экспертные оценки медицинских данных....62
А.И. Попов, А.В. Родионов. Обработка измерительной информации на базе свободного программного обеспечения 65
Д.А. Савочкин. Преимущества AJAX технологий для веб-сайтов 68
М.В. Турченко, В.В. Андреев. Повышение уровня безопасности установок, работающих на естественной циркуляции теплоносителя 70
А.А. Чанкин. Реализация интервальной нейронной сети для системы поддержки принятия решений с использованием параллельной парадигмы 72

Секция 2. «Машиностроение и машиноведение, материаловедение»

А.А. Банников, А.И. Банников, Я.А. Сомова, Д.В. Слепышкова, Н.А. Дятлов. Исследование тепловых процессов при термофрикционном резание дисковой пилой с зубями 81
А.Е. Батраков, И. Лаубе. Анализ коррозионных дефектов на магистральном газопроводе с пленочным покрытием 85
А.Е. Батраков, И. Лаубе. Расчет коррозионного повреждения на магистральном газопроводе с учетом анализа данных внутритрубной диагностики 87
А.В. Василевский, Д.Н. Стрелков, С.В. Родин. Способы обеспечения надежного пуска дизеля в условиях низких температур 91
Т.В. Кисиль. Структуризация базы переходов в системе технологического проектирования «TechCARD» 92
А.П. Кобзев, М.С. Губатенко. Определение силовых параметров виброснаряда для расширения вертикальных скважин под буронабивные сваи 94
В.М. Леонов. Применение магнитно-импульсной обработки для формоизменения двухкомпонентных сред 102
О.А. Лускань. Экспериментальные исследования процесса транспортирования штучных грузов импульсным роликовым конвейером 105
П.А. Мельников. Оценка топографии поверхности детали, обработанной поверхностным пластическим деформированием 109
В.А. Старовойтов. Гидроцентробежный ввод движения с магнитной жидкостью 114
Д.С. Чигинский, А.А. Трещёв. О выводе разрешающих уравнений задачи термоупругости при изгибе тонких круглыхпластин из нелинейных материалов 116

Секция 3. «Электротехника, энергетика, электроника, радиотехника и связь, транспорт»

И.Г. Белков, И.Н. Малышев. Способ оценки погрешности измерения S-параметров ВЧ компонентов 120
Р.В. Беляевский. О влиянии малозагруженных силовых трансформаторов на потребление реактивной мощности 121
А.В. Бирюков. Исследование работы ступени давления при парциальном подводе к регулирующей ступени..... 124
Е.В. Горенбейн. Оценка воздействия тягового тока электроподвижного состава на устройства рельсовых цепей и АЛС..... 126
Е.В. Горенбейн. Помехоустойчивость приёмных устройств автоматической локомотивной сигнализации..... 128
А.И. Данилушкин, Л.А. Мигачева, С.В. Алимов, В.Г. Крайнов. Исследование динамических свойств аппарата воздушного охлаждения газа как объекта управления..... 131
В.А. Карлов. Быстродействующий измеритель комплексного коэффициента отражения миллиметрового диапазона..... 135
Б.О. Качанов, Е.Ю. Толстолужинский. Определение углов ориентации летательного аппарата с помощью спутниковой навигационной системы и инерциальных датчиков 138
А.В. Кириллова. Автоматизация работы ультразвукового терапевтического аппарата..... 145
Ю.В. Кузьминов. Алгоритм вычисления остатка по произвольному модулю от произведения двух чисел..... 147
А.К. Орешников, Н. П. Чураков. Исследование и применение вентильного фотоэффекта в светодиодах..... 150
А.В. Петров. Алгоритмы планирования транспортно-грузовых потоков в региональных логистических сетях..... 157
А.П. Преображенский, С.О. Головинов, И.С. Ломов. Использование коэффициентов корреляции при расчёте уровня сигнала методом трассировки лучей..... 161
О.Е. Пудовиков. Повышение безопасности движения тяжеловесных грузовых поездов путём совершенствование системы автоматического управления скоростью движения..... 164
А.А. Савочкин, П.А. Шевцов. Исследование характеристик полосковой антенны..... 166
Д.А. Савочкин. Цифровой квадратурный синхронный детектор для радара со ступенчатой частотной модуляцией 167
Е.В. Сергеенкова, Г.С. Тамоян. Расчет линейных синхронных генераторов малой и средней мощности с постоянными магнитами 168
Н.М. Смоленская. Влияние добавки водорода в бензовоздушную смесь на ширину зоны химических реакций фронта и

электропроводность пламени в камере сгорания поршневой установки.....171
Н.М. Смоленская. Влияние добавки водорода в ТВС на характеристику тепловыделения и изменение давления в процессе сгорания.....180
В.В. Смоленский. Влияние добавки водорода на турбулентную скорость распространения фронта пламени бензовоздушной смеси в установке УИТ-85.....188
В.В. Смоленский. Влияние ширины зоны химических реакций и электропроводности пламени на токсичность процесса сгорания в поршневой установке при добавке водорода в бензовоздушную смесь 196
А.Н. Степутин, В.Ю. Садыгов. Метод сопоставления сигнатур и схема постоценочной обработки.....204
А.А. Харин, О.Е. Никитина. Инновационные технологии применения топливных элементов в гражданской авиации.....209
М.С. Черемушкина, А.Н. Скамьин. Структура системы управления электроприводом конвейерного транспорта 212
А.В. Шагидуллина, Е.И. Грачева. Анализ параметров надежности автоматических выключателей российских и зарубежных производителей.....214
Н.М. Шаулева, А.Г. Захарова, К.И. Завражин, М.В. Даменцев. Многофакторные модели надежности систем электроснабжения угольных разрезов.....218
А.Н. Щемелев, Ю.Б. Давыденко. Проблемы использования электронных счетчиков электроэнергии в условиях повышенных температур.....221
А.А. Язовский, И. Н. Щепочкин. Исследование эффективности метода адаптивной нелинейной обработки слабых сигналов на фоне негауссовских коррелированных помех в зависимости от свойств спектров полезного сигнала и помехи 222
А.А. Язовский, Ю.А. Язовская. Метод некогерентной обработки сигналов при широкополосных негауссовских помехах 226
Д.С. Якушев. Проблемы и особенности оперативного планирования транспортно-грузовых потоков локальных розничных сетей 229

Секция 4. «Информатика, вычислительная техника и управление»

Д.Э. Круглова, С.Д. Салманова, Б.Ю.Гаматаева, А.М. Гасаналиев, К.Д. Курбанмагомедов. Комплексный подход изучения тройной взаимной системы LI, SR // F, CO_3.....233
О.Н. Лобарев, И.В. Завалишин. Перспективные технологии применения ненефтяных топлив в современных двигателях реактивной авиации 237

А.М. Мунасыпов. Ингибирующие и дезинфицирующие свойства соединения на основе азот-, фосфорсодержащих солей 238
С.Д. Салманова, Д.Э. Круглова, А.М. Гасаналиев, К.Д. Курбанмагомедов. Трехкомпонентная система LIF-$SRWO_4$-$CAWO_4$ 243

Секция 5. «Техника и технология в строительстве»

М.М. Ахметшин, И.Л. Кузнецов. Облегченных панели с внешним каркасом из тонкостенных профилей 248
О.В. Давыденко. Применение фиброцементных композиций при восстановлении трубопроводов 251
В.М. Земсков, Н.В. Краснолудский, И.С. Михельсон. Выбор модели грунта для исследования процесса вибропрокола при бестраншейной прокладке коммуникаций 253
А.Э. Фахрутдинов, И.Л. Кузнецов. Легкие арочные здания произвольного пролета и очертания 259

Секция 6. «Техника и технология легкой промышленности, лесного и сельского хозяйства, продуктов питания»

И.Г. Васильева. Повышение эффективности хранения сельхозпродуктов на объектах общественного питания 263
Е.А. Молибога. Программное проектирования поликомпонентных пищевых продуктов 267
И.В. Шатохин, А.В. Черешнев, Н.А. Малыхин, А.А. Терновых, В.Б. Пименов, Г.И. Хаустова. Состояние производства зерна и требуемая производительность зерноочистительных агрегатов для хозяйств Воронежской области 268

Секция 7. «Организация производства, метрология, стандартизация и управление качеством, безопасность и охрана труда, смежные вопросы»

А.В. Безнаев. Актуальные проблемы использования аэроионизаторов воздуха в закрытых помещениях 271
О В. Коляганова, В.Е. Дербишер. Выбор рационального варианта продукции на основе комплексного показателя качества 276
И.С. Лаубе, И.Я. Платайс. Экспериментальное изучение стандартов потребления природного газа в Латвийской республике 278
А.В. Мельник. Глобальные информационно-коммуникационные технологии: сетевой принцип организации 284

СЕКЦИЯ 1

«Информатика, вычислительная техника и управление»

С.В. Алышев, И.Б. Саенко

О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
г. Санкт-Петербург, Россия

Сегодня геоинформационная технология (ГИТ) получает большую популярность в различных сферах деятельности человека. Одной из важнейших областей применения ГИТ является решение транспортных задач при анализе сетей, а именно – нахождение кратчайшего, или оптимального, пути.

Для нахождения кратчайшего пути реальную дорожную сеть представляют в виде графа и применяют определенный известный алгоритм поиска кратчайшего пути [1] на графе, с помощью которого решают задачу поиска оптимальных маршрутов для передвижения одиночного автомобильного транспорта. Однако при перемещении автотранспорта в особых условиях в составе колонн по городской дорожной сети в случае возникновения чрезвычайных ситуаций применение известных алгоритмов не позволит объективно спланировать комплексное перемещение. Для решения данной задачи разработаны два метода поиска оптимальных маршрутов автотранспорта в особых условиях: последовательный и параллельный.

Последовательный метод заключается в многократном применении известных алгоритмов поиска оптимальных маршрутов к заданному множеству перемещаемых колонн, между которыми установлен ряд приоритета. Для всех колонн определяют оптимальные маршруты в очередности, заданной приоритетом. Время прохождения узлов дорожной сети (перекрестков) каждой колонной заносятся в базу данных. Временные интервалы занятости узлов прохождением колонн с более высоким приоритетом учитываются при определении маршрутов для колонн, имеющих более низкий приоритет. Данный метод относится к классу задач безусловной оптимизации. Его существенным недостатком является отсутствие возможности комплексного планирования при необходимости соблюдения требований (ограничений) по директивному времени прибытия каждой колонны к месту назначения. Для реализации данной возможности предназначается метод параллельного поиска.

Метод параллельного поиска направлен на определение оптимальных маршрутов при соблюдении условия заданного (директивного) времени прибытия каждой колонны в пункт назначения. Критерий поиска маршрутов обуславливается не столько минимальным временем прибытия в пункт назначения, как в последовательном методе, сколько соблюдением условия прибытия в пункт назначения не позднее заданного времени. В связи с этим параллельный метод поиска следует относить к методам условной оптимизации. Сущность данного метода заключается в переборе множества комбинаторных сочетаний, состоящих из априори

заданного числа "оптимальных" маршрутов, найденных в одинаковом количестве для каждой колонны, и времен начала движения для каждой из заданных колонн. В зависимости от числа колонн и структурной сложности дорожной сети выборка решения, удовлетворяющего условиям прибытия всех колонн в директивное время, осуществляется как полным перебором всех комбинаторных сочетаний, так и применением вычислительного аппарата генетических алгоритмов [2].

Литература

1. Алгоритмы поиска кратчайшего пути // Алгоритмы, методы, исходник – 2010 / Режим доступа: http://algolist.manual.ru/maths/graphs/shortpath.
2. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования [Текст]. — М: Физматлит, 2003. – С. 432.

Связь с автором: alishevsv@mail.ru

А. Амиршахи

ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Московский государственный технологических университет
имени К.Э. Циолковского (МАТИ)
г. Москва, Россия

Спутниковые технологии применяются на железнодорожном транспорте уже достаточное время. Это комплексные локомотивные устройства безопасности КЛУБ - У, КЛУБ - УП, в состав которых входит отечественные спутниковые навигационный приёмник ГЛОНАСС/GPS, которым уже оснащено около 10 тысяч единиц подвижного состава (локомотивы, мотор-вагонный подвижной состав и специальные самоходные средства). Спутниковыми навигационными связными устройствами оснащаются средства путевой диагностики: Вагоны – путеизмерители, дефектоскопы, подвижные средства рубрикации, путевые машины ПМС, штабные вагоны пассажирских поездов. Всего средствами спутниковой навигации оснащено 12 тыс. подвижных единиц, что составляет 36% общего количества подвижного состава на железных дорогах ОАО «российские железные дороги» (РЖД), подлежащего оснащению средствами спутниковой навигации.

Применение спутниковых технологий в инженерных изысканиях позволяет на 25-30%сократить затраты на проведение проектно-изыскательских и геодезических работ на стадиях проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации железных дорог.

Увеличение применения спутниковых технологий в ОАО (РЖД) обуславливает дальнейший рост экономической эффективности и способст-

вует повышению технологической и исполнительской дисциплины практически во всех хозяйствах компании.

Правительством Российской Федерации в 2008 году утверждена «стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года», где чётно обозначены основные направления научных исследований в области железнодорожного транспорта. Автора интересует тенденции развития в области управления движением поездов и обеспечения безопасности движения. Главными здесь «Стратегия 2030» определяет:

- управление движением на основе спутниковых технологий и автоматической идентификации подвижного состава;
- внедрение систем интервального регулирования движения поездов без светофоров с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала;
- внедрение комплексных компьютерных систем на сортировочных станциях, включая автоматическое управление локомотивами;
- создание специальных центров приёма и обработки информации со спутников о состоянии инфраструктуры для основных направлений.

Прежде всего, это разработка систем координатного управления и интервального регулирования движения поездов с «подвижными» блок - участками с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала. Во всем мире основной тенденцией развития систем интервального регулирования являются попытки перейти от традиционный систем автоматики, которые основанный на разделения перегона на блок участки, к системам, ориентированным на координатный способ интервального регулирования. Новая технология дает возможность регулировать интервал времени между поездами согласно их фактической скорости и скоростям друг относительно друга. По экспертным оценкам интервальное регулирование даст возможность сблизит поезда на минимальный интервал, обеспечив тем самым существенное повышение пропускной возможности как минимум на 40%. Конечная цель данной технологии – создание «интеллектуальных» поездов со встроенной системой авто- ведения и самодиагностики, а также «интеллектуальных» грузовых станций, которые позволяют обеспечить безаварийное движение поездов и перевозки грузов.

Главная цель – обеспечение безопасности перевозок пассажиров и грузов, повышение скорости их продвижения, увеличение доли отправок грузов, доставленных «точно в срок», ускоренная контейнеризация перевозок, внедрение технологий мульти модульных логических систем. Сегодня создаются и работают центры по РФ и Европе, для скорейшего преодоления расстояний требуется ускорение следования грузов. Железнодорожный транспорт – кровеносная система экономики. Повышение загрузки железных дорог создаёт благоприятные экономические предпосылки для их модернизации, совершенствования технологических процессов и применения инноваций, что в совокупности обеспечивает снижение перевозок, повышение их качества и безопасности. Вот и закончилось наше кольцо: чем качественнее и быстрее осуществляются перевозки, тем больше денежных средств будет получать железная дорога для модернизации.

Работая над этой стати, автор был поражен многогранностью возможного использования спутниковых технологий в системе управления движением поездов. В этом направлении у РФ практически нет конкурентов в мире.

Литература

1. «Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года», утв. Распр. Правительства РФ от 17.06.2008г. № 877-р.
2. Журнал «железнодорожный транспорт» № 10/2008, № 3/2009, № 9/2009, № 11/2009.
3. Журнал «железных дорог» № 9/2009.
4. Журнал «мир транспорт» № 1/2008, стр. 104-109, № 3/2009, стр.123.

Связь с автором: amin.itman@mail.ru

А.Ю. Афонин, П.П. Макарычев

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО МОНИТОРИНГА ВУЗА МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Пензенский государственный университет
г. Пенза, Россия

Анкетирование является одной из основных форм учета мнений респондентов в социологических, психологических, экономических, педагогических и других исследованиях. Применение современных информационных технологий позволяет упростить и удешевить процесс анкетирования.

В рамках разработки системы качества Пензенского государственного университета была поставлена задача организации анкетирования потребителей образовательных услуг на основе WEB-технологий.

При проведении анкетирования исследователь чаще всего работает с двумя типами шкал: номинальные и порядковые. Для оценки степени удовлетворенности потребителей качеством оказываемых услуг была выбрана 5 бальная порядковая шкала, которую предлагается использовать как основную при проведении исследования. Предложенная в [1] методика оценки потребительского мнения о качестве образовательных услуг была доработана и предлагается использовать метод анализа иерархий (МАИ) для получения интегральных оценок по результатам анкетирования групп опрашиваемых. Использование МАИ позволяет на основе матриц попарных сравнений, проводимых экспертами для критериев оценки, сформировать вектор приоритетов и получать интегральную оценку опрашиваемого об исследуемом вопросе [2]. Привлечение группы экспертов для задания коэффициентов по конкретному вопросу позволяет снизить субъективную составляющую о весомости каждого из них.

Использование иерархической структуры для анализа информации позволяет разделять проблему на составные задачи, и фокусироваться на интерпретации результатов каждой анализируемой в отдельности составляющей (см. рис. 1). Впоследствии, сформировав иерархическую структуру, аналитик получает более полное представление проблемы. Полученная интегральная оценка позволяет с большей степенью адекватности сравнивать различные группы респондентов. При необходимости получения информации о мнениях респондентов определенной кафедры, аналитик имеет возможность учитывать в разной степени вклад в оценку качества каждой из групп опрашиваемых, задавая коэффициенты γ_a для их анкет. После расчета оценок ν_m на уровне кластеров вопросов, аналитик может провести кластерный анализ собранной информации для анализа распределений мнений, к примеру, по кафедрам. При этом следует учитывать разнородность анкет групп опрашиваемых и проводить анализ внутри этих групп.

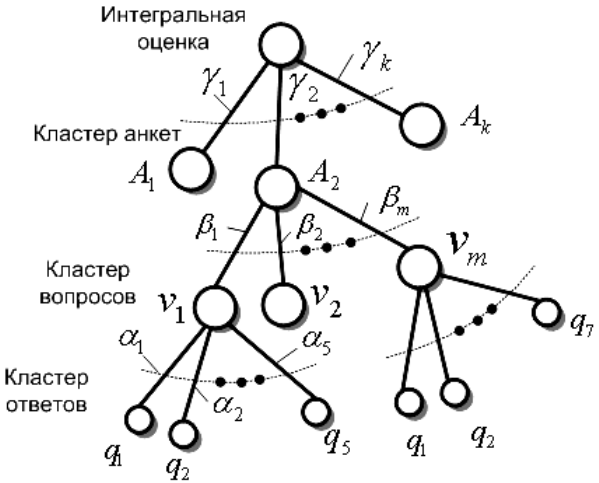


Рис. 1. Иерархическая структура анализа данных

Анкета состоит из множества вопросов, связанных с основной задачей проводимого исследования. Часть вопросов анкеты может носить информационный характер и используется для разделения респондентов на группы. К таким вопросам относятся: пол, возраст, курс на котором обучается студент, ученая степень преподавателя и т.д. Вопросы данного типа носят закрытый характер и могут быть использованы в качестве измерений при построении многомерной модели данных на основе анкеты. В качестве фактов могут быть использованы результаты ответов респондентов на вопросы, отражающие непосредственное отношение опрашиваемых к исследуемой проблеме.

Использование многомерного хранилища данных позволяет применять OLAP-анализ к собранной информации, агрегировать и сравнивать

результаты анкетирования, при этом необходимо учитывать свойства используемых порядковых шкал.

Использование иерархических измерений позволяет при проведении OLAP анализа получать различные срезы данных. Примером иерархического измерения может служить дата проведения анкетирования. При проведении опроса с определенной периодичностью и использованием иерархического измерения, аналитик получает возможность отслеживания динамики мнений респондентов.

В 2007- 2010 годах с использованием данной системы в Пензенском государственном университете проводился потребительский мониторинг качества образовательных услуг среди преподавателей, студентов, аспирантов и выпускников университета.

Литература

1. Макарычев П.П., Прошкина Е.Н. Анализ информации в системе управления качеством образования: моногр. Пенза: Изд-во ПГУ, 2010.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М: Радио и связь, 1993.

Связь с автором: mhtunpack@mail.ru

И.И. Ахматов, И.В. Завалишин

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ РАКЕТЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ К ПУСКУ

Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства
г. Москва, Россия

Процесс подготовки к пуску ракеты космического назначения (например, РКН «Байтерек») на техническом (ТК) и стартовом комплексах (СК) является одним из заключительных этапов процесса испытаний и характеризуется высокой сложностью, большим числом технологических операций, их управления и контроля с привлечением значительного числа оперативного персонала, который задействован в процессе принятия решения и непосредственно влияет на исход проведения пуска и дальнейшей эксплуатации как космических средств выведения (КСр), так и космических аппаратов (КА). Сложность современных РКН и технологического оборудования подготовки и обслуживания ее составных частей на ТК и СК возросла до такого уровня, при котором упущения в процедурах технического обслуживания дежурными расчетами, укомплектованными национальными кадрами, могут оказаться предпосылкой к возникновению нештатных или даже аварийных ситуаций, приводящих к выводу из строя

дорогостоящей техники и оборудования. В связи с этим усиливается необходимость информационного сопровождения процесса подготовки РКН на ТК и СК, контроля качества и своевременности выполнения технологических операций.

В данном исследовании разработана методика построения человеко-машинной системы (ЧМС), обеспечивающей безотказное выполнение технологических операций, их контроль и управление.

При выполнении контрольных и других операций технологического процесса подготовки составных частей РКН на ТК и СК разработанный программно-аппаратный комплекс ЧМС используется, с одной стороны, как система контроля выполнения операций, учета времени, а с другой стороны, как справочно-информационная система, позволяющая оперативно реагировать на любые отклонения параметров от допусковых интервалов, выдавать заключения исполнителям работ. Это сокращает время на принятие правильного решения для продолжения работ с объектом за счет учета накопленного опыта эксплуатации и выработанных в результате тренировок вариантов устранения нештатных ситуаций.

Промышленная апробация разработанной методики выполнена в практике отработки КРК "Байтерек" в рамках выполнения работ по комплексу "Ангара" и подтвердила эффективность разработанной методики повышения уровня безотказности выполнения технологических операций, их контроля и управления, сокращение сроков принятия решений при подготовке РКН к эксплуатации на ТК и СК за счет применения человеко-машинной системы. Разработанная ЧМС позволила повысить качество обучения специалистов, снизить количество ошибок персонала при проведении технологических и контрольных операций подготовки РКН к пуску на ТК и СК.

Связь с автором: rassiec@mail.ru

А.А. Багиян

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЗАДАЧАХ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

ЛТ-Пиркал
г. Ереван, Армения

На современных летательных аппаратах (ЛА) при сопровождении объектов применяются различные системы автоматического управления. Слежение за этими объектами в основном проводится с применением традиционных решений автосопровождения по какому-либо их признаку (сигналу), например, по отраженному радиолокационному сигналу, оптическому изображению и т.д. Нередко в задачах слежения за объектами используется ручное управление, где в качестве системы традиционного автосопровождения следует рассмотреть человека-оператора (летчика).

Однако системы традиционного автосопровождения и ручного управления в задачах слежения за различными объектами применимы лишь при возможности получения от них сигнала (отраженного радиолокационного, оптического и т.д.), что не всегда обеспечивается. В настоящее время существуют системы, сопровождающие объекты в условиях искаженного сигнала от них, но нет систем традиционного автосопровождения, которые имеют возможность действия в условиях полной потери этого сигнала. Потеря сигнала от объекта действия (ОД) может произойти из-за конструктивных особенностей ЛА, особенностей рельефа местности, погодных условий и т.д.

В случаях, когда происходит срыв автосопровождения из-за потери сигнала от ОД, на основе накопленных данных о характере движения этого объекта и принятия гипотетического закона его движения строится программное сопровождение ОД. На основе данного способа слежения за объектами предлагается создать техническое устройство, на вход которого поступают данные о характере движения самого ЛА (ХЛА – вектор параметров движения ЛА) и накопленная информация о движении ОД (ХОД – вектор параметров движения ОД, полученный традиционными способами автосопровождения), а с выхода снимаются предполагаемые угловые координаты этого объекта (φY, φZ) (рис.1).

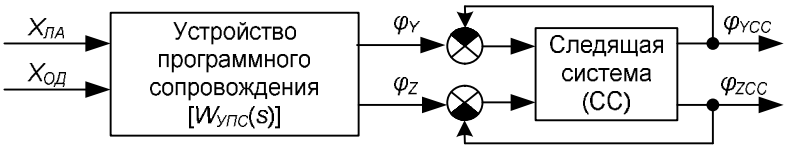


Рис. 1. Робастная система автосопровождения объектов с ЛА

При анализе данного способа сопровождения ОД, описанное выше устройство следует заменить его передаточной функцией WУПС(s), которая после потери сигнала от объекта является неопределенной. Предполагаемый закон движения ОД дает гипотетическую передаточную функцию устройства программного сопровождения. Для исследования динамики и точности устройства программного сопровождения применяется аппарат теории робастного управления, а сама система программного слежения за ОД рассматривается как робастная система автосопровождения.

Литература

1. Авиационные прицельные системы. Под ред. Краснова А.М. – М.: ВВИА, 2006. – 623 с.
2. Moir I., Seabridge A. Military Avionics Systems. John Willey and Sons, 2006.
3. Skogestad S., Postlethwaite I. Multivariable Feedback Control. Analysis and design. John Willey and Sons, 2005.

В.В. Буц

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТОВ В ТРУБОПРОВОДАХ В ПРИСУТСТВИИ ИНГИБИТОРА

Газпром трансгаз Саратов
г. Саратов, Россия

Затраты на борьбу с гидратами при добыче природного газа достигают 20% и более процентов от промысловой себестоимости газа. Разработка и оптимизация систем автоматического управления подачи ингибитора образования гидратов является важной актуальной задачей.

Математическая модель образования гидратов при движении газа в трубопроводах в присутствии ингибиторов описывается: дифференциальными уравнениями неизотермического движения газа; уравнением термодинамического равновесия газ-гидрат; уравнением, описывающим распределение метанола и воды по газопроводу; алгебраическими зависимостями, отражающими: изменение влагосодержание природного газа от давления и температуры; изменение равновесной температуры образования гидратов в зависимости от давления и температуры; сдвиг равновесной температуры образования гидратов от концентрации метанола; а также уравнением состояния газа.

Газотранспортная система декомпозирована на «быструю» и «медленную» подсистемы [1], [2]. «Быстрая» подсистема описывает квазиустановившийся режим движения газа в газопроводе, а «медленная» описывает динамику роста слоя гидрата на внутренней стенке трубы.

Для практических целей важно не только иметь информацию о возможности образования гидратов в газопроводах, динамических характеристиках этого процесса и последствиях к которым он приводит, но и уметь предотвращать этот процесс посредством ввода определенного количества ингибитора [3]. Введение ингибитора определенной концентрации в газовый поток приводит к сдвигу равновесных условий гидратообразования, а именно к сдвигу равновесной температуры гидратообразования на фронте газ-гидрат [3]. Таким образом, появляется возможность управлять скоростью и направлением процесса гидратообразования.

На основе полученной математической модели выполнено численное моделирование следующей газотранспортной задачи: давление в начале газопровода Po=5.5 MPa; давление в конце газопровода Pк=3.5 MPa (при отсутствии гидратов); температура газа в начале газопровода 47 ^{0}C ; массовый расход газа 63.7417кг/с; диаметр трубопровода D=0.7м; длина трубопровода L=120000м, время моделирования 600000 сек (7 суток). На рисунках рис.1 – рис. 2 приведены графики изменения гидратного слоя и давления по длине газопровода. Подача метанола осуществлялась по закону Met=0.0007*Sin[Pi*t/(4*600000)], имитирующему нарастающую функцию на интервале (0-90 градусов).

Как следует из полученных графиков, сначала в газопроводе существовали условия гидратообразования и в трубопроводе начался рост гидратной пробки. Появление гидратной пробки привело к расту гидравлического сопротивления и к падению давления на выходе газопровода. Затем, в результате увеличения подачи метанола, началось разрушение гидратной пробки и был восстановлен нормальный, безгидратный режим работы газопровода.

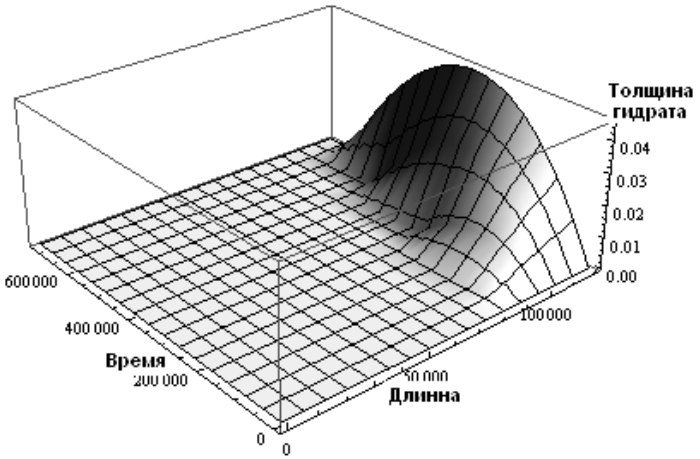


Рис. 1. Динамика роста слоя гидрата по длине газопровода

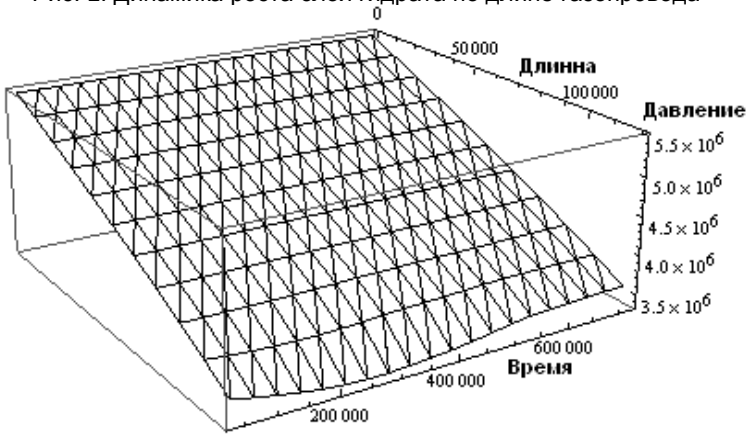


Рис. 2. Динамика изменения давления по длине газопровода

Результаты численного моделирования свидетельствуют о возможности использования полученной математическая модель для анализа

работы газопровода при транспорте газа с учетом процесса гидратообразования.

Литература

1. Бондарев Э.А., Бабе Г.Д., Гройсман А.Г., Каниболотский М.А Механика образования гидратов в газовых потоках.- Новосибирск: Наука, 1976.- 157 с.
2. Буц. В.В. Математическая модель образования гидратов в трубопроводах // XXIII - Международная научная конференции Математические Методы в Технике и Технологиях - ММТТ- 23. Саратов: СГТУ, 2010. С. 76-84.
3. Бухгалтер Э.Б. Метанол и его использование в газовой промышленности. - М.: Недра, 1986.- 238 с.

Связь с автором: Buc-VV@utg.gazprom.ru

А.В. Деобольд, Н.А. Волков

АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ КАДРОВ РЕГИОНА К ВНЕДРЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
г. Дубна, Россия

Современные технологии, в том числе информационные, предоставляют широкие возможности по обеспечению не только рационального использования различного вида ресурсов, но и удобного как для конечного пользователя, так и для организации-поставщика. Но, как показывает практика, их использование в системах обеспечения жителей электроэнергией, теплом и т.д. находится на самом низком уровне.

Летом 2010 года авторы совместно с Дмитровской межрайонной торгово-промышленной палатой (ДМТТП) провели мониторинг по использованию современных технологий, в том числе технологий «умного» дома, на предприятиях Дмитровского района. Был создан информационный интернет-портал (http://www.ud.dmtpp.ru/), на котором по запросу ДМТПП руководители муниципальных и частных предприятий, членов ДМТПП, могли получить информацию о современных технологиях и их использованиях для экономии ресурсов. Кроме этого, заполнялась анкета по использованию современных технологий на предприятиях и общих мерах, принимаемых для экономии энергоресурсов в рамках Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении…». Наиболее примечательны следующие результаты:

Таблица 1

Результаты мониторинга

Количество опрошенных руководителей	167
Имеют представление о современных информационных технологиях, в т.ч. технологиях «умного» дома.	21 из 167 (<13%)
Есть опыт внедрения современных информационных технологий.	7 из 167 (<5%)
Заинтересованы в использовании современных технологий.	113 из 167 (68%)
Наиболее предпочтительные системы для оптимизации.	Система электропитания и освещения. Система отопления.

Из проведенного мониторинга можно сделать следующие выводы:

- подавляющее большинство руководителей предприятий Дмитровского района даже не имеют представления о возможностях экономии при помощи внедрения современных информационных технологий;
- внедрение современных технологий на предприятиях практически отсутствует;
- тем не менее, большинство руководителей заинтересовано в использовании информационных технологий на предприятиях;
- наиболее предпочтительными системами для оптимизации являются системы электропитания и отопления;
- все решения, принимаемые для экономии энергоресурсов, являются децентрализованными. Руководители предприятий действуют обособленно друг от друга, отсутствует обмен опытом;
- существуют объективные причины, которые сдерживают внедрение современных информационных технологий. Среди них:
- высокая стоимость оборудования, обслуживания и модернизации систем, т.к. многие из них используются как части систем «умный» дом, которые в основном реализуются в элитном жилье. Экономичные варианты отсутствуют;
- консервативность строительного рынка. Инженерные системы при строительстве нового дома находятся на уровне 70-х годов прошлого века;
- дефицит профессионалов в данной области;
- отсутствие нормативной, информационной и финансовой поддержки со стороны государства.

Кроме того, 2009 и 2010 года оказались сложными для предпринимателей и руководителей организаций, когда главной целью было удержаться на рынке и постараться не сдать свои позиции. Поэтому сейчас лишь немногие могут позволить себе приобрести дорогостоящее оборудование и нанять высококвалифицированных специалистов.

В настоящее время предприниматели и руководители предприятий Дмитровского района не способны самостоятельно проводить в жизнь проекты по оптимизации потребления ресурсов различного вида. Для этого им необходима всесторонняя поддержка. Кроме того, необходимо предложить такие модели ресурсосбережения, которые позволят при малейших затратах и простейших решениях получить максимум выгоды.

Литература

1. Коггзолл Джон. PHP 5. Полное руководство: Пер. с. англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006 г. – 752 с.: ил.

Связь с автором: leo-first@mail.ru

Е.Б. Дроботун

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАПУТЫВАЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КОДА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРОГРАММ ОТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДИФИКАЦИИ

Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова
г. Тверь, Россия

Запутывающие преобразования программ или обфускация (от англ. obfuscate – делать неочевидным, запутанным) – это такая разновидность эквивалентных преобразований, которая предназначена для затруднения анализа и модификации программ и извлечения информации об алгоритмах и структурах данных, содержащихся в программах.

Идеальный обфускатор (алгоритм или программа, с помощью которой осуществляется обфускация) должен удовлетворять трем условиям:

Функциональность – для любой машины Тьюринга M должно выполняться:

$$M = O(M) \tag{1}$$

Полиноминальное замедление – существует такой полином p, что для любой машины Тьюринга M выполняется:

$$\text{size}\,(O(M)) \le p(\text{size}(M)), \quad \text{time}\,(O(M)) \le p(\text{time}(M)) \tag{2}$$

Стойкость в модели «черного ящика» – для любой вероятностной машины Тьюринга A существует вероятностная машина Тьюринга S и пренебрежительно малая функция λ такие, что для любой машины Тьюринга M выполняется неравенство:

$$\left|\Pr\{A(O(M)) = 1\} - \Pr\{S^M(1^{size(M)}) = 1\}\right| \le л(size(M)) \quad (3)$$

Т.е., говоря неформально, не существует алгоритма распознавания обфускации более эффективного, чем обычное предположение, сделанное на основе анализа входов и выходов запутанной программы.

Для обфускации на уровне целевой платформы можно использовать алгоритмы генерации полиморфного кода, удовлетворяющие следующим условиям:

$$instr_i \to p_{ij} : p_{ij} \in P_i \quad (4)$$

$$p \ne W(p_{1j}, p_{2j}, \mathbf{L}, p_{ij}) \quad (5)$$

Условие (4) означает, что каждой i-той инструкции instri поставлен в соответствие набор эквивалентных инструкций или подпрограмм Pi (которые можно назвать элементарными), из которого случайным образом выбирается одна инструкция (подпрограмма) pij для замены инструкции instri.

Условие (5) означает, что полученная в результате программа p не должна быть последовательностью элементарных подпрограмм или инструкций. Этого можно достичь случайными перестановками инструкций между разными элементарными подпрограммами. Такое возможно в том случае, когда подпрограммы не работают с общими данными, иначе говоря, беспрепятственно можно переместить только те инструкции, которые работают с операндами отличными от операндов инструкций подпрограммы, в которую осуществляется перенос.

Применение таких запутывающих преобразований для каждого экземпляра программы с разными наборами случайных замен инструкций и случайными перестановками может быть достаточно эффективной защитой от модификаций программ с помощью различного рода патчей, «ломалок» и т. п.

А.Б. Жанысова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ОБРАЗОВАНИИ

МГГУ имени Шолохова
г. Москва, Россия

В нынешнее время информационные технологии существенно изменили все стороны человеческого бытия и, по-видимому, в наибольшей степени, это относится к существенному повышению производительности интеллектуального труда. На сегодняшний день каждый, компетентный

специалист той или иной профессии должен эффективно использовать возможности информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Процесс информатизации системы образования предъявляет новые требования к профессиональной компетенции, будущих специалистов различных отраслей. Налицо дефицит компетентности в интеллектуальной, общественной, экономической, коммуникационной, информационной и других сферах профессиональной деятельности. Существенно возрастает значимость информационной культуры специалиста. Её целесообразно рассматривать во взаимосвязи с категориями «компьютерная грамотность», «информационная компетентность», характеризующими уровень развития личности в современном информационном обществе. Естественно, что и преподаватели, использующие в учебном процессе арсенал информационных технологий должны обладать необходимым базовым уровнем информационной культуры. Решить эти проблемы возможно только при условии подготовки различных специалистов, умеющих ставить и решать задачи, связанные с созданием и оптимальным использованием информационных технологий, ориентированных на формирование умений осуществлять разнообразные виды самостоятельной деятельности по сбору, обработке, хранению, передаче, продуцированию учебной информации; с организацией научно-исследовательской и экспериментальной деятельности на основе средств автоматизации процессов обработки результатов и составление различных моделей экспериментальной работы.

Не случайно на современном этапе развития образования в качестве одного из перспективных направлений развития и модернизации высшей школы рассматривается информатизация, предусматривающая разработку и внедрение в образовательную практику современных информационных средств, а также передовых педагогических технологий. Все это относится и к использованию программного обеспечения учебных курсов в методической системе подготовки студентов по специальности различных отраслей того или иного сферы деятельности. Под влиянием внедрения информационных технологий находятся все предметные сферы деятельности, т.к. их широкое внедрение и привычное использование становится методологической основой доминирования прикладного компонента математического образования.

Одной из главных задач, стоящих перед системой подготовки будущих специалистов, является повышение качества математической подготовки студентов с учетом современных направлений развития и использования информационных технологий в профессиональной деятельности. Во всем мире отчетливо проявляется тенденция использования компьютера как неотъемлемого средства изучения отдельных научных дисциплин. В области проведения информационно-математических исследований достижением высокого уровня является создание модернизованных и интегрированных математических систем, которые используются с целью максимального упрощения для пользователя компьютерной реализации

математических алгоритмов и методов, широко используемых в информационно- математическом анализе.

Последнее время важнейшей решаемой нами задачей является накопление и анализ примеров эффективных приложений интеграции информационных и педагогических технологий на уровне траектории профессионального становления будущего специалиста [1]. Собранная информация позволила не просто исследовать эти примеры как сложное педагогическое явление, но и вывести общие закономерности функционирования и развития информационных технологий в образовании и, далее, сформулировать принципы, этапы последовательности их проектирования, а также создать действенные механизмы внедрения и массового использования теории педагогических технологий как дидактической основы информатизации [2]. Мы считаем, что традиционная система математического образования испытывает противоречия, с одной стороны внушительным объемом профессиональной и общекультурной информации, необходимой будущему специалисту для профессиональной деятельности в конкретной сфере и с другой стороны, ограниченностью времени, отводимого на получение высшего образования.

В качестве одного из способов преодоления существующих противоречий нам видится модернизация и интеграция информационных и педагогических технологий, внедрение в различные по содержанию и организации учебных и факультативных занятий, в проект учебного процесса информационных технологий, которое должно проводиться в комплексе с разработкой соответствующего методического обеспечения.

Таким образом, возникает необходимость создания методической системы обучения студентов использованию профессиональных математических моделей и методов, которая позволила бы в должной мере формировать новые знания, объективно оценивать качество знаний и умений для их дальнейшего использования в профессиональной деятельности.

Профессиональный математический моделей и методов с точки зрения педагогики является современным дидактическим средством обучения, которое при проектировании учебного процесса по прикладным математическим курсам («Линейное программирование», «Теория игр», «Исследование операции», «Статистика» и др.) позволяет нормализовать и оптимизировать учебный процесс, придать ему качественно новый уровень.

Профессиональный математический моделей и методов с точки зрения информатики – это информационная технология, предназначенная для автоматизации решения математических задач в различных областях науки, техники и образования, интегрирующая в себя современный интерфейс пользователя, систему аналитических численных методов решения достаточно широкого класса математических задач, средства визуализации результатов вычислений, что на стадии принятия управленческих решений позволяет с большей достоверностью проанализиро-

вать полученные результаты, в том числе дать им содержательную экономическую интерпретацию.

Одно из главных достоинств анализируемых в данной статье профессиональных математических моделей и методов состоит в следующем: появляется реальная возможность исследования более сложных информационно-математических моделей, так как громоздкие вычисления переданы соответствующим системам компьютерной математики; студенты избавляются от страха при работе с громоздкими выкладками и приобретают уверенность в символьных вычислениях; прививается вкус содержательной интерпретации получаемых результатов; вырабатываются устойчивые практические навыки проведения математических рассуждений; увеличивается число задач для самостоятельного решения благодаря сокращению числа рутинных операций. Перечисленные особенности нашли отражение в публикациях [3,4].

Одной из новых образовательных областей, в которых применение информационных технологий представляется наиболее перспективным, является прикладная математика (блок прикладных математических дисциплин, включенных в ГОС ВПО).

Профессиональные математические моделей и методов при проектировании учебного процесса по курсу обладают рядом методических особенностей, к которым можно отнести такие, как возможность глубокого проникновения в сущность изучаемых информационных процессов и явлений; высокая иллюстративность изучаемых объектов и явлений в динамике; информационная насыщенность; богатство исследовательских приемов, их выразительность, эмоциональная насыщенность; отсутствие временных и пространственных границ [5,6].

Использование профессиональных математических моделей и методов при обучении прикладной математике обеспечивает реализацию системы дидактических принципов обучения на качественно новом уровне.

Реализуется принцип научности обучения, так как с помощью профессиональных математических моделей и методов становится, возможно, отразить в содержании курса большее число фундаментальных научных достижений в области математической информатике, сформировать знания об общенаучных методах познания и о методах исследования информационно-математических моделей.

Принцип научности обучения примыкает к принципу фундаментальности образования, включающим в себя так называемый аспект усиления общеобразовательной компоненты. Использование профессиональных математических моделей и методов в курсе, безусловно, способствует формированию умения интерпретации и анализа результатов деятельности, использования баз данных, использования РС, что относится к общеобразовательной подготовке студентов.

Использование данных моделей и методов реализуется принцип системности в обучении, тесно связанный с принципом научности, формируя новое качество знания, характеризующееся наличием в сознании

студентов логике адекватной существующим, как внутрипредметным, так и межпредметным, связям и отражает содержательно-логические связи с учетом познавательных возможностей студентов, предшествующей подготовки и содержания других, математических и информационных дисциплин, дает возможность студентам работать с широким спектром связей между различными фрагментами информационной теории и практики исследований.

Реализуя принцип межпредметных связей, выделенный как самостоятельный дидактический принцип, использование профессиональных математических моделей и методов способствует отражению в содержании данного учебного курса многообразия причинно-следственных связей, действующих в различной сфере и познающихся современными науками. При этом межпредметные связи выступают как эквивалент межнаучных связей, методологической основой которых является процесс модернизации, интеграции и дифференциации научного знания.

Использование профессиональных математических моделей и методов при проектировании учебного процесса позволяет исследовать достаточно большое количество примеров приложения математики к различным сферам деятельности человечества, рассмотрение которых без их эффективного применения было бы невозможно в силу сложности представляемых объектов и ограниченности учебного времени.

Новизна излагаемого с их помощью учебного материала предоставляет, иллюстративность и практическая значимость способствует активизации обучения, тесно связанной с формированием устойчивого познавательного интереса к будущей профессии.

Реализация принципа профессиональной направленности обучения, имеющего особое значение в высшей школе, применительно с использованием профессиональных математических моделей и методов, выражается в формировании у будущих специалистов профессионально значимых умений и навыков, к которым относятся: умение анализировать роль и степень влияния различных факторов и условий на параметры исследуемых различных процессов и явлений; умение самостоятельно формулировать корректные (условно-корректные) математические постановки различных задач как модельные; умения содержательно интерпретировать экспериментально полученные данные, представленные в виде таблиц, графиков, диаграмм; умения самостоятельно использовать современные информационные технологии при исследовании различных причинно-следственных различного типа задач.

В результате, с одной стороны, обеспечивается усвоение и закрепление необходимых знаний по блоку дисциплин прикладной математики, таких, как «Линейное программирование», «Теория игр», «Математическое моделирование», «Компьютерное моделирование», «Численные методы», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Методы оптимизации», «Исследование операций», «Информационные технологии в математике», «Математическая теория потребления», «Математическая теория управления» и др.

С другой стороны реализуется гарантированная подготовка будущего специалиста к успешному осуществлению профессиональной деятельности. В этом осуществляется принцип профессиональной направленности при использовании рассматриваемых математических моделей и методов.

Реализуется принцип опережающего обучения с передачей студентам мирового научного и культурного наследия, а также с формированием знаний, умений и навыков, позволяющих выпускникам вузов адаптироваться в быстро изменяющемся мире.

Использование анализируемых методов должно проходить в комплексе как с традиционными печатными учебными, учебно-методическими пособиями, методическими рекомендациями, так и с новыми электронными образовательными объектами. Использование профессиональных математических моделей и методов при выполнении каждым студентом индивидуального задания как части общего задания при последующем сведении в итоговый результат, зависящий от качества выполнения каждым студентом своего задания, гармонично сочетает групповую и индивидуальную форму обучения, тем самым реализуя принцип коллективного характера в сочетании с развитием индивидуальных особенностей личности каждого студента.

В заключении статьи остановимся более подробно на анализе возможностей статистических макетов. Необходимость использования информационных технологий в обучении может быть дискуссионной в тех или иных дисциплинах. Однако в статистике, потребности которой привели к созданию самого компьютера, пакеты прикладных программ должны являться неотъемлемой составной частью обучения.

В условиях формирования устойчивого спроса на прикладные статистические исследования в различных областях деятельности следует отметить в целом неудовлетворительный уровень программ и курсов в этой области в высших учебных заведениях. Неоправданно большое внимание в них уделяется теоретическим основам статистического вывода (теории множеств, вероятностному пространству, вопросам сходимости и предельных теорем, общей теории оценивания и проверки статистических гипотез). Подобные курсы плохо усваиваются студентами (особенно гуманитарных специальностей) и не формируют практических навыков работы.

Мы считаем, что необходим подробный разбор основных прикладных задач, характеристике общих методов их решения и разъяснения получаемых результатов. Для этих целей мы используем многочисленные экспериментально практические примеры, расчеты в которых проводятся как вручную, так и на компьютере.

С нашей точки зрения выбор подходящих статистических макетов может зависеть от общей специализации обучаемых, однако на начальном этапе полезно использование статистических макетов общего назначения, которые позволяют познакомить студентов с такими базовыми понятиями информатики в области обработки данных, как электронные

таблицы, графический вывод данных, экспертные системы, подготовка отчета на компьютере. Анализ особенностей статистических макетов позволил нам сформулировать следующую систему требований: модульность; ассистирование при выборе способа обработки данных; использование простого проблемно-ориентированного языка для формулировки задания пользователя; автоматическая организация процесса обработки данных и связей с модулями пакета; ведение банка данных пользователя и составление отчета о результатах проделанного анализа; диалоговый режим работы пользователя с пакетом; совместимость с другим программным обеспечением [7].

Литература

1. Монахов В.М. Технологические основы конструирования и проектирования учебного процесса: монография. Волгоград, «Перемена», 1995 – 260 с.
2. Монахов В.М. Введение в теорию педагогических технологий. Волгоград, «Перемена», 2006 – 345 с.
3. Власов Д.А., Бахусова Е.В., Монахов В.М. Прикладная математика: учебная программа для студентов университетов по специальности 351400 – прикладная информатика (в экономике). – М.: Альфа, 2004.- 65 с.
4. Власов Д.А., Монахов Н.В., Монахов В.М. Математические модели и методы внутримодельных исследований. М.: Альфа, 2007. – 365 с.
5. Власов Д.А. Модель интеграции знаний при изучении курса «Экономический анализ».// Сборник трудов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук». М.: МФЮА, 2005.– с. 15-21.
6. Власов Д.А. Технология проектирования информационного учебно-методического комплекса «Прикладная математика» // Математика в образовании: Сб. статей, Выпуск 2, Чебоксары: Изд-во Чуваш. у-та, 2006 – С.52-82
7. Власов Д.А. Проектирование интегрированного курса «Прикладная математика» для использования в ИТ-образовании // Современные информационные технологии и ИТ-образование: II Межд. научн.-практ. конф., Москва, МГУ им. М.В.Ломоносова, 18-21 декабря 2006 г.: Сб.докладов.
8. Н.К. Сергеев, В. В. Арнаутов. Профессиональное становление будущего учителя в условиях учебно – научного педагогического комплекса (мотивационный аспект). –В.: Перемена, 1997. – с. 83-96
9. С. К. Исмагулова. Как технологизировать процесс обучения. –Алматы, 2009-с. 36-40
10. Под редакций. Проф. В. А. Сухомлина. Современные информационные технологии и ИТ – образование (сборник трудов). –М.: -2006 с. 7-10
11. Журнал. Школьные технологии. 2006/6 – с. 168-178.

К.В. Захаров

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КУРСА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ CUSUM И GMA

Ульяновский государственный университет
г. Ульяновск, Россия

Введение

Предотвращение столкновений судов на протяжении многих лет остается актуальной задачей. Причиной многих столкновений является несвоевременное обнаружение маневра другого судна и, как следствие, недостаток времени для действий по предотвращению столкновения. При расхождении судов существенное значение имеет заметность маневра, что подтверждается правилом 8b МППСС-72 «Любое изменение курса и (или) скорости, предпринимаемое для предупреждения столкновения, если позволяют обстоятельства, должно быть достаточно большим, с тем чтобы оно могло быть легко обнаружено другим судном, наблюдающим его визуально или с помощью радиолокатора; следует избегать ряда последовательных небольших изменений курса и (или) скорости.» [1]. Серию небольших изменений курса или скорости обнаружить труднее. Так, в [2, с. 62] минимальное значение «достаточно большого» изменения курса дается равным 30 градусам, а изменение курса на 10 градусов оценивается как недостаточное, чтобы быть заметным.

Начало маневра корабля может быть представлено как момент изменения среднего значения приращений его координат. При неизменном курсе и скорости разности координат соседних точек постоянны. Изменение разностей координат сигнализирует о начале маневра. Таким образом, задача обнаружения маневра может быть сведена к задаче обнаружения изменения среднего значения наблюдаемой величины (разностей координат), что дает возможность применить к задаче обнаружения маневра методы последовательного контроля процессов.

В данной статье в качестве средств отслеживания изменений рассматриваются двухсторонний алгоритм кумулятивных сумм (CUSUM) [3, с. 40] и метод экспоненциального сглаживания (GMA) [3, с. 28]. В процессе работы алгоритмов формируются решающие статистики, значения которых сравниваются с пороговыми значениями; выход за пороговое значение означает изменение среднего значения наблюдаемого процесса.

Метод экспоненциального сглаживания:

$$\hat{g}_k = (1-\alpha)\hat{g}_{k-1} + \alpha(y_k - \mu_0)$$

$$\hat{g}_0 = 0$$

$$t_a = \min\{k : |\hat{g}_k| > h\}$$

где t_a - время срабатывания алгоритма, μ_0 - математическое ожидание процесса до изменения; h - порог срабатывания алгоритма; α - коэффициент сглаживания.

Двухсторонний алгоритм кумулятивных сумм:

$$t_a = \min\{k : (g_k^+ \geq \bar{h}) \cup (g_k^- \geq \bar{h})\}$$

$$g_k^+ = (g_{k-1}^+ + y_k - \mu_0 - \frac{\upsilon}{2})^+$$

$$g_k^- = (g_{k-1}^- - y_k + \mu_0 - \frac{\upsilon}{2})^-$$

где t_a - время срабатывания алгоритма, $\mu 0$ - математическое ожидание процесса до изменения; $\bar{h}$ - порог срабатывания алгоритма; υ - порог чувствительности алгоритма.

Моделирование движения судна

Будем предполагать, что данные о корабле, за которым ведется наблюдение с целью предотвращения развития аварийной ситуации, собираются с помощью радиолокационной станции (далее – РЛС). Через равные промежутки времени от РЛС поступает информация о координатах корабля. Погрешности показаний РЛС будем считать распределенными по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, зависящей от технических характеристик РЛС и условий наблюдения.

Моделирование поворота корабля произведем с исходными параметрами согласно табл. 1. Приводимые характеристики РЛС взяты из [4].

Таблица 1

Параметры моделирования поворота корабля

параметр	значение
скорость движения до начала маневра	6 узлов (около 11 км/ч)
угол поворота наблюдаемого судна	90 градусов
скорость движения внутри поворота	движение равнозамедленное с конечной скоростью равной 0.8 начальной
скорость вращения антенны РЛС	20 об/мин
расстояние до наблюдаемого объекта	5 км
точность определения радиолокационного пеленга РЛС	±0.2°
точность измерения расстояний с помощью РЛС	±0,2 кб (± 37 м)

Действительная траектория корабля и траектория, получаемая от РЛС, изображены на рис. 1 и 2.

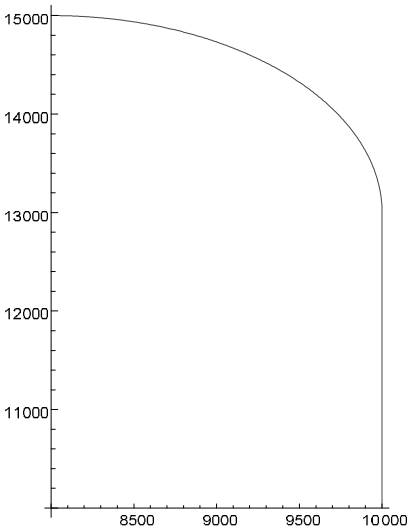


Рис. 1. Действительная траектория корабля

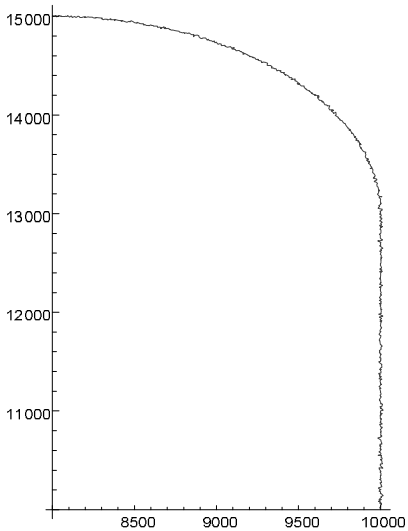


Рис. 2. Данные о траектории корабля, поступающие от РЛС

Маневр (поворот радиусом 2000 м) начинается в точке с условными координатами (10000; 13000). Результаты моделирования изменения наблюдаемого параметра (разности долготы) приведены на рис. 3 и 4.

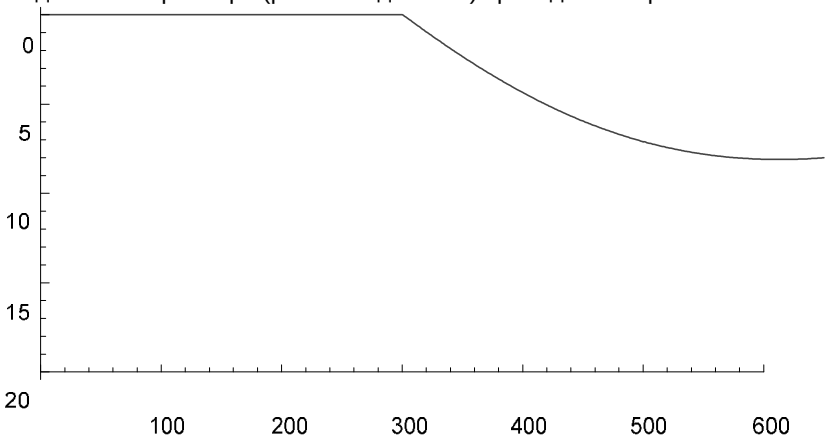


Рис. 3. Разности долготы соседних точек.

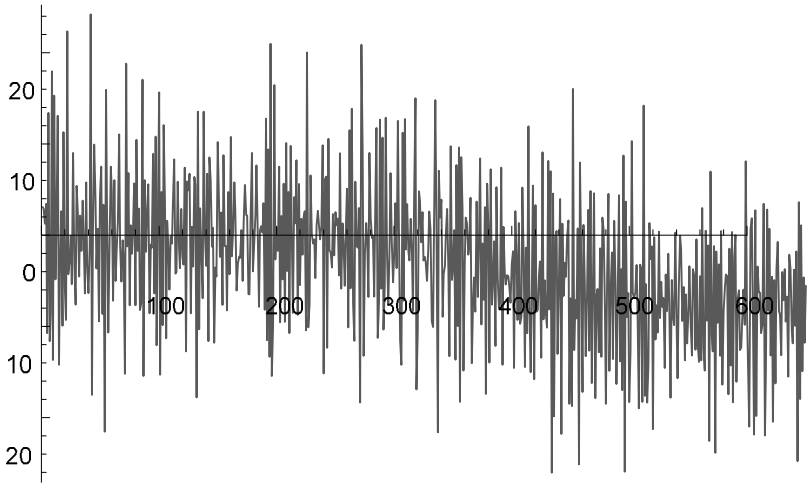


Рис. 4. Разности долготы соседних точек (по данным от РЛС)

Применение алгоритмов последовательного анализа

Для применения модифицированного алгоритма кумулятивных сумм и метода экспоненциального сглаживания необходимо предварительно настроить их параметры в соответствии с требуемым уровнем вероятности ложных срабатываний p_{fa}. Для этого на входы алгоритмов подается сигнал, соответствующий прямолинейному равномерному движению, а затем параметры алгоритмов подбираются таким образом, чтобы вероятность ложных срабатываний находилась на заданном уровне. Примем p_{fa}=0.01. Тогда параметры алгоритмов примут следующие значения:

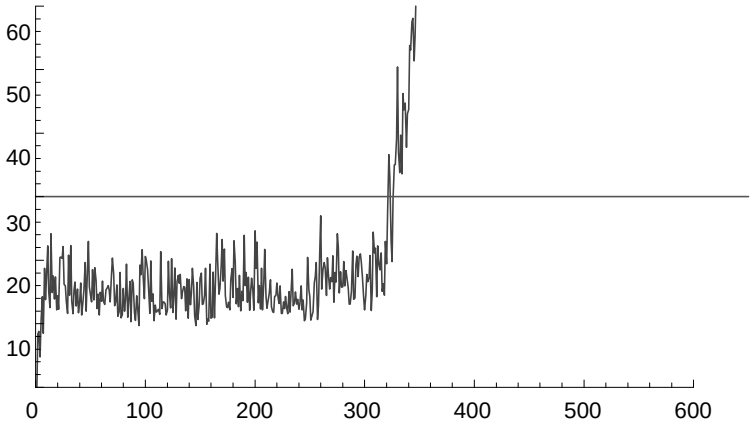


Рис. 5. Решающая статистика CUSUM

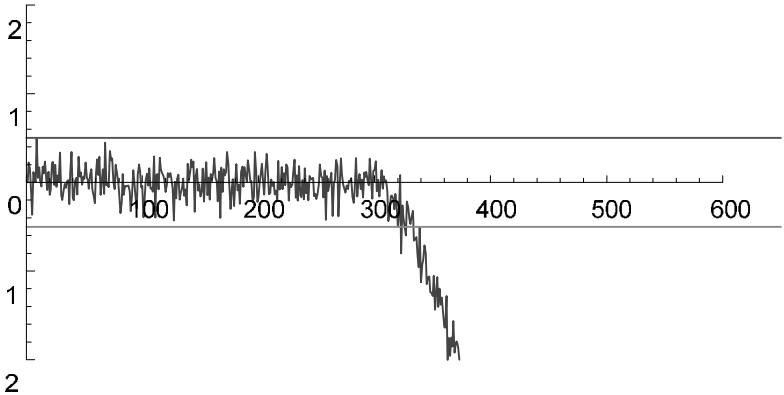


Рис. 6. Решающая статистика GMA

CUSUM: $\bar{h} = 30; \upsilon = 0.1$ (p_{fa} находится в интервале [0.00560625, 0.00751375], p=99.7%);

GMA: $\alpha = 0.03; h = 0.5$ (p_{fa} находится в интервале [0.00398818; 0.00471182], p=99.7%).

Решающие статистики алгоритмов изображены на рис. 5 и 6. Маневр обнаружен в точках 322 (CUSUM) и 323 (GMA).

По результатам вычислительного эксперимента, среднее количество шагов от начала маневра до его обнаружения при заданных настройках составляет 21.8 ± 1.6 для CUSUM и 22.8 ± 1.5 для GMA (p=99.7%), что соответствует достаточно малому углу отклонения от курса (около 6 градусов). Таким образом, алгоритмы CUSUM и GMA могут применяться при анализе движения корабля с целью своевременного обнаружения его маневра.

Заключение

Рассмотрено применение двухстороннего алгоритма кумулятивных сумм и метода экспоненциального сглаживания к задаче обнаружения маневра корабля. Приведены результаты вычислительного эксперимента, подтверждающие возможность применения данных алгоритмов при обнаружении малого изменения курса наблюдаемого судна.

Литература

1. Международные Правила Предупреждения Столкновений Судов в море [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.mppss.ru/rules/rule08.php
2. Коккрофт А.Н., Ламеер Дж.Н.Ф. Руководство по правилам предупреждения столкновения (МППСС-72). Пер. с англ. Шайхутдинова Н.Т. и Щиголева К.В.: – Пб.: ООО «МОРСАР», 2005. – 320 с., 38 рис.

3. Basseville M., Nikiforov I. V. Detection of abrupt changes: theory and application. Prentice-Hall, 1993.
4. Михайлов В.С. Навигация и лоция / В.С. Михайлов, В.Г. Кудрявцев, В.С. Давыдов. – Киев, 2009 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.maritime.kiev.ua/book1/chpt21.html

Связь с автором: Zaharov-K@yandex.ru

И.С. Игнатьев

СИСТЕМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ИГРОВОГО ОБУЧЕНИЯ

Московский государственный институт электроники и математики
(Технический университет)
г. Москва, Россия

Даже при наличии возможности использования аппаратных и программных средств, прежде доступных только на производстве, многие студенты ею не пользуются в силу сложности реальных и более высокой ответственности за их выполнение. Данные проблемы решаются современными методами обучения: активными методами и игровыми методами. На базе этих методов для решения этой проблемы было решено создать компьютерную систему сопровождения игрового обучения для обучения ИКТ. Для выполнения задания при использовании инструментария проектирования игровых проектов была разработана методика игрового обучения ИКТ на инженерных специальностях.

В ходе обучения студенты развиваются в рамках своих ролей — будущих профессий — на основе постоянной автоматической — при использовании анализа поступающих в систему данных о прогрессе студента в определенной игре – оценки различных действий студентов. В системе возможны как компьютерные игры — в этом случае данные собираются также автоматически при помощи клиентского программного обеспечения системы — так и другие виды игровой деятельности — в этом случае требуется ввод данных в систему ручным путем. Благодаря постоянной оценке и развитию студент чувствует себя постоянно задействованным и стремится максимально раскрыть свой потенциал. Гибкость методике придает ориентация не на непосредственно на оценку студента в качестве актора какой-либо профессии, а оценку навыков студента, которые в совокупности показывают общий уровень развития студента, что оценивается в уровне развития в профессии как в агрегированном параметре. Также разработанная методика позволяет на основе навыков студента автоматизированно составлять его резюме, что повышает ее полезность для студента.

Для реализации методики была разработана модель среды игрового обучения. Среда игрового обучения состоит из:

1. Сервера сбора результатов обучения Sg;
2. Сервера анализа результата обучения Sa;
3. Сервера хранения результатов обучения Sm;
4. Сервер представления результатов анализа Sw;
5. Инструментария разработчика;
6. Клиента на машине пользователя C.

Сервер сбора результатов обучающих игр Sg выполняет функцию агрегации и подготовки данных, получаемых от клиентов СИО, к сохранению на сервер хранению результатов обучающих игр Sm. Сервер хранения результатов обучающих игр Sm является большим хранилищем, которое обеспечивает долговременное хранение большого количества о результатах игр. Сервер анализа результата обучающих игры Sa выполняет высокотребовательные к вычислительной нагрузке операции анализа данных. Наконец, сервер представления визуализует результаты анализа и позволяет управлять процессом анализа.

Клиент на машине пользователя C для сбора данных использует несколько методов:

- встраивание непосредственно в обучающую программу. Пользователь при этом использует модифицированную обучающую программу, и по ходу обучения происходит сбор данных.
- сбор данных, остающихся по результатам выполнения обучающей программы. Сбор данных происходит периодически и при наступлении определенных событий системы. Для сбора данных клиент должен быть запущен вместе с обучающей программой и настроен на сбор данных именно этой программы.

Исходя соображений скорости работы, а также статистической незначимости потери какого-либо отдельного результата учащегося, для передачи данных был выбран протокол UDP.

Общая схема работы СИО выглядит следующим образом:

1. Студент производит на своем компьютере определенные действия;
2. Клиент на машине пользователя C записывает данные об этих действиях и отсылает их на сервер сбора результатов Sg;
3. Данные поступают на сервер сбора результатов Sg;
4. Sg проверяет данные на корректность и помещает их в соответствующее хранилище на сервере хранения результатов Sm;
5. Информация о наличии данных для анализа появляется на сервере представления результатов анализа Sw;
6. По команде пользователя СИО сервер анализа Sa начинает анализ данных выбранным пользователем алгоритмом;
7. Результаты анализа поступают на сервер представления Sw и интерпретируются пользователем;
8. Интерпретация сохраняется для последующего использования.

Для реализации модели СИО был создан протокол обмена информацией о успехах студента в обучении. Протокол основан на xml. Протокол используется для обмена между клиентом на машине пользователя и сервером сбора результатов Sg. Основное сообщение протокола – контейнер для данных об успехах учащегося в игре, содержащий неопределенное количество данных по определенной игре, идентифицируемое по логину пользователя, хешу его пароля, уникального идентификатора игры и идентификатора данных в этой игре.

Модель была реализована на языке программирования python при помощи фреймворка twisted, библиотек lxml и logging, веб-фреймворка Django и фреймворка анализа данных Orange. Сервер представления Sw реализован при помощи веб-приложения, созданного на платформе Linux-Apache2-MySQL-Python при помощи веб-фреймфорка Django. На сервере хранения результатов обучения Sm данные должно быть достаточно легко считать и в то же время они не должны занимать много места, поэтому вместо традиционных хранилищ MyISAM и InnoDB отказались в пользу специализированного хранилища, предназначенного для долговременного хранения больших объемов данных – Archive, осуществляющего компрессию данных при хранении. Сервер анализа результата обучения Sa реализован в качестве отдельного сервиса, выполняющего запросы от сервера представления на анализ данных с сервера хранения при помощи алгоритмов классификации и кластеризации данных. Используются алгоритмы Байесовской классификации, классификации деревом решений по алгоритму C4.5, алгоритм иерархической кластеризации complete-link и алгоритм неиерархической кластеризации K-means. Сервера сбора результатов обучения Sg и клиент на машине пользователя реализованы при помощи фреймворка twisted в части передачи данных и библиотеки lxml для их разбора и проверки. Для исключения блокировок при приеме и сохранении данных они были реализованы в асинхронном режиме. Для получения данных на машине пользователя клиент использует библиотеку logging.

Работа была выполнена под руководством проф., д.т.н. Азарова В.Н. В результате работы была создана методика игрового обучения ИКТ в высшей школе, а также реализующая ее модель информационных ресурсов и сами информационные ресурсы. С помощью методов анализа данных были реализованы средства автоматизированного получении обратной связи в ходе игрового обучения и автоматизированного формировании рабочего резюме студента. Была полностью создана техническая среда игрового обучения. Дальнейшим развитием работы является накопление данных и проведение над ними различных исследований.

Связь с автором: ivan.ignatyev@auditory.ru

Ю.А. Истомина, П.К. Лопатин

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ФРОНТА ВОЛНЫ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ

Сибирский государственный аэрокосмический университет
им. М.Ф. Решетнева
г. Красноярск, Россия

В настоящее время ведется разработка алгоритмов планирования пути роботов в среде с известными запрещенными препятствиями. Поставим следующую задачу: Разработать программу захвата объекта в одной из возможных конфигураций робота не налегающих на препятствия, используя алгоритм фронт волны. Робот манипулятор – n-звенный.

Пусть задано двумерное дискретное пространство конфигураций Q. Каждая точка q этого пространства представляет собой конфигурацию робота. Некоторые точки пространства являются запрещенными. Робот при движении не может выходить за пределы прямоугольника, левая и нижняя границы заданы конфигурацией qL, а правая и верхняя — конфигурацией qH. Задана стартовая конфигурация q0 и целевая конфигурация qT.

Необходимо определить последовательность конфигураций {q1, q2, …, qn}, такую, что q1 = q0, qn = qT, все точки последовательности являются разрешенными, и для любого i = 1, 2, …, n–1 точки qi и qi+1 будут соседними в пространстве Q.

Каждой разрешенной конфигурации q из пространства Q необходимо поставить в соответствие некоторое числовое значение vp(q) — значение потенциала. Один из способов построения такой функции, состоит в использовании алгоритма фронта волны. В рамках данной работы алгоритм фронта волны был реализован следующим образом:

1. В список WF помещается целевая конфигурация qT, которой присваивается значение потенциала vp(qT) = 0. Список NWF пуст. Переменной v присваивается значение 1.

2. Для каждой конфигурации q из списка WF формируется список N конфигураций, соседних с ней.

3. Каждой конфигурации n из списка N, если она является разрешенной, и для нее еще не установлено значение потенциала, присваивается значение потенциала vp(n) = v, после чего конфигурация n заносится в список NWF.

4. После того, как рассмотрены все конфигурации из списка N, происходит переход к следующей конфигурации q на шаге 2.

5. После того, как рассмотрены все конфигурации из списка WF, если список NWF пуст, то алгоритм заканчивает свою работу. В противном случае список WF очищается, содержимое списка NWF копируется в список WF, список NWF очищается, значение переменной v увеличивается на 1, и алгоритм продолжает свою работу с шага 2.

Планируя траекторию, начинаем со стартовой конфигурации q0, рассматриваем все соседние с ней разрешенные точки и переходим в точку с наименьшим значением потенциала.

Траектория, спланированная с использованием данного алгоритма, приведена на рис. 1.

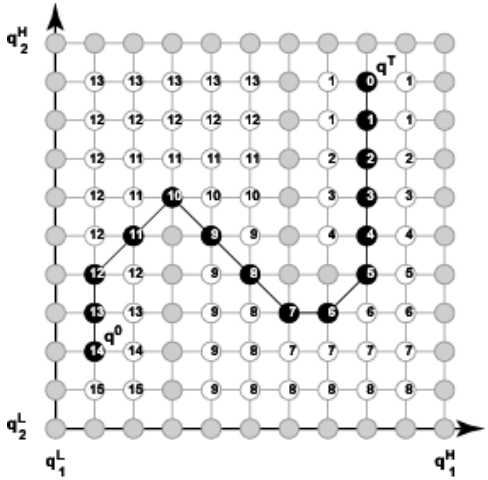


Рис 1. Спланированная траектория

Тестирование проводилось на примере с двумя звеньями манипулятора. Начальная конфигурация q0=(180,0). Конечная конфигурация qt=(90,0). С заполнением карты.

Таблица 1

Результаты тестирования

Номер теста	Угол поворота	Время	
	градус	Мин.	Сек.
1.	1	9	2.27116
2.	2	0	11.2753
3.	5	0	0.30572
4.	10	0	0.01936

Реализация алгоритма выполнена на языке C++. Рука-манипулятор двигается с шагом 1 градус, не налегая на препятствия. Манипулятору удалось захватить цель.

Рис.2. Пример выполнения программы

Алгоритм фронта волны обеспечивает достижение цели или выдает сообщение о недостижимости за конечное число шагов. При неизменном количестве и расположении запрещенных точек, однажды рассчитанной функцией потенциала можно пользоваться для планирования траектории из любой разрешенной начальной точки в точку qT. Карта потенциалов составляется со временем меньше 1 секунды, начиная с дискретности 3º.

С.И. Кирносенко

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИСТОРИИ ИЗМЕНЕНИЙ ИСХОДНОГО КОДА ДЛЯ ЗАДАЧ ПОДСЧЁТА МЕТРИК

Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Россия

Системы контроля версий используются при разработке ПО для целей сохранения множества промежуточных состояний исходного кода. Информация, содержащаяся в них, может быть использована для расчёта метрик исходного кода и отслеживания динамики их изменения. Такие метрики могут быть использованы для задач оценки надёжности ПО, принятия решений о распределении ресурсов тестирования и т.п. Однако получение этих метрик непосредственно из систем контроля версий проблематично ввиду того, что они созданы для быстрого и эффективного осуществления своих основных функций, но абсолютно не ориентирован-

ны на задачи расчёта метрик. Поэтому информацию содержащуюся в системах контроля версий необходимо предварительно перевести в более удобное представление.

Рис. 1. Схема данных

Предложено множество схем данных для этих целей [1]. Как правило они специфичны для каждого исследования. Существование универсальной схемы возможно, но такая схема несла бы слишком большой объём информации, что сделало бы её использование нецелесообразным для большинства задач. Предложенная схема предназначена для задач подсчёта плотности ошибок для произвольного подмножества кода (см. рис. 1). На ней представлены сущности: Commit – ревизия системы контроля версий, BugFix – исправляющая ревизия, File – файл исходных кодов, Modification – модификация файла в ревизии, CodeBlock – добавленный или удалённый блок кода. По сравнению с ранее представленной схемой данных [2], новая учитывает такие процессы как копирование и перемещение файлов, перенос кода при слиянии веток разработки, что позволяет точнее выполнять расчёт метрик.

На основе такой схемы можно эффективно выполнять расчёт основных надёжностных метрик. Например для расчёта плотности ошибок кода отдельного программиста необходимо знать: какой объём кода программиста содержится в кодовой базе на нужный момент времени и сколько ошибок было обнаружено в этом коде. На основе предложенной схемы эта информация может быть получена за три SQL-запроса.

Литература

1. Zimmermann, T. Preprocessing cvs data for fine-grained analysis / T. Zimmermann, P. Weibgerber // Proceedings of the First International Workshop on Mining Software Repositories.— 2004.—May.— Pp. 2–6.

2. Кирносенко С.И. Извлечение данных для подсчёта плотности ошибок кода // Приоритетные направления современной российской науки глазами молодых учёных. Рязань: Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина, 2009. — С. 159–161.

Связь с автором: kirnosenko@mail.ru

В.А. Кривоносов, А.С. Митин

РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ МЕТАЛЛА В ПРОМКОВШЕ И КРИСТАЛЛИЗАТОРАХ МНЛЗ В УСЛОВИЯХ «РАЗМЫВАНИЯ» И «ЗАЛИПАНИЯ» ШИБЕРНЫХ ЗАТВОРОВ

Старооскольский технологический институт (филиал) Национального исследовательского технологического университета Московского института стали и сплавов
г. Старый Оскол, Россия

Введение

В настоящее время основным способом получения литой заготовки является разливка стали на машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Применение МНЛЗ позволяет автоматизировать процесс разливки, повысить качество литых заготовок и повысить рентабельность производства.

Стальковш, заполненный 150 тоннами металла, устанавливается на подъёмно-поворотный стенд. Через шиберный затвор стальковша металл поступает в промковш. Контроль и управление уровнем металла в промковше осуществляется по данным тензометрических весов. Из промковша через 4 шиберных затвора металл поступает в водоохлаждаемые кристаллизаторы. Дальнейшая кристаллизация и охлаждение слитка происходит в зонах водного и водо-воздушного охлаждения МНЛЗ. Для получения слитка с однородной кристаллической структурой, предотвращения образования дефектов в заготовках необходимо обеспечить высокую точность поддержания оптимального уровня металла в кристаллизаторах (допустимое отклонение не превышает ±5 мм).

Необходимо отметить, что шиберные затворы работают в агрессивной среде под действием высоких температур. Частое перемещение шиберных затворов негативно сказывается на их состоянии и может привести к аварийным ситуациям. Поэтому для повышения долговечности затвора следует принимать меры по ограничению частоты и интенсивности изменения управляющих воздействий на привод шибера, так как именно во время перемещения шиберного затвора возрастает опасность его повреждения. К примеру, из-за увеличения продолжительности нахождения расплавленного металла в ковше в случае выполнения в нем технологи-

ческих операций по раскислению, легированию и рафинированию возникают значительные деформации деталей затвора, вызванные их нагревом. Опорные узлы подвижной части затвора частично компенсируют данные деформации, однако значительная интенсивность воздействия на них приводит к снижению компенсационных свойств. При разливке металла на шиберные затворы оказывают действия ещё два негативных явления: «размывание» и «залипание». «Размывание» шиберного затвора приводит к увеличению площади выпускного отверстия, а «залипание» к его уменьшению. Эти явления приводят к отклонению расхода металла от расчётного, что негативно сказывается на процессе регулирования [1].

Разработка дискретных регуляторов уровней металла в промковше и кристаллизаторах на основе наблюдателя состояния

Для уменьшения интенсивности работы шиберного затвора целесообразно перейти от непрерывного регулирования к дискретному. При стабилизации уровня в промковше и кристаллизаторах необходимо переместить шиберные затворы на следующем такте управления таким образом, чтобы:

- компенсировать непрерывное снижение расхода металла из стальковша в процессе разливки из-за постоянного снижения уровня;
- компенсировать снижение расхода металла из промковша по окончании выпуска металла из стальковша;
- компенсировать скорости изменения уровней металла в промковше и кристаллизаторах, наблюдавшиеся на предыдущем интервале дискретности;
- ликвидировать величину рассогласования между заданиями и текущими уровнями металла в промковше и кристаллизаторах;
- компенсировать влияние явлений «залипания» и «вымывания» шиберных затворов соответствующими линейными перемещениями.

Оценку уровней металла в стальковше $h_1(t)$, промковше $h_2(t)$ и кристаллизаторах $h_{3i}(t)$, а также эффектов «размывания» и «залипания» для снижения влияния возмущений и погрешностей измерения будем производить при помощи наблюдателя состояния [1, 2]. Для этого выберем следующие координаты состояния:

$x_1(t) = h_1(t)$ – уровень металла в стальковше;

$x_2(t) = h_2(t)$ – уровень металла в промковше;

$x_{3i}(t) = h_{3i}(t)$ – уровень металла в i-м кристаллизаторе;

$x_4(t)$ – оценка величины изменения площади выпускного отверстия шиберного затвора стальковша;

$x_{5i}(t)$ – оценка величины изменения площади выпускного отверстия i – го шиберного затвора промковша $(i = \overline{1,4})$.

Уравнения движения координат наблюдателя получены на основе известных уравнений гидродинамики и имеют вид [1]:

$$\hat{x}_1'(t) = -\frac{\mu \cdot (S_1(t) + \hat{x}_4(t)) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \hat{x}_1(t)}}{S_{СК}(x_1)} + k_{11} \cdot \Delta x_1(t) + k_{12} \cdot \Delta x_2(t);$$

$$\hat{x}_2'(t) = \frac{\mu \cdot (S_1(t) + \hat{x}_4(t)) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \hat{x}_1(t)} - \mu \cdot \sum_{i=1}^{4} (S_{2i}(t) + \hat{x}_{5i}(t)) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \hat{x}_2(t)}}{S_{ПК}(x_2)} +$$

$$+k_{21} \cdot \Delta x_1(t) + k_{22} \cdot \Delta x_2(t) \qquad i = \overline{1,4};$$

$$\hat{x}_{3i}'(t) = \frac{\mu \cdot (S_{2i}(t) + \hat{x}_{5i}(t)) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \hat{x}_2(t)} - \upsilon_i(t) \cdot S_{КРi}}{S_{КРi}} + k_{3i} \cdot \Delta x_{3i}(t) \qquad i = \overline{1,4};$$

$$\hat{x}_4'(t) = k_{41} \cdot \Delta x_1(t) + k_{42} \cdot \Delta x_2(t);$$

$$\hat{x}_{5i}'(t) = k_{5i} \cdot \Delta x_{3i}(t) \qquad i = \overline{1,4},$$

где $\hat{x}_i(t)$ - оценки наблюдателем соответствующих координат состояния; $\Delta x_1(t) = h_1(t) - \hat{x}_1(t)$, $\Delta x_2(t) = h_2(t) - \hat{x}_2(t)$, $\Delta x_{3i}(t) = h_{3i}(t) - \hat{x}_{3i}(t)$ - отклонения оценок наблюдателя от измеренных значений $h_1(t)$, $h_2(t)$ и $h_{3i}(t)$ уровней в стальковше, промковше и i-ом кристаллизаторе соответственно; μ – коэффициент расхода; $S_1(t)$ – расчётное значение площади выпускного отверстия стальковша, определяется по измеренному положению шибера, м^2; $S_{2i}(t)$ – расчётное значение площади выпускного отверстия i–го шиберного затвора промковша, определяется по измеренному положению шибера, м^2; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $S_{СК}(x_1)$, $S_{ПК}(x_2)$, $S_{КРi}$, - площади поперечных сечений стальковша, промковша и i-го кристаллизатора соответственно, м^2; k_{ij} - коэффициенты коррекции движения наблюдателя по результатам измерений.

Рассмотрим основные составляющие при формировании управляющих воздействий контуров стабилизации уровня металла в промковше и кристаллизаторе в дискретный момент времени t.

1. На промежутке времени [t, t+Δt] за счёт изменения уровней произойдёт изменение расходов, где Δt – период дискретности системы управления. Расход из стальковша за счёт постоянного снижения уровня уменьшится. Уровень в промковше при наличии стали в стальковше может колебаться, а при окончании разливки стальковша - будет уменьшаться. Для поддержания требуемых уровней металла в промковше и кристаллизаторе необходимо компенсировать изменения расходов. В первую очередь прогнозируем средние значения уровней в стальковше $h_{1СР}$ и промковше $h_{2СР}$ на интервале времени [t, t+Δt] при сохранении тенденций предыдущего временного интервала:

$$h_{1СР}(t+\Delta t/2)=\hat{x}_1(t)+0,5\cdot(\hat{x}_1(t)-\hat{x}_1(t-\Delta t))=1,5\cdot\hat{x}_1(t)-0,5\cdot\hat{x}_1(t-\Delta t);$$
$$h_{2СР}(t+\Delta t/2)=1,5\cdot\hat{x}_2(t)-0,5\cdot\hat{x}_2(t-\Delta t).$$

При неизменном положении шиберов это вызовет следующие изменения расходов металла в промковш и кристаллизаторы:

$$\Delta G_{1ПК}(t,t+\Delta t)=\mu\cdot 60\cdot(S_1(t)+\hat{x}_4(t))\cdot(\sqrt{2\cdot g\cdot h_{1СР}(t-\Delta t/2)}-\sqrt{2\cdot g\cdot h_{1СР}(t+\Delta t/2)});$$

$$\Delta G_{1КРi}(t,t+\Delta t)=\mu\cdot 60\cdot(S_{2i}(t)+\hat{x}_{5i}(t))\cdot(\sqrt{2\cdot g\cdot h_{2СР}(t-\Delta t/2)}-\sqrt{2\cdot g\cdot h_{2СР}(t+\Delta t/2)}).$$

2. Наблюдавшиеся на интервале [t-Δt, t] скорости изменения уровней в промковше и i-ом кристаллизаторе можно компенсировать соответствующими изменениями расходов из стальковша и промковша на следующем такте управления:

$$\Delta G_{2ПК}(t,t+\Delta t)=\frac{(\hat{x}_2(t-\Delta t)-\hat{x}_2(t))\cdot S_{ПК}}{\Delta t};$$
$$\Delta G_{2КРi}(t,t+\Delta t)=\frac{(\hat{x}_{3i}(t-\Delta t)-\hat{x}_{3i}(t))\cdot S_{КРi}}{\Delta t}\qquad i=\overline{1,4}.$$

3. Для уменьшения текущего рассогласования по уровням в промковше и кристаллизаторах расходы металла необходимо изменить на следующие величины:

$$\Delta G_{3ПК}(t)=\frac{K_2\cdot(h_2^*-\hat{x}_2(t))\cdot S_{ПК}}{\Delta t};$$

$$\Delta G_{3КРi}(t)=\frac{K_{3i}\cdot(h_{3i}^*-\hat{x}_{3i}(t))\cdot S_{КРi}}{\Delta t}\qquad i=\overline{1,4},$$

где K_2, K_{3i}, - коэффициенты снижения рассогласования для контуров поддержания уровня в промковше и кристаллизаторах соответственно. Коэффициенты снижения расхода являются настраиваемой величиной, и лежат в пределах 0…1.

Определив требуемые изменения расходов для поддержания заданного уровня в промковше и кристаллизаторах, рассчитаем величину приращения площадей выпускных отверстий шиберных затворов стальковша $\Delta S_1(t, t+\Delta t)$ и i – го затвора промковша $\Delta S_{2i}(t, t+\Delta t)$:

$$\Delta S_1(t,t+\Delta t)=\frac{\Delta G_{1ПК}(t,t+\Delta t)+\Delta G_{2ПК}(t,t+\Delta t)+\Delta G_{3ПК}(t)}{\mu\cdot\sqrt{2\cdot g\cdot h_{1СР}(t+\Delta t/2)}};$$

$$\Delta S_{2i}(t,t+\Delta t)=\frac{\Delta G_{1КРi}(t,t+\Delta t)+\Delta G_{2КРi}(t,t+\Delta t)+\Delta G_{3КРi}(t)}{\mu\cdot\sqrt{2\cdot g\cdot h_{2СР}(t,t+\Delta t/2)}}\qquad i=\overline{1,4}.$$

Для стабилизации уровня металла в промковше и кристаллизаторах необходимо произвести линейное перемещение шиберов стальковша и промковша. Величину линейного перемещения определим для интервала времени [t, t+Δt]:

$$\Delta L_1(t, t+\Delta t) = \frac{\Delta S_1(t, t+\Delta t)}{\frac{\partial S_1(t)}{\partial L_1(t)}};$$

$$\Delta L_{2i}(t, t+\Delta t) = \frac{\Delta S_{2i}(t, t+\Delta t)}{\frac{\partial S_{2i}(t)}{\partial L_{2i}(t)}} \qquad i = \overline{1,4}.$$

Период дискретизации Δt является настраиваемой величиной. Его необходимо выбрать таким образом, чтобы уменьшить количество линейных перемещений шиберного затвора с одной стороны, но при этом поддерживать уровень с необходимой точностью.

Имитационное моделирование дискретных регуляторов контуров поддержания уровня металла в промковше и кристаллизаторах в среде Matlab

Произведём имитационное моделирование систем поддержания уровня металла в промковше и кристаллизаторах с использованием дискретных регуляторов на основе наблюдателя состояния. Величина возмущения, имитирующая эффект «размывания», будет изменяться по экспоненциальному закону и составляет 10% от площади выпускного отверстия. Погрешность оценки уровня в промковше составляет 10…15 мм в кристаллизаторе 1…5 мм. Моделирование производилось при следующих параметрах:

$S_{СК}$ = const = 8, 54 м^2; $S_{ПК}$ = const = 6,28 м^2; $S_{КРi}$ = 0,108 м^2; μ = 0,6; υ_i = 0,6 м/мин; $h_1(0)$ = 2, 4 м; $\hat{x}_1(0) = 2,43$ м; $h_2(0)$ = 0,7 м; $\hat{x}_2(0) = 0,67$ м; $h_3(0)$ = 0,1 м; $\hat{x}_3(0) = 0,1$ м; $k_{11}(t) = 0,9 \cdot e^{-0,03 \cdot t}$; $k_{22}(t) = 1,8$; k_{12}, k_{21} = 0; k_{3i} = 0,1, $i = \overline{1,4}$;

$k_{41}(t) = -0,005 \cdot e^{-0,07 \cdot t}$; $k_{42}(t) = 0,45 \cdot e^{-0,0001 \cdot t}$; $k_{5i}(t) = 0,001 \cdot e^{-0,001 \cdot t}$, $i = \overline{1,4}$; K_2 = 0,5;K_{3i} = 0,7, $i = \overline{1,4}$; Δt=30с.

Результаты моделирования каждого из контуров поддержания уровня будем оценивать по следующим параметрам:

- точность оценки эффектов «залипания» и «размывания» выпускных отверстий шиберных затворов;
- точность поддержания заданных значений уровней металла в промковше и кристаллизаторах.

На рисунке 1 изображена оценка размывания шиберного затвора стальковша и промковша. Отклонение оценки размывания наблюдателем от истинного значения не превышает 5 %.

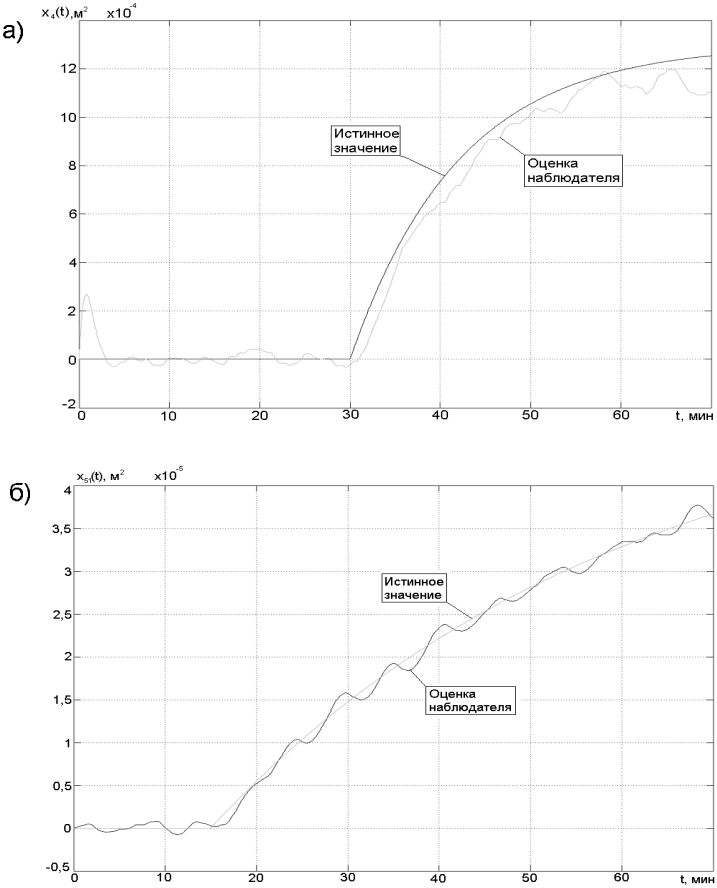


Рис. 1. Оценка размывания шиберного затвора стальковша (а) и промковша (б)

На рисунке 2 изображён график изменения уровня металла в промковше и в кристаллизаторе. Несмотря на размывание шиберных затворов, отклонение уровня в промковше от заданного значения, в процессе управления, не превысило 4 мм, в кристаллизаторах - 3 мм. Минимальный период изменения положения шиберных затворов в процессе моделирования совпадает с периодом дискретности Δt = 30с. В процессе управления наблюдаются промежутки времени, где шиберные затворы находятся в покое до 4-х минут. Это позволяет уменьшить износ узлов и механизмов шиберного затвора и повысить их долговечность работы

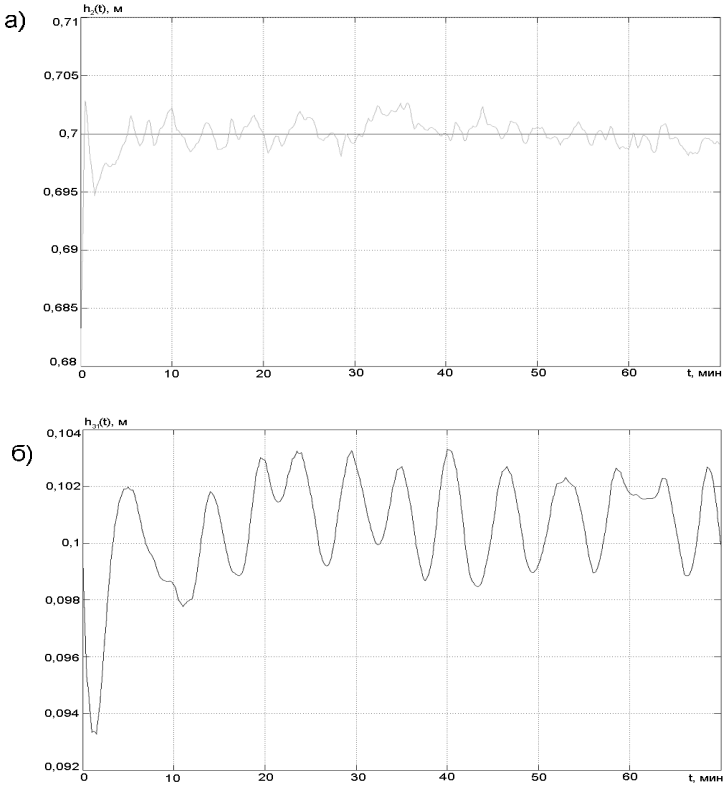


Рис. 2. Изменение уровня металла в промковше (а) и в кристаллизаторе (б)

Низкая интенсивность воздействия на шиберные затворы позволяет повысить их долговечность и надёжность. Необходимо отметить, что при значительном уменьшении интенсивность (шибер находится в покое около 20 минут) возникает дополнительная сила препятствующая перемещению.

Применение дискретного регулятора на основе наблюдателя состояния позволяет повысить эффективность разливки металла, увеличить надёжность и качество поддержания уровня металла в промковше и кристаллизаторах. Уменьшить влияние эффектов «залипания» и «размывания» на процесс поддержания уровней.

Литература

1. Кривоносов В.А., Митин А.С. Повышение точности оценки уровней металла в стальковше и промковше МНЛЗ с использованием нелинейно-

го наблюдателя состояния – Вестник ВГТУ, 2010, том 6, № 4. С. 41 – 45.
2. К. Браммер, Г.Зиффлинг Фильтр Калмана – Бьюси. – М.: Наука, 1982. - 200 с.

Связь с авторами: sashok666@bk.ru, krivonosov_v_a@mail.ru

А.Ю. Мельников, А.Н. Бобух

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СЛУЖБЫ ТАКСИ

Донбасская государственная машиностроительная академия
г. Краматорск, Украина

Служба такси является неотъемлемой частью жизни сегодняшнего общества. Организация такой службы требует централизованного сбора и обработки значительного объема информации, необходимой для оперативной работы. Как правило, программное обеспечение, используемое в службах такси, занимается оперативным сбором и визуализацией информации, а ее анализ и принятие решений возложено на диспетчера. Таким образом, имеется необходимость повысить эффективность использования данных, выявить из стандартного их набора дополнительную информацию и тем самым облегчить процесс принятия решения.

Была поставлена и решена задача проектирования программной системы, способной решать такие задачи интеллектуального анализа данных, как классификация и прогнозирование. Выбран метод искусственных нейронных сетей [1].

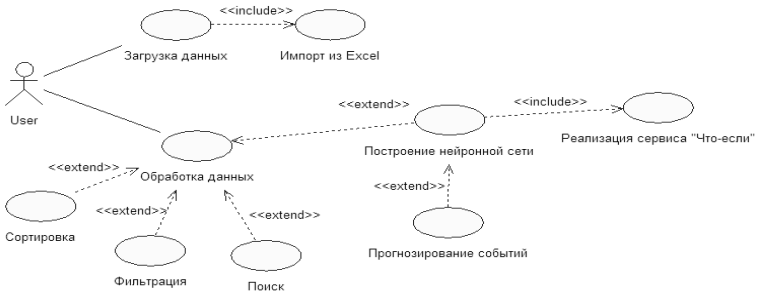


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

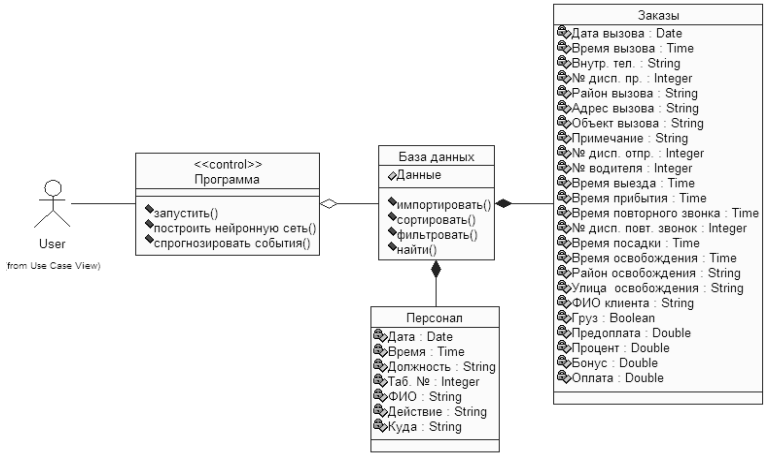


Рис. 1. Диаграмма классов

В качестве исходных данных рассматривались таблицы «Заказы» и «Персонал». Таблица «Заказы» содержит данные о вызовах, поступивших в службу такси, и о ходе их выполнения; таблица «Персонал» – о действиях, выполняемых сотрудниками службы за некоторый промежуток времени.

Проектирование системы осуществлялось на унифицированном языке моделирования UML [2]. Возможности системы в виде диаграммы вариантов использования представлены на рис. 1, ее структура в виде диаграммы классов – на рис. 2. Программная реализация спроектированной системы осуществляется в среде программирования Borland-Delphi 7.

Литература

1. Чубукова И.А. Data Mining: Учебное пособие / И.А. Чубукова. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 382 с.
2. Мельников А.Ю. Объектно-ориентированный анализ и проектирование информационных систем: Учебное пособие. – Краматорск: ДГМА, 2006.– 184 с.

Связь с автором: al_mel@mail.ru

А.Ю. Мельников, Е.В. Антонова, С.А. Чигирь

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-КВАЛИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Донбасская государственная машиностроительная академия
г. Краматорск, Украина

Образовательно-профессиональная программа (ОПП) является государственным нормативным документом, в котором определяется нормативное содержание обучения, устанавливаются требования к содержанию, объёму и уровню образовательной и профессиональной подготовки специалиста соответствующего образовательно-профессионального уровня определённой специальности. Образовательно-квалификационная характеристика (ОКХ) – это нормативный документ, который содержит образовательные и квалификационные требования к выпускникам высших учебных заведений в виде перечня способностей и умений решать задачи деятельности.

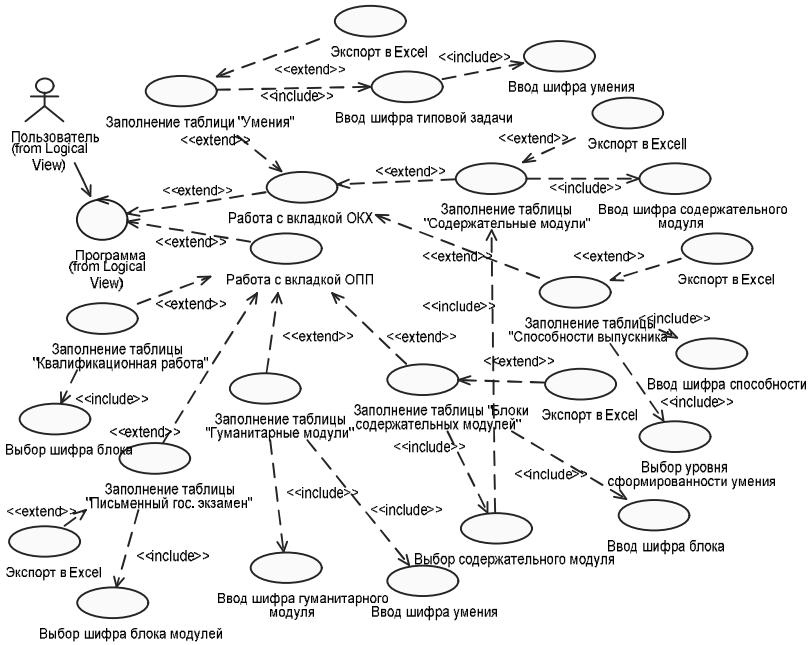


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Была поставлена цель: создать программный продукт, позволяющий автоматизировать процесс разработки ОПП и ОКХ подготовки кадров

разного образовательно-квалификационного уровня и специальности. Использование такой программной системы должно облегчить выполнение основных видов работ с документами учебного назначения, минимизировать временные затраты и трудовые ресурсы на разработку, исключить вероятность допущения ошибок.

Проектирование системы выполнялось на языке моделирования UML в среде Rational Rose [1]. Функции системы в виде диаграммы вариантов использования представлены на рис. 1, ее структура системы в виде диаграммы классов представлена на рис. 2. Программная реализация спроектированной системы осуществляется в среде программирования Borland-Delphi 7.

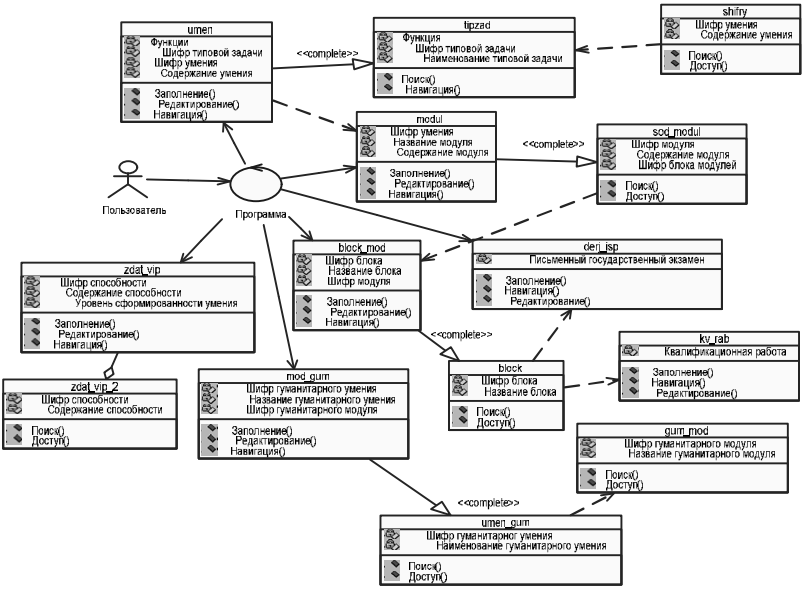


Рис. 1. Диаграмма классов

Литература

1. Мельников А.Ю. Объектно-ориентированный анализ и проектирование информационных систем: Учебное пособие. – Краматорск: ДГМА, 2006.– 184 с.

Связь с автором: al_mel@mail.ru

И.А. Микляев

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТИПА ДАННЫХ

Филиал «Севмашвтуз» Санкт-Петербургского государственного морского технического университета в г. Северодвинске
г. Северодвинск, Россия

В данной работе при внедрении математических преобразований информационной единицы, на основе статистической информации всей однородной совокупности, достигается снижение требуемой памяти. Важное отличие схем понижения системы счисления символов от процессов архивирования состоит в том, что структура информации сохраняется, и все логические и математические операции также остаются доступными без преобразований, в некоторых случаях и с увеличением скорости.

При использовании такой системы хранения для всей информации в базах данных, появляется возможность отказаться от определения типов данных на физическом уровне размещения информации. Что позволяет разрабатывать информационные системы более гибкими к различным изменениям бизнес процессов, в которых они существуют. Такое направление развития является приоритетным, например, в универсальных объектно-ориентированных типах баз данных.

Основы теории понижения кратности системы счисления

Основополагающая литература по информатике устанавливают за единицу информации для хранения и обработки – байт, состоящий из 8 бит. В данной работе за единицу информации принимается комбинация состояний этих 8 бит, которой приписывается определённое значение информации, так же как в системе кодов ASCII, ISO, для MS DOS, КОИ-8. Аналогичный подход может быть использован и для 16-разрядной кодировки UNICODE (количество базовых комбинаций будет рассматриваться не 256, а 65536. В этом случае во всех формулах первое значение нужно заменить на второе.

В основу теории понижения кратности системы счисления символов заложен тот факт, что, используя обычное байтовое представление, мы предполагаем использование 256 возможных комбинаций. В то же время нам необходимо гораздо меньшее число комбинаций. Например, для хранения информации в стандартных полях «Фамилия», «Имя», «Отчество» мы используем максимум 33 буквы алфавита, с учётом заглавных букв 63 символа, со знаком «-» 64 символа. Следовательно, 192 комбинации свободны и не используются.

Если перевести в 64-ичную систему счисления, а далее получившееся значение сохранить в байтовом представлении, то в 3 байта мы можем уместить 4 символа. Т.е. даже в таком грубом понижении мы имеет примерно 25% экономии. Если же ввести программой формат больших или маленьких букв, мы имеем 33-34 комбинации в использовании. При

40-ичной системе счисления мы можем уместить в 2-х байтах 3 символа, т.е. имеем экономию памяти в 1,5 раза.

Методика понижения кратности системы счисления

Понижение системы счисления символов в поле базы данных основывается на статистической информации об их использовании.

В самой простейшей схеме необходимо узнать, какие символы задействованы. Для этого при внесении информации достаточно заполнять одномерный массив с числом элементов 256, в которые заносится информация о количестве раз использования каждого возможного значения байта.

При сохранении информации формируется ключ поля, состоящий из последовательности символов задействованных в поле. Таким образом, получается меньшая кратность для хранения информации, соответствующая размеру ключа плюс 1. Единица прибавляется в связи с проблемой первого знака, которая обсуждается далее.

Математический аппарат понижения кратности системы счисления

Рассмотрим пример одного слова «карета». Ключ – «карет».

Получаем кратность 6 (длина ключа + 1).

Заменяем символы исходного слова числами, соответствующими положению их в ключе.

Получаем последовательность «1 2 3 4 5 2» в шестеричной системе счисления.

Переводим в десятичную систему счисления, получаем базовое число:

$$11192 = 2 + 5*6 + 4*6^2 + 3*6^3 + 2*6^4 + 1*6^5$$

Далее в 256-ричную систему:

$$11192 = 184 + 43*256$$

Получаем два байта 43 и 184.

Рассматривать последовательность разрядов от старшего к младшему в слове можно в любой последовательности, требуется лишь единообразие.

Проблема первого знака

Математические свойства 0 заставляют повышать кратность системы счисления на единицу, из-за невозможности использовать его на месте старшего разряда. В приведённом примере, если использовать пятеричную систему счисления, получим «0 1 2 3 4 1». Таким образом, первый знак будет потерян.

Решить данную проблему можно, установив в первой позиции ключа символ, не попадающий на место старшего, на основе статистики использования символов в поле. В этом случае кратность системы счисления устанавливается равной длине ключа.

Математическая модель эффективности понижения кратности системы счисления по простейшей схеме

Обозначим набор значений, соответствующих положению символа в ключе, для исходной информации поля как: $a_n, a_{n-1}, \ldots a_2, a_1, a_0$

Итоговая последовательность байт: $b_m, b_{m-1} \ldots b_2, b_1, b_0$.

Эффективность в одном значении поля определяется разницей байт в начале и конце:

$$\text{эффект.слова} = n - m \qquad (1)$$

Базовое десятичное значение:

$$N = \sum_{i=0}^{n} a_i * (key+1)^i$$

где key – длина ключа,

и $N = \sum_{i=0}^{m} b_i * 256^i$

Старшие разряды определяются формулами:

$$a_n = (N \text{ div } (key+1)^n) \text{ mod } (key+1)$$

И $b_m = (N \text{ div } 256^m) \text{ mod } 256$

Следующие разряды нулевые, т.е.:

$$0 = N \text{ div } (key+1)^{n+1}$$

И $0 = N \text{ div } 256^{m+1}$

отсюда следуют неравенства соответственно:

$$\frac{N}{(key+1)^n} > 1 \qquad (2)$$

и

$$\frac{N}{256^m} > 1 \qquad (3)$$

$$\frac{N}{(key+1)^{n+1}} < 1 \qquad (4)$$

и

$$\frac{N}{256^{m+1}} < 1 \qquad (5)$$

Из (2) и (4) получаем интервал для базового десятичного значения:

$$N \in ((key+1)^n, (key+1)^{n+1}) \qquad (6)$$

Из (3) и (5) получаем интервал для номера байта итоговой записи:

$$m \in (\log_{256} N - 1, \log_{256} N) \qquad (7)$$

Подставляем (6) в (7):

$$m \in (n \log_{256}(key+1) - 1, (n+1) \log_{256}(key+1)) \qquad (8)$$

Получаем эффективность для одного значения из (1):

$$\text{эффект.слова} \in (n - (n+1) \log_{256}(key+1) \text{ , } n - n \log_{256}(key+1) + 1) \qquad (9)$$

Общая эффективность по всем значениям поля:

$$\text{эффект.общая} = \sum^{\text{все слова поля}} \text{эффект.слова}_i - \text{служебные затраты} \qquad (10)$$

где служебные затраты – это дополнительная задействованная память для хранения вспомогательной информации для понижения системы счисления значений поля. В простейшей схеме – это память для хранения ключа до 256 байт.

Методы повышения эффективности

Как будет представлено далее, даже простейшая схема даёт 30-40% эффективности.

Усложняя логический и математический аппарат построения ключей, позволяет увеличить эффективность.

В данной работе приведены первые шаги в этой области.

Движение количества итоговых байтов в (8) происходит из-за различного положения старшего байта в ключе. Естественно если он стоит первым его значение 1 – это значительно снижает базовое число по сравнению с тем, когда он последний. Таким образом, в случае если порядок символов в ключе установить исходя из статистики положения символов в словах поля, то можно повысить эффективность системы.

Второй момент. В (9) хорошо видно, что эффективность системы по $\log_{256}$ зависит от размера ключа. На основе этого приведены два способа изменения размера ключа:

Вывести из ключа символы, статистически редко встречающиеся в значениях поля, например, заглавные буквы, что вдвое уменьшает размер ключа;

Использовать при понижении кратности системы счисления лишь часть ключа.

Апробация простейшей схемы понижения кратности системы счисления

Рассматривалось 877 документов. Автоматически собраны все использованные слова в количестве 40 098 и были расписаны положения слов в предложении 318 876 записей.

На примере этих трёх таблиц и будет показана работа простейшей системы.

В первом варианте информация записывалась строчными значениями плотно через разделитель.

Во втором случае строчные значения записываются также, но с простым понижением кратности системы счисления.

Таблица списка файлов документов в первом случае занимает 86,2Кб, а во втором 58,6Кб.

Список слов (как есть в документах, исключая точные повторы) в первом случае занимает 1,44 Мб, во втором – 0,978 Мб.

Таблица расположения слов в предложении в первом случае имеет размер 6,45 Мб, во втором – 4,49 Мб.

Получаем более 30% экономии памяти.

После решения первого знака получаем результаты:

Список документов – 57,57 Кб, список слов – 0,947Мб и слова в предложении – 4,39 Мб.

Влияние последовательности символов в ключе на эффективность

Если мы поменяем последовательность в ключе, то можем получить сильно отличающиеся значения для базового ключа.

При составлении ключа в виде «карет» получаем последовательность «1 2 3 4 5 2» в шестеричной системе счисления.

В десятичной системе счисления, получаем базовое число:

$$11192 = 2 + 5*6 + 4*6^2 + 3*6^3 + 2*6^4 + 1*6^5$$

В 256-ричной системе имеем два байта 43 и 184

При составлении ключа в виде «крета» получаем последовательность «543214» в шестеричной системе исчисления.

В десятичной системе исчисления, получаем базовое число:

$$44794 = 4 + 5*6 + 2*6^2 + 3*6^3 + 4*6^4 + 5*6^5$$

В 256-ричной системе имеем два байта 174 и 250.

В представленном примере получены результаты:

Список документов – 57,3 Кб, список слов – 0,94Мб и слова в предложении – 4,26 Мб.

Вычисление оптимального числа символов, выводимых из ключа

Более существенные методы повышения эффективности связаны с уменьшением размера ключа.

Первая из методик, связана с выводом из ключа символов, имеющих небольшую статистику использования в поле.

Самый простой состоит в том, чтобы такие слова записывать без изменения. Для этого потребовалось использовать лишний байт.

В любом случае существует две составляющие потерь:

Дополнительные байты для обслуживания слов с редкими символами;

Потеря эффективности понижения системы счисления для этих слов.

Положительный эффект должен быть достигнут за счёт понижения системы счисления в оставшихся значениях поля.

Таким образом, получается целевая функция, на основе которой можно определить оптимальное количество выводимых символов.

Из (9) получаем повышение эффективности для оставшихся слов:

$$\text{эффект.слова}_2 - \text{эффект.слова}_1 = n\log_{256} {(\text{key}_1 + 1)}\big/{(\text{key}_2 + 1)} \qquad (11)$$

где key_1 – длина исходного ключа; key_2 – длина итогового ключа.

Получаем эффективность метода выделения символов (ЭМВС):

$$ЭФМС = \sum^{оставш.слова} n_i \log_{256} (key_1 + 1) / (key_2 + 1) - \\ - \sum^{искл.слова} (n_i \log_{256} (key_1 + 1) + служ.затр.) \quad (12)$$

Учитывая, что

$$key_1 = key_2 + N_{BC}$$

где N_{BC} – количество выделенных символов,

получаем зависимость ЭФМС от количества выделенных символов.

Выделяемые символы также определяют исключаемые слова, поэтому формула (20) основывается ещё и на эмпирическом законе распределения используемых символов.

В результате использования данной методики получены следующие результаты:

Список документов – 54,9 Кб, список слов – 0,931Мб и слова в предложении – 4,26 Мб.

Математическая модель эффективности персонализации ключа для каждого значения поля.

При понижении системы счисления значения поля есть возможность указывать, какая часть ключа будет использоваться для этого процесса.

Можно указать для каждого значения начало и конец части ключа, которая будет использоваться.

В этом случае, если указывается только начало или только конец записи, то необходим дополнительно байт для каждого значения. И символы ключа сортируются соответственно по возрастанию или убыванию статистики их использования.

В случае указания обоих концов части ключа необходимо два байта на каждое значение, и символы располагаются приближенно к нормальному распределению, чтобы редко встречающиеся символы располагались в начале и конце и чаще других отсекались в использованной части ключа. В этом случае возможность уменьшения кратности для значений увеличивается, но и расходы на обслуживание увеличиваются вдвое.

Аналогично (11) из (9) получаем повышение эффективности для одного значения поля:

$$эффект.сл._2 - эффект.сл._1 = n \log_{256} (key_1 + 1) / (key_2 + 1) - затр.обсл.$$

где key_1 – длина исходного ключа – общая; key_2 – длина итогового ключа – персональная; затр. обсл. – в первом случае один байт, во втором - два.

Получаем эффективность метода персонализации ключа (ЭМПК):

$$ЭФПК = \sum_{i=1}^{кол.слов} \left(n_i \log_{256} (key_1 + 1) / (key_i + 1) - затр.обсл. \right)$$

В результате использования данной методики получены следующие результаты:

Список документов – 55,85 Кб, список слов – 0,937Мб и слова в предложении – 4,32 Мб.

Последние две методики повышения эффективности системы требуют наложения условий на использование в полях. Например, поля с целочисленными значениями при использовании всех цифр переводятся в минимальный размер и простой схемой. Поэтому все затраты на обслуживание в последних двух методиках не оправдываются вовсе. В нашем примере такие поля определяются по ключу и сложные методики к ним не применяются.

Заключение

Система понижения кратности не даёт преимущество при хранении таких значений. Она позволяет установить единый стандарт обращения к полям. Так же в этой системе не накладываются ограничения диапазона значений.

Важным выводом данной работы является и то, что, используя систему понижения системы счисления, можно отказаться от определения типов хранимой информации в СУБД, передав все обязанности по ограничению работы с информацией разработчику программного продукта. Что позволит разработчику самому определять границы свободы работы с информацией, не оглядываясь на ограничения СУБД. В свою очередь СУБД сама динамически определяет наиболее эффективную форму информации для хранения и обработки.

Это новый подход взаимоотношений в цепочке СУБД – программист – пользователь, открывающий новые области для поиска оптимальных решений.

Литература

1. Й. Лэнгсам, М. Огенстайн, А. Тененбаум. Структуры данных для персональных ЭВМ: Пер. с англ. М.: Мир, 1989.
2. Фигурнов В.Э. IBM PC для пользователя. Изд. 7-е, перераб. и доп. М: ИНФРА-М, 1997.
3. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.
4. Корнеев В. В. Базы данных, Интеллектуальная обработка информации. М:Нолиди, 2000

Связь с автором: ivanmia1@rambler.ru

И.В. Морозов, О.П. Жадан, И.Б. Саенко

УПРАВЛЕНИЕ РОЛЕВЫМ ДОСТУПОМ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Санкт-Петербургский институт информатизации и автоматизации РАН
г. Санкт-Петербург, Россия

В современном мире проблема зашиты своей конфиденциальной информации от несанкционированных действий по отношению к ней стоит очень остро. Развитие глобальных компьютерных сетей и появление новых информационных технологий привлекают все больше внимания различных организаций. Все больше глобальные сети применяются для передачи информации различного уровня конфиденциальности, многие организации все чаще принимают решение о подключении своих локальных сетей к открытой глобальной сети.

Подключение к глобальной сети влечет за собой негативные последствия, а именно возможность несанкционированного проникновения из внешней сети во внутреннюю сеть. Такое вторжение может осуществляться с различными целями и иметь различные последствия.

В таких условиях необходима организация функционирования системы защиты информации, одной из подсистем которой является подсистема разграничения доступа к информации в автоматизированной системе (АС). В этом случае каждому пользователю разрешен работа только с теми объектами АС, к которым ему предоставлен доступ в соответствии с действующими политиками безопасности.

Наиболее известны и распространены три основные модели разграничения доступа: дискреционная, мандатная, ролевая [1, с. 21; 2, с. 15]. Дискреционная модель определяет запрещенные и разрешенные операции над конкретным ресурсом каждому субъекту. Мандатная модель определяет, что каждый объект имеет некоторый уровень конфиденциальности, а каждому пользователю устанавливается некоторый уровень допуска к информации. Допуск пользователя к объекту разрешен, если его уровень допуска не ниже уровня конфиденциальности объекта. Эти две модели имеют ряд существенных недостатков в АС промышленного назначения, в которых реализована коллективная обработка информации при достаточно большом числе пользователей, и не обеспечивают в должной мере защиту информации от несанкционированных действий. Во многом это объясняется тем, что эти модели были предложены в то время, когда компьютерные сети еще не получили своего широкого и повсеместного применения и защиты требовали только автономные конфигурации компьютеров.

Рассмотрим более подробно ролевую модель управления доступом (Role Based Access Control, RBAC), которая более свободна от недостатков вышеупомянутых моделей. По своей сути она является дальнейшим развитием дискреционной модели, при этом права доступа субъектов

системы на объекты группируются с учетом специфики применения, образуя роли. Формирование ролей должно обеспечить четкие и понятные правила разграничения доступа. RBAC позволяет реализовать гибкие и динамически изменяющиеся в процессе функционирования АС правила разграничения доступа.

Роли создаются внутри АС для различных рабочих функциях. Определенным ролям присваиваются полномочия для выполнения тех или иных операций. Субъектам назначаются фиксированные роли, через которые они получают соответствующие привилегии для выполнения фиксированных системных функций.

Несмотря на то, что роль является совокупностью прав доступа на объекты АС, ролевое управление доступом отнюдь не является частным случаем избирательного управления доступом, так как его правила определяют порядок предоставления доступа субъектам АС в зависимости от имеющихся (или отсутствующих) у него ролей в каждый момент времени, что является характерным для систем мандатного управления доступом. С другой стороны, правила ролевого разграничения доступа являются более гибкими, чем при мандатном подходе к разграничению.

В АС с разнородной IT-инфраструктурой, содержащих огромное количество систем и приложений, используется иерархия ролей и наследование привилегий. Без этого использование RBAC становится очень запутанным и сложным.

Для больших АС с сотнями ролей, тысячами пользователей и миллионами разрешений, управление ролями, пользователями, разрешениями и привилегиями является сложной и трудноразрешимой задачей. Эта задача окончательно не решена.

Одним из эффективных подходов к решению данной задачи видится использование эволюционного моделирования, а именно генетического программирования. Задача сводится к нахождению последовательности элементарных действий над схемой ролевого доступа, оптимальной по критерию времени выполнения либо количеству элементарных действий, которая переводит схему доступа из исходного в новое требуемое состояние. Как предполагается, генетическое программирование позволяет решить данную задачу за приемлемое время за счет направленного многовекторного продвижения в пространстве решений с реализацией случайных скачкообразных переходов между отдельными направлениями поиска.

Литература

1. Шаньгин В. Ф.Защита компьютерной информации. Эффективные методы и средства. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 544 с.
2. Гайдамакин Н. А. Разграничение доступа к информации в компьютерных системах. – Издательство Уральского Университета, 2003. – 328 с.

Связь с автором: moroz_i.v@mail.ru

А.В. Муратов

ВИДЕО-ТРАНСЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ПИРИНГОВОГО ОБМЕНА

Московский государственный университет электроники и математики
г. Москва, Россия

Организация видео-трансляций через сеть Интернет, обеспечивающая обслуживание достаточно большого количества пользователей, возлагает на техническое обеспечение высокие требования по предоставлению необходимой полосы пропускания Интернет-каналов. Таким образом, Интернет-канал организации, предоставляющей трансляцию, может использоваться весьма ограниченным количеством пользователей.

В сетях IPv4 решение данной проблемы возможно благодаря использованию протокола IGMP (Internet Group Management Protocol), то есть с использованием технологии IP multicast. При традиционной технологии ip-адресации каждому получателю информации послать свой пакет данных, то есть одна и та же информация передается много раз. Технология групповой адресации представляет собой расширение ip-адресации, позволяющее направить одну копию пакету сразу множеству получателей. Это множество определяется принадлежностью получателя к конкретной группе. Рассылку для группы получают только ее члены. Для реализации групповой адресации в локальной сети необходимы: поддержка стеком протокола TCP/IP; программная поддержка протокола IGMP для отправки запроса о присоединении к группе и получении группового трафика; поддержка групповой адресации сетевой картой; приложение, использующее групповую адресацию в данном случае видеоконференция. Для расширения этой возможности на глобальную сеть дополнительно необходима поддержка всеми промежуточными маршрутизаторами групповой адресации и пропускание группового трафика используемыми фаерволами. Таким образом, протокол IGMP представляет интерес при предоставлении услуг трансляции в рамках отдельных сетей, где провайдер может предоставить техническую возможность применения данного протокола. Технологические же различия сетей между собой повышают интеграционные издержки для решения проблемы обеспечения необходимой пропускной способности сети вещания.

В качестве решения обозначенной выше проблемы может выступать использование P2P (peer-to-peer, P2P – соединение точка-точка) трансляции видео через сеть Интернет с использованием протокола BitTorrent. Таким образом, нагрузка на каналы связи перераспределяется между участниками трансляции (организаторами и конечными клиентами). Для этого необходимо программное обеспечение для пользователей, сочетающее в себе функции клиента torrent-сети и транслирующего потоковый видеосигнал сервера, клиентом которого может выступать как сам клиент, так и другие клиенты в его локальной сети. Транслирующий сервер формирует фрагменты, которые в дальнейшем распространяются

среди участников трансляции с помощью координирующего трекера (торрент-сервера) и получающих от него информацию торрент-клиентах. После этого клиентское программное обеспечение выступает в роли транслирующего сервера, собирая поток из полученных данных. Существенную поддержку в снижении нагрузки на каналы организации, осуществляющей трансляцию, оказывают те пользователи, которые могут принимать входящие соединения, т.е. обладают внешним IP адресом. В таком случае с этими клиентами могут устанавливать соединение другие клиенты трансляции, даже находящиеся за NAT.

Связь с автором: andrey.muratov@gmail.com

М.О. Нурмаганбетова

ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Казахский Национальный медицинский университет
им.С.Д. Асфендиярова
г. Алматы, Казахстан

В настоящее время спектр прикладных задач с использованием теории нечетких множеств значителен, например, при освоении новых месторождений нефти, строительстве комплексов по транспортировке их, хранению и переработке. Методы теории нечетких множеств применяются для решения ряда задач прикладного характера и в медицине, в частности, для диагностирования заболеваний, основывающейся на слабо формализуемых базы данных.

С момента зарождения теории нечетких множеств прошли десятилетия. Первый период характеризуется развитием в основном теоретического аппарата, разработке которого посвящены работы Л.Заде, Э.Мамдани, Р.Беллмана и др. В следующий период появляются первые практические результаты в области управления сложными техническими устройствами. Исследователи уделяют внимание построению экспертных систем, основывающихся на нечеткой логике, разработке нечетких контроллеров. Нечеткие экспертные системы для поддержки принятия решений находят применение в медицине, экономике и в других областях. В настоящее время нечеткие экспертные системы появляются в таких областях как транспорт, в сфере финансов и т.д. Создаются пакеты программ для построения экспертных систем. Теория нечетких множеств и нечеткая логика получают дальнейшее развитие.

Современные экспертные системы оценок опираются на сложном математическом аппарате, в основе которой лежат методы математической статистики и теории вероятности. В слабо формализуемых задачах, как правило, традиционные статистические методы не находят широкого

применения. Для слабо формализуемых медицинских баз данных лучше всего подходят методы теория нечетких множеств.

При исследовании в области диагностирования заболеваний необходимо в первую очередь решить проблему с предоставлением медицинских данных, поскольку отличительной чертой данной области медицинского исследования является сложность интерпретации базы данных (клинико-анамнестические, клинико-лабораторные, микроскопические исследования и т.д.) [1]. При этом методы теории нечетких множеств лучше всего подходят для таких систем.

При диагностирования заболеваний [2] оперировали понятиями лингвистические переменные. Значениями лингвистической переменной могут быть нечеткие переменные, т.е. лингвистическая переменная находится на более высоком уровне, чем нечеткая переменная. Каждая лингвистическая переменная состоит из названия, множества терм T (элементы базового терм-множества представляют собой названия нечетких переменных), универсального множества X, правил по которому генерируются новые термы (с использованием формального языка), правил, по которому каждому значению лингвистической переменной ставит в соответствие нечеткое подмножество множества X.

При диагностировании заболеваний необходима оценка медицинских данных. Медицинские показатели, используемые для этих целей, представляют собой как количественные аналоговые (температура, частота сердечного сокращения и т.д), так и бинарные (присутствует палочки Коха/ отсутствуют) и неопределенные (сильные боли в области сердца, значительная потеря веса и т.д.). Для достоверности постановки диагноза необходимо охватить все имеющиеся виды диагностических признаков [2]. При этом возникает необходимость в разработке новых подходов и создание новых математических методов диагностирования. С этой целью изучены возможности математического аппарата теории вероятности, математической статистики, теории нечетких множеств и т.д. Поскольку клинико-анамнестические, клинико-лабораторные и прочие данные чаще всего не четко выраженные, то наиболее приемлемо использвание математического аппарата теории нечетких множеств .

Для экспертных оценок качественных диагностических показателей для диагноза различных заболеваний на оснований медицинских таблиц используем метод [Мамдани (Mamdani controller)]. Математическая обработка оценок лингвистических переменных методами теории вероятности и математической статистики число экспертов должно быть достаточным, к тому же ответы экспертов должны быть однозначными. Методы теории нечетких множеств позволяют избежать перечисленные трудности

Рассмотрим некоторое нечеткое понятие F. Например, «Нормальная ЧСС» (частота сердечного сокращения для взрослого). Нормальная частота сердечного сокращения зависит от возраста, от физического развития, от пола пациента и от других факторов. Рассматривается не конкретное значение ЧСС , а множество A1 [0,30], A2 [30,55], … Ai [100, 160] … An [220,350]. Пусть mi – отношение числа экспертов, которые оценили, что множество Ai в наибольшей степени принадлежит понятию F (нор-

мальная ЧСС) к общему числу экспертов. Группе экспертов в количестве четырех человек. Получены следующие результаты: более 60% (ЧСС) принадлежит к F -1, от 65 до 75% -2, от 50 до 70 -1, тогда найдем значения: m1 =0.25, m2 =0.5, m3 =0.25.

Отсюда функции принадлежности имеют вид:

$$\mu_F(u) = \begin{cases} 0, & u \in [0,30]; \\ m_1 = 0.25, & u \in [50,60] \\ m_1 + m_3 = 0.5, & u \in [60,65]; \\ m_1 + m_2 + m_3 = 1, & u \in [65,75]; \\ m_1 + m_2 = 0.75, & u \in [75,80]; \\ m_1 = 0.25, & u \in [80,90] \end{cases}$$

Понятию «нормальная частота сердечных сокращений» соответствует в большей степени значениям 65-75, имеющие наибольшую степень принадлежности. Для получения еще более «четкого» значения ЧСС, соответствующее данному понятию, вычислим «центр тяжести» функции принадлежности в виде:

$$R_F = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mu_i(u) u_i}{\sum_{i=1}^{n} \mu_i(u)}$$

Получим: $R_F = 70.68$

Полученная информация позволяет оценить медицинские показатели и может быть использована при постановке диагноза.

Автором [3] использован математический метод построения функции принадлежности на основе парных сравнений для определения степени близости лингвистических переменных (характерно, возможно, редко и т.д.), встречающихся в диагностических таблицах, используемые для дифференциальной диагностики.

Использование лингвистических переменных при математическом моделировании диагностического процесса, их экспертная оценка, анализ неточности и неопределенности, в том числе субъективной неопределенности, становится важной целью, обуславливающий прогресс не только данной области исследования в медицине (диагностирование и прогнозирование), но и всего здравоохранения в целом.

Литература

1. Нурмаганбетова М.О., Жумагулов Б.Т., Нурмагамбетов Д.Е. Иформационно-математические технологий в медицине//International journal on immunorehabilitation (Международный журнал по иммунореабилитации).-Тель-Авив, Израиль, т.11 №1, 2009, С.76-77.

2. Нурмаганбетова М.О. Информационно-математическое моделирование диагностики и прогноза заболеваний в медицине. -Алматы, 2007-103 с.
3. Нурмаганбетова М.О. Информационные системы в медицине //Актуальные вопросы современной техники и технологии.-Липецк, РФ, т.1, 2010, С.71-74

Связь с автором: mug2009@mail.ru

А.И. Попов, А.В. Родионов

ОБРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Поморский государственный университет имени М.В. Ломоносова
г. Архангельск, Россия
Закрытое акционерное общество «Инженерный центр «Энергосервис»
г. Архангельск, Россия

Работа посвящена вопросам построения информационных систем (ИС), автоматизирующих процессы регистрации сигналов, их хранения, поиска, выполнения процедур цифровой обработки сигналов (ЦОС), отображения результатов анализа сигналов в виде чисел и графиков, экспорта данных. Такие системы востребованы различных областях науки и техники, в частности, в медицинской диагностике [4, 11]. Зная о споре метрологов и разработчиков ИС [1, 3] о том, следует или нет рассматривать эти ИС как средства измерений (СИ), введем понятие системы измерений и анализа сигналов (СИАС). СИАС определим как ИС, содержащую среди прочих компонентов измерительную часть (подсистему измерений) и способную применять к сохраняемым цифровым сигналам вычислительные процедуры анализа. Последнее с точки зрения метрологии относится к косвенным измерениям, а СИАС является измерительной информационной системой [1, 5]. Говоря о СИАС, мы делаем акцент на выполнении системой большого числа неизмерительных операций.

Распространен подход, при котором программное обеспечение (ПО) небольших СИАС разрабатывается «с нуля». Часто усилия единственного разработчика направлены на реализацию требуемой функциональности, а не на удобство для конечного пользователя или совместимость с другими системами.

При другом широко распространенном подходе ПО СИАС строится из отдельных программ; некоторые из них пишутся специально для интеграции остальных, часто зарытых и дорогостоящих, таких как MATLAB. В этом случае теряется ощущение целостности продукта, возникают некоторые трудности, например, при обработке сигналов в режиме реального

времени с графическим отображением результатов обработки. Такой продукт является дорогим, что часто не оправдано.

Со стороны специалистов в области проектирования ИС возрастает интерес к возможности построения системы из готовых типовых блоков (типовых проектных решений), имеющихся на рынке. Соответствующий подход имеет название типового проектирования ИС [2] и позволяет соблюдать принципы многократного использования компонентов ИС, унификации типовых операционных процессов, ликвидации дублирования функциональности в ПО.

Коллекция строительных блоков для СИАС может быть получена на основе свободного ПО. В мире активно разрабатываются открытые инструменты ЦОС, среди которых можно выделить: функциональный язык программирования процедур ЦОС Faust [7]; инструмент для редактирования блочных диаграмм и симуляции Scicos, входящий в состав SciLab [8]; редактор звуковых файлов Audacity [6]; библиотеки процедур ЦОС [10, 14] и др.

Цель, преследуемая авторами, заключается в объединении мировых открытых разработок в сфере ЦОС и создании инструмента, позволяющего в короткие сроки конструировать СИАС из типовых блоков. Речь идет не просто о замене проприетарных компонентов системы на свободные аналоги (например MATLAB на SciLab), а о разработке технологии построения ИС определенного класса, подразумевающей, как минимум, построение модели системы, разработку программных и аппаратно-программных интерфейсов, разработку формата хранения данных, построение инструментов документирования СИАС.

Состав и взаимосвязи типовых блоков СИАС позволяет определить технология структурного анализа и проектирования SADT [2]. Авторами построена масштабируемая SADT-модель типовой СИАС, выделены подсистемы, информационные и управляющие связи между ними. На рис. 1 представлен фрагмент этой модели.

Одна из важных задач, требующих решения, – унификация аппаратно-программного интерфейса для взаимодействия с измерительной аппаратурой. К этому стремятся разработчики как ПО, так и аппаратуры. Например, российское предприятие L-Card [9] предлагает единую библиотеку подпрограмм для организации взаимодействия с выпускаемыми им модулями аналого-цифрового преобразования (АЦП). На базе библиотеки Qt [12] и механизма создания подключаемых модулей авторами разработан интерфейсный класс, обеспечивающий замену модулей АЦП без перекомпиляции программ СИАС.

Не менее важная задача - организация хранения данных динамических измерений. Требуется обеспечить хранение, как минимум, следующих данных: собственно цифровой сигнал, метаданные (данные о масштабах и конфигурации формата), прочие сопутствующие данные. Важно учитывать возможность изменения параметров оцифровки в рамках одного сеанса измерений. Важной является совместимость формата хранения со стандартными форматами, применяемыми в конкретных предметных областях, например, форматами описания геофизических данных

SEG-Y [15] и PSN [13]. Основной объем в СИАС составляют бинарные данные, поэтому построение классической базы данных кажется неоправданным. Мета- и сопутствующие данные предлагается хранить в XML-файлах, содержащих ссылки на бинарные файлы. Такая схема применяется в открытом звуковом редакторе Audacity [6].

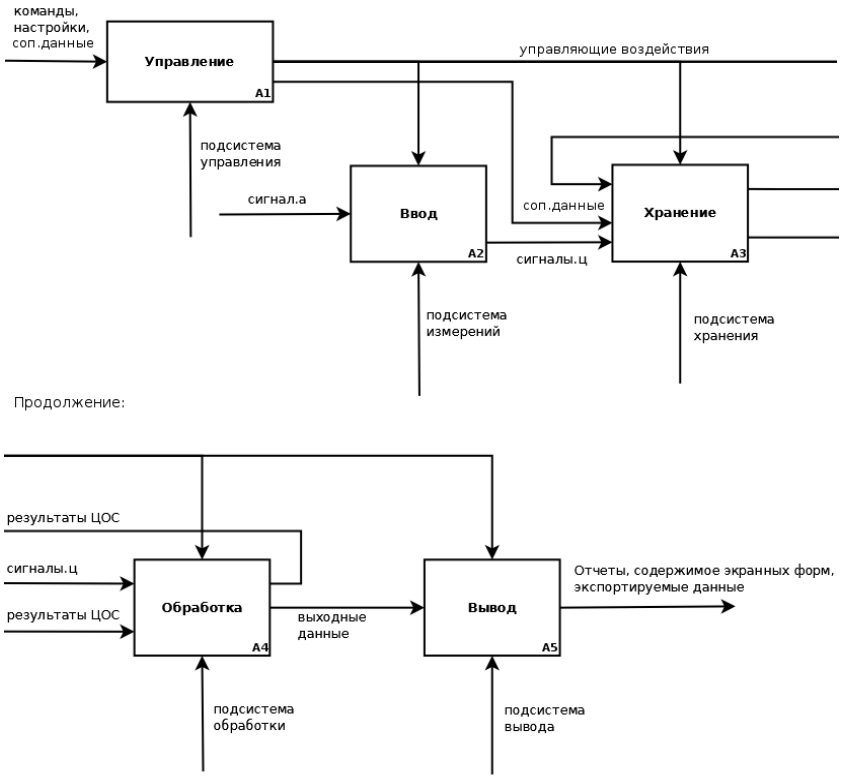


Рис. 1. Подсистемы СИАС (сокращения: сигнал.а – аналоговый сигнал, сигнал.ц – цифровой сигнал, соп.данные – сопутствующие данные)

Работа в рамках проекта по созданию открытой технологии типового проектирования СИАС началась в 2009 году на кафедре информационных технологий Поморского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ПГУ) и проводится в рамках научного семинара математического факультета ПГУ «Прикладные информационные технологии». Проведен тщательный анализ национальных стандартов в области измерений и обзор свободных инструментов ЦОС; разработана структурная модель типовой СИАС; выработаны принципы организации взаимодействия

ПО с измерительной аппаратурой, а также хранения сигналов и результатов их обработки.

Литература

1. ГОСТ Р 8.596-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
2. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем. М.: ИТУИТ.РУ, 2008. 304 с.
3. Гуртовцев А. Территория конфликта: метрологические требования к АСКУЭЭ. "Информационные технологиии и измерение. Приложение к журналу". № 68. 2009. С.94 — 96.
4. Свиньин С.Ф., Хаймина Л.Э., Латухина Е.А., Попов А.И. Медицинская информационно-измерительная система функциональной диагностики в гастрологии. "Известия вузов - Приборостроение". 2009. №12. С.11 — 16.
5. Эрастов В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: ФОРУМ. 2008. 208 с.
6. Audacity: свободный звуковой редактор. http://audacity.sourceforge.net/
7. Faust: signal processing language. http://sourceforge.net/projects/faudiostream/
8. Home - Scilab WebSite. http://www.scilab.org/
9. L-Card - оборудование для автоматизации измерений и сбора данных, АСУТП, АЦП, ЦАП. http://www.lcard.ru/.
10. LOGIS - Custom software development and outsourcing. http://www.logis-pro.com/index.php?lang=ru&cat_id=3&page_id=24.
11. Neurobotics.ru - Главная. http://neurobotics.ru/.
12. Qt - A cross-platform application and UI framework. http://qt.nokia.com.
13. Redwood city public seismic network. http://psn.quake.net/.
14. Signal processing using C++. Project itpp. http://sourceforge.net/apps/wordpress/itpp/.
15. The society of exploration geophysics. http://www.seg.org/.

Связь с авторами: aleneus@gmail.com, ravonereal@gmail.com

Д.А. Савочкин

ПРЕИМУЩЕСТВА AJAX ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЕБ-САЙТОВ

Севастопольский национальный технический университет
г. Севастополь, Украина

Сейчас для создания быстрых и высокоинтерактивных веб-сайтов часто используются технологии Asynchronous Javascript and XML (AJAX)

[1]. По своей сути AJAX — это средство, позволяющее путем объединения технологий работающих на базе сервера и на базе веб-браузера пользователя достичь высоких показателей скорости работы сайтов (что особенно важно) и малого объема трафика, загружаемого пользователем. Благодаря AJAX при запросе пользователя обновляться будет не вся страница, а лишь та часть, которая необходима.

В основном AJAX базируется на сценариях языка программирования JavaScript, выполняющихся на стороне браузера, которые с помощью объекта XMLHttpRequest контактирует с информацией, хранящейся на стороне веб-сервера. Также часто используются программный интерфейс DOM и расширенный язык разметки XML.

Однако, несмотря на значительные достоинства AJAX существует несколько недостатков: проблемы в работе с поисковыми роботами; невозможность использования стандартных средств навигации браузера; отсутствие интеграции во все браузеры (особенно в старые их версии); неодинаковая поддержка технологий на разных браузерах.

AJAX был применен для изменения одного из разделов сайта кафедры радиотехники и телекоммуникаций СевНТУ. После применения была достигнута большая гибкость в работе с разделом: добавлена динамическая постраничная навигация при работе с базой выпускников, содержащейся в базе данных (БД). Это обеспечивает загрузку только необходимой информации из БД, которая затем выводится в таблицу данных. Информация, относящаяся к вспомогательным разделам сайта, не перегружается.

Вариант раздела сайта без применения AJAX находится по адресу http://rt.sebastopol.ua/base.php?do=view_all, а вариант с AJAX находится здесь http://rt.sebastopol.ua/base_example.php?do=view_all.

Из результатов можно отметить, что при однократной загрузке объем информации страницы с AJAX увеличился примерно на 10 кБ в сравнении со страницей без AJAX. Однако при дальнейшем просмотре информации в AJAX разделе начинает появляться ощутимая экономия трафика. При просмотре двух страниц информации в разделе без AJAX загружается примерно 140 кБ, а в разделе с AJAX 90 кБ (экономия по времени и трафику в 1,5 раза). При просмотре десяти страниц в разделе без AJAX загружается примерно 700 кБ, а в разделе с ним 120 кБ (экономия почти в шесть раз).

Видно, что при рациональном использовании AJAX становится выгодно передавать информацию, если требуется выдавать ее не единовременно (то есть если требуется перезагрузка страницы или переход по ссылке).

Тем не менее, с применением таких технологий следует учитывать, что при нерациональном использовании возможно не только отсутствие экономии трафика и времени загрузки, но и даже некоторое увеличение количества передаваемой информации (как было описано в приведенной

выше ситуации при единственной загрузке страницы, без перехода по ссылкам). Происходит ненужное искусственное усложнение проекта.

Литература

1. Ajax: A New Approach to Web Applications / Adaptive Path. — http://www.adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php. — 12.09.10

Связь с автором: sllord@mail.ru

М.В. Турченко, В.В. Андреев

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ УСТАНОВОК, РАБОТАЮЩИХ НА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт ядерной энергетики и технической физики
г. Н.Новгород, Россия

Сегодняшнее развитие промышленности, и в частности, энергетики, предполагает использование систем, основанных на естественной циркуляции рабочего тела в каналах. Данное обстоятельство позволяет говорить о способе повышения уровня безопасности установок, упрощении и удешевлении трассы циркуляции за счет отсутствия двигателя на участках трубопровода.

При проектировании трубопроводов различной конфигурации встает вопрос, связанный с определением потерь энергии рабочего тела в контуре циркуляции. Величина потерь, возникающих при движении жидкости или газа зависит от скорости течения среды, физико-математических свойств самих жидкостей и газов, от геометрии гидравлических сетей, от их состояния, которое определяется конструкционным материалом, способом изготовления и условиями эксплуатации, а также физическими процессами, протекающими при движении жидкостей через них. В качестве инструмента, позволяющего учитывать совместно все перечисленные выше параметры, используется число Рейнольдса. Численное значение данного коэффициента позволяет определить режим течения жидкости.

При рассмотрении диаграммы Никурадзе «гидравлическое сопротивление трассы – число Рейнольдса» можно выделить область, которой будет соответствовать ламинарное течение рабочего тела в канале. Данный тип течения является основным на начальном этапе развития принудительной циркуляции в каналах, а также при естественной циркуляции

жидкости (газа). Вид диаграммы Никурадзе, соответствующий ламинарному участку течения среды говорит о том, что незначительное изменения числа Рейнольдса приводит к существенным изменениям гидравлического сопротивления трассы. Таким образом, при проектировании установок, работающих на естественной циркуляции, необходимо уделить большое внимание проблеме, связанной с управлением течением жидкости (газа) в канале.

Одним из способов решения данной проблемы является создание «интеллектуальных» (обучаемых) программ, которые способны на базе уже имеющихся данных спрогнозировать коэффициент гидравлического сопротивления, определить область или условия, при которых его значение будет минимально. Повышение эффективности работы таких программ, в свою очередь, требует предварительной обработки экспериментальных результатов, с целью получения, так называемых, обобщенных зависимостей, учитывающих в максимальной степени все разнообразие действующих условий и факторов. В процессе обучения данные «обобщенные зависимости» способны выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять их обобщение. Это значит, что при их использовании можно получать недостающую информацию о неисследованном участке составного трубопровода, базируясь на ранее выполненных и отчасти сходных экспериментах.

Одним из способов получения такой обобщенной зависимости может быть объединение различных экспериментальных данных на базе нормирования зависимостей «гидравлическое сопротивление – число Рейнольдся» и представления их в трехмерных системах координат, одна из осей в которых представляет угол наклона левой ветви зависимости к оси чисел Рейнольдса. При спрямлении экспериментальной зависимости на участке, соответствующем ламинарному течению жидкости или газа (что происходит при переходе к логарифмической системе координат) можно определить угол наклона зависимости к оси чисел Рейнольдса. Величина данного угла учитывает всю совокупность действующих факторов и параметров, количественно описывающих исследуемую систему, и может рассматриваться как обобщенный критерий, в зависимости от которого могут быть рассортированы экспериментальные кривые, полученные в различных условиях. При таком (пространственном) представлении экспериментальных данных и формируется обобщенная зависимость, позволяющая совместно учитывать данные, полученные при различных условиях и уточнять положение отдельных участков рассматриваемой зависимости.

Использование подобного вида программ позволит своевременно принимать решения связанные с действием оператора по управлению потоком жидкости (газа) в каналах.

Связь с автором: vyach.andreev@mail.ru , max-turch@mail.ru

А.А. Чанкин

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЫ

Московский Государственный Институт Электроники и Математики
г. Москва, Россия

1. Введение

Практическим воплощением современных идей о приобретении, обработке и использовании знаний являются системы поддержки принятия решений (СППР) (англ. Decision Support System, DSS) — компьютерные автоматизированные системы, целью которых является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР возникли в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.

Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы. Это могут быть: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др. Некоторые из этих методов были разработаны в рамках искусственного интеллекта. Если в основе работы СППР лежат методы искусственного интеллекта, то говорят об интеллектуальной СППР, или ИСППР.

Современные системы поддержки принятия решения (СППР) представляют собой системы, максимально приспособленные к решению задач повседневной управленческой деятельности, являются инструментом, призванным оказать помощь лицам, принимающим решения (ЛПР). С помощью СППР может производиться выбор решений некоторых неструктурированных и слабоструктурированных задач, в том числе и многокритериальных.

В настоящее время нет общепринятого определения СППР[1,2,3,4], поскольку конструкция СППР существенно зависит от вида задач, для решения которых она разрабатывается, от доступных данных, информации и знаний, а также от пользователей системы. СППР — в большинстве случаев — это интерактивная автоматизированная система, которая помогает пользователю (ЛПР) использовать данные и модели для идентификации и решения задач и принятия решений.

Одной из областей применения СППР является задача прогнозирования курсов акций на фондовой бирже.

2. Система поддержки принятия решений

Для решения задачи прогнозирования рядов нами была разработана оболочка СППР с возможностью использования в качестве торгового робота, функциональная схема которой представлена на рисунке 1. Система использует разработанные нами ранее алгоритмы обработки информации на основе интервальных нейронных сетей и генетических алгоритмов [5].

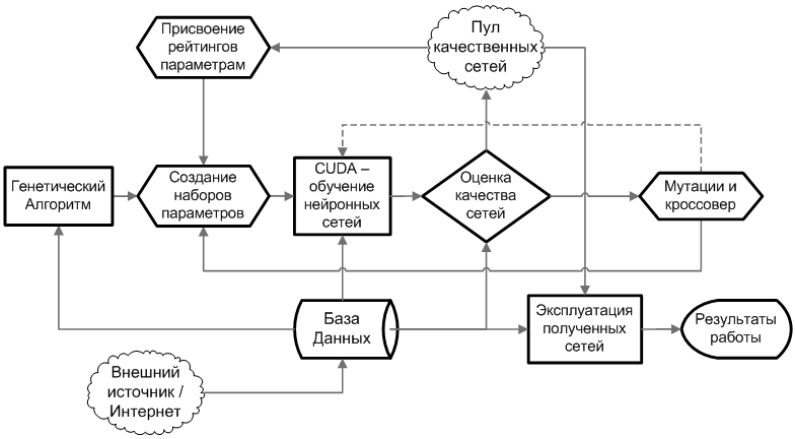


Рис. 1. Функциональная схема разрабатываемой системы

Из внешнего источника данных постоянно считываются исторические данные котировок и помещаются в Базу данных. База служит универсальным накопителем, из которого затем выбираются требуемые множества значений для формирования наборов параметров, для обучения и эксплуатации нейронных сетей, построенных на уже сформированных наборах.

Мы рассматриваем модуль ГА в качестве инструмента, отбирающего наиболее значимые для решения задачи прогнозирования наборы параметров. Тогда НС-модуль представляется в виде черного ящика, на входе которого данные – наборы внешних параметров, а на выходе – прогнозируемые значения. Очевидно, что НС будет вызываться многократно, для данных, поставляемых для каждого из выбранных генетическим алгоритмом наборов. Таким образом, наиболее требовательным к производительности элементом станет нейросетевая компонента, подробное описание которой изложено далее.

Для обеспечения эффективности работы нейросетевого модуля было решено привлечь (в части обучения и развития уже обученных эффективных сетей) технологию CUDA, как наиболее доступную и перспективную.

CUDA (англ. Compute Unified Device Architecture) — технология GPGPU (General-purpose graphics processing units — «GPU общего назна-

чения») — техника использования графического процессора видеокарты для общих вычислений, позволяющая программистам реализовывать на языке программирования Си алгоритмы, выполнимые на графических процессорах ускорителей GeForce восьмого поколения и старше (GeForce 8 Series, GeForce 9 Series, GeForce 200 Series и др.), Quadro и Tesla компании Nvidia. Технология CUDA разработана компанией Nvidia.

CUDA даёт разработчику возможность по своему усмотрению организовывать доступ к набору инструкций графического ускорителя и управлять его памятью, организовывать на нём сложные параллельные вычисления. Графический ускоритель с поддержкой CUDA становится мощной программируемой открытой архитектурой подобно сегодняшним центральным процессорам. Всё это предоставляет в распоряжение разработчика низкоуровневый, распределяемый и высокоскоростной доступ к оборудованию, делая CUDA необходимой основой при построении серьёзных высокоуровневых инструментов, таких как компиляторы, отладчики, математические библиотеки, программные платформы.

По сравнению с традиционным подходом к организации вычислений общего назначения посредством возможностей графических API, у архитектуры CUDA отмечают следующие преимущества:

- Интерфейс программирования приложений CUDA (CUDA API) основан на стандартном языке программирования Си с небольшими расширениями. По мнению разработчиков, это должно упростить и сгладить процесс изучения архитектуры CUDA [6];
- Более эффективные транзакции между памятью центрального процессора и видеопамятью;
- На данный момент, одна из наиболее перспективных технологий, ориентирующаяся (и уже находящаяся в широком доступе) на массовый потребительский рынок, что открывает новые пути как для энтузиастов-любителей, так и для научных центров с серьезными исследовательскими задачами.

Наш подход к объединению генетических алгоритмов (ГА) и нейронных сетей (НС) позволяет раскрыть всю мощь эволюционных вычислений (evolutionary computing) даже на обычном домашнем компьютере. Необходимыми условиями являются лишь наличие видеокарты фирмы NVidia семейства не ниже GeForce 8.

Дело в том, что подавляющее число эволюционных методов хорошо поддаются распараллеливанию, и НС – не исключение. При использовании нескольких вычислительных ядер, производительность сети увеличивается практически пропорционально их числу.

Используемая нами модель работы НС в качестве вычислительных ядер использует потоковые мультипроцессоры(streaming multiprocessors) GPU, способные производить параллельные гетерогенные вычисления. Разработанная нами библиотека инкапсулирует работу с GPU и может быть легко встроена в любые программные системы. Её интерфейс позволяет эффективно выполнять обучение нескольких нейронных сетей одновременно. Эта возможность может быть использована в модуле ГА.

До появления возможности производить неграфические вычисления на графических процессорах связка ГА с НС работала медленно, так как наиболее требовательной к ресурсам является нейросетевая компонента, а генетический алгоритм большую часть рабочего времени ожидал результатов обучения сети. Таким образом, проблема производительности решена с помощью использования CUDA-совместимого графического процессора для работы модуля НС.

Как показывает практика [7, 8] использования новой платформы, реализация обучения НС силами графического процессора позволяет повысить скорость данного процесса во много раз по сравнению с ЦП, учитывая все задержки ввода/вывода.

3. Интервальная нейронная сеть

После изучения текущих наработок в области создания торговых биржевых роботов мы пришли к решению использовать в своей системе интервальные нейронные сети как наиболее гибкие и перспективные. Поясним свой выбор.

Ситуация, в которой некоторые данные не известны или не точны, встречается достаточно часто. Например, при анализе возможностей той или иной фирмы, можно учитывать ее официально декларируемый капитал, скажем в 100 миллионов, но экспертные оценки показывают, что в действительности его величина обычно является несколько большей и меняется в интервале от 100 до 300 млн. Удобно ввести в данном случае специальные нейроны, состояния которых кодируют не бинарные или непрерывные значения, а интервалы значений. В случае если нижняя и верхняя граница интервала совпадают, то состояния таких нейронов становятся аналогичны состояниям обычных нейронов.

Интервальные нейронные сети имеют ряд преимуществ:

1. Возможность обучать нейронную сеть (и затем решать задачи), когда одно или несколько значений независимых признаков (входных сигналов нейронной сети) известно неточно, причем состояние точности-неточности признаков может изменяться от одного примера к другому. Но отметим, что стандартные средства СУБД и электронных таблиц не позволяют представлять и обрабатывать интервальные значения.

2. Возможность решать обратные и смешанные задачи, когда и на выходе нейронной сети требуется получить интервал значений.

3. Возможность уточнять-сокращать первоначальные интервальные значения с помощью автоассоциативной нейронной сети [9], используя при её обучении дополнительное требование сужения интервалов выходных сигналов.

4. Возможность оценивать значимость входных сигналов, чувствительность к колебаниям значений на входах, к погрешностям внутри нейронной сети. Сейчас для этого обычно используют анализ первых-вторых производных тейлоровского разложения.

Следовательно, эффективность нейросетевых методов обработки данных можно повысить, если позволить нейронной сети воспринимать и

обрабатывать интервальные типы данных. Преимущество интервального подхода уже подтверждено в ряде экспериментов [10], [11], [12].

Интервальной нейронной сетью называется нейронная сеть, в которой на входы нейрона подается не значение x, а интервал $X = [x_L, x_H]$, в котором это значение может находиться. На выходе нейронов такого типа мы получаем интервальные значения вычисляемой по формуле

$$Y = f_a\left(\sum_{i=1}^{N} W_i X - \theta\right)$$

где Y - выход нейрона сети, W_i - вес i-го входа, fa - функция активации, N - число входов нейрона, а θ - вес смещения [9]. Схема интервального нейрона представлена на рисунке 2.

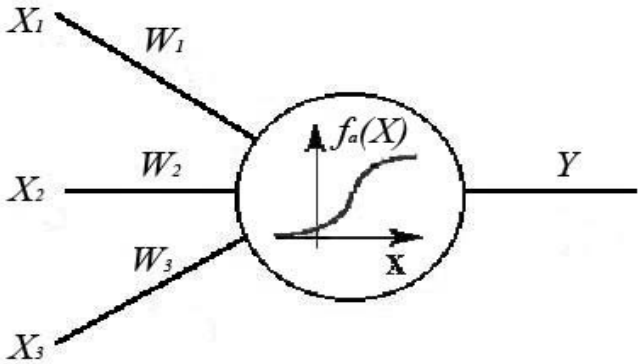


Рис. 2. Интервальная нейронная сеть

Веса входов Wi и смещения θ так же являются интервалами, а значение Y вычисляет по правилам интервальной арифметики:

$$A + B = [a_L, a_H] + [b_L, b_H] = [a_L + b_L, a_H + b_H]$$

$$m \cdot A = m \cdot [a_L, a_H] = \begin{cases} [m \cdot a_L, m \cdot a_H], & \text{если } m \geq 0 \\ [m \cdot a_H, m \cdot a_L], & \text{если } m \leq 0 \end{cases}$$

$$A \cdot B = [a_L, a_H] \cdot [b_L, b_H] =$$
$$= \left[\min\{a_L b_L, a_H b_L, a_L b_H, a_H b_H\}, \max\{a_L b_L, a_H b_L, a_L b_H, a_H b_H\}\right]$$

где A,B – интервалы, а m – действительное число.

Для обучения многослойного персептрона на интервальных нейронах нами разработан модифицированный алгоритм обратного распространения ошибки.

Пусть входы нейронной сети задаются $I_{P,i} = \left[I^L_{P,i}, I^H_{P,i} \right]$, а выходы скрытого слоя $H_{P,j} = f\left(Net_{P,j}\right)$, где f – функция активации, а $Net_{P,j} = \sum_{i=1}^{Ninp} w_{j,i} \cdot I_{P,i} + \theta_j$. Пусть целевой вектор так же будет вектором интервалов $T_{P,k} = \left[t^L_{P,k}, t^H_{P,k} \right]$.

Функция среднего квадратичного ошибки определяется как обобщение функции ошибки алгоритма обратного распространения ошибки:

$$E_P = \tfrac{1}{4} \cdot \sum_{k=1}^{Nout} \left\{ \left(t^L_{P,k} - O^L_{P,k} \right)^2 + \left(t^H_{P,k} - O^H_{P,k} \right)^2 \right\}.$$

Изменение весов происходит по правилу

$$\Delta w_{j,i}(t+1) = \eta \cdot \left(-\frac{\partial E_P}{\partial w_{j,i}} \right) + \beta \cdot \Delta w_{j,i}(t)$$

где h - размер шага обучения, β- коэффициент импульса. Частные производные вычисляются как и в алгоритме обратного распространения ошибки. Значение для весов между скрытым слоем и выходным следующее:

$$\frac{\partial E_P}{\partial w_{j,i}} = \left[\begin{array}{l} \delta^L_{P,k} H^L_{P,i} + \delta^H_{P,k} H^H_{P,i}, \text{ если } w_{k,i} \ge 0 \\ \delta^L_{P,k} H^H_{P,i} + \delta^H_{P,k} H^L_{P,i}, \text{ если } w_{k,i} < 0 \end{array} \right.,$$

где

$$\begin{array}{l} \delta^L_{P,k} = -\tfrac{1}{2}\left(t^L_{P,k} - O^L_{P,k} \right) O^L_{P,k} \left(1 - O^L_{P,k} \right) \\ \delta^H_{P,k} = -\tfrac{1}{2}\left(t^H_{P,k} - O^H_{P,k} \right) O^H_{P,k} \left(1 - O^H_{P,k} \right) \end{array}.$$

Для весов между скрытым и входным слоем

$$\frac{\partial E_P}{\partial w_{j,i}} = \left[\begin{array}{l} \delta h^L_{P,j} I^L_{P,i} + \delta h^H_{P,j} I^H_{P,i}, \text{ если } w_{j,i} \ge 0 \\ \delta h^L_{P,j} I^H_{P,i} + \delta h^H_{P,j} I^L_{P,i}, \text{ если } w_{j,i} < 0 \end{array} \right.,$$

где

$$\delta h^{L}_{P,j} = \left(\sum_{k, w_{k,i} \geq 0} \delta^{L}_{P,k} \cdot w_{k,j} + \sum_{k, w_{k,j} < 0} \delta^{H}_{P,k} \cdot w_{k,j} \right) \cdot H^{L}_{P,j} \cdot \left(1 - H^{L}_{P,j}\right)$$

$$\delta h^{H}_{P,j} = \left(\sum_{k, w_{k,i} \geq 0} \delta^{H}_{P,k} \cdot w_{k,j} + \sum_{k, w_{k,j} < 0} \delta^{L}_{P,k} \cdot w_{k,j} \right) \cdot H^{H}_{P,j} \cdot \left(1 - H^{H}_{P,j}\right)$$

Представленный алгоритм является продолжением первой методики обучения интервальной нейронной сети и обладает большей эффективностью [5].

5. Заключение

Таким образом, нами расширена область применения традиционного алгоритма обратного распространения ошибки. В настоящее время ведется апробация и тестирование алгоритма, а также продолжается разработка полной рабочей версии системы, в основу которой положен разработанный модуль НС. Система первоначально будет использоваться для решения задачи прогнозирования временных рядов. В качестве предметной области нами выбрана Российская фондовая баржа. Система должна осуществлять прогнозирование изменений цены акции на следующем временной интервале на основании цены этой ценной бумаги, а так же ряда других биржевых и внебиржевых показателей, на нескольких предыдущих интервалах.

Построенная нами оболочка СППР предоставляет широкие возможности для развития системы в будущем. Например, возможно подключение модуля ГА для формирования субоптимальной топологии сетей, подключение модуля автоматической сборки и обработки дополнительной информации о предметной области с целью повышения эффективности работы системы в целом.

Литература

1. Inmon W.H., Hackthorn R. Using the Data Warehouse. - NY: John Wiley & Sons, 1994.
2. Fayyad U., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P., Uthurusamy R. Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. - AAAI/MIT Press: 1996.
3. Power D. J. Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, 2000.
4. Haettenschwiler P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungs-unterstutzung. Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Zurich: Hochschulverlag AG, 1999. — S. 189—208.
5. Боголюбов Д. П., Чанкин А. А., Мизикин А. А. Разработка экспертных систем на основе методов эволюционных вычислений // Промышленные АСУ и контроллеры, 2009, №11, стр. 28-32. - М.: Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ».

6. Официальное руководство по программированию на CUDA, вер. 1.1 // CUDA Programming Guide. Chapter 1. Introduction to CUDA → 1.2 CUDA: A New Architecture for Computing on the GPU // http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/1_1/NVIDIA_CUDA_Programming_Guide_1.1.pdf
7. Bill Conan, Kavin Guy. A Neural Network on GPU. // CodeProject.com http://www.codeproject.com/KB/graphics/GPUNN.aspx
8. Tom R. Halfhill. PARALLEL PROCESSING WITH CUDA. Nvidia's High-Performance Computing Platform Uses Massive Multithreading. // http://www.nvidia.ru/docs/IO/55972/220401_Reprint.pdf
9. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. - М.: Вильямс, 2001. - 288 с.
10. Ishibuchi H., Miyazaki A., Kwon K., Tanaka H. Learning from incomplete training data with missing values and medical application // Proc. Int. Joint Conf. in Neural Networks, Nagoya, Japan. 1993. Vol.2. - pp. 1871-1874.
11. Kim H.J., Ryu T.-W. Time series prediction using an interval arithmetic FIR network // Neural Information Processing - Letters and Reviews, 2005. Vol.8, №3. - pp. 39-47.
12. Raquel E. Patiño-Escarcina, Benjamín René Callejas Bedregal, Aarão Lyra. Interval Computing in Neural Networks: One Layer Interval Neural Networks // CIT 2004: international conference on information technology No7, Hyderabad, INDE (10/12/2004) 2004, vol. 3356. - pp. 68-75.

Связь с автором: ardemix@gmail.com

СЕКЦИЯ 2

«Машиностроение и машиноведение, материаловедение»

А.А. Банников, А.И. Банников, Я.А. Сомова,
Д.В. Слепышкова, Н.А. Дятлов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТЕРМОФРИКЦИОННОМ РЕЗАНИЕ ДИСКОВОЙ ПИЛОЙ С ЗУБЯМИ

Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Россия

При термофрикционном резании пилой происходит процесс трения по задней поверхности зуба пилы с выделением тепла и образованием тонкого расплавленного слоя.

Тепловой поток, равномерно выделяющийся по площадке трения, найдется из зависимости [3]:

$$q_0 = \frac{N_{рез}}{B \cdot l_з \cdot z_к} \qquad (1)$$

где q_0 – тепловой поток, выделяющийся из зоны трения, Дж/м^2·с; $l_з$ – длина контактной площадки по задней грани пилы, м; $z_к$ – число зубьев в контакте; B – ширина пилы, м;$N_{рез}$ – мощность резания, Вт.

Длина контактной площадки по задней грани пилы $l_з$ = 3,5 мм; число зубьев в контакте для максимальной длины контакта 42 мм и расстояния между зубьями пилы 16 мм, равно $z_к$=2; ширина пилы B = 8 мм.

Следовательно, по формуле (1) интенсивность теплового потока по задней грани от трения при резании равна:

$$q_0 = \frac{160}{0,008 \cdot 0,0035 \cdot 2} \cdot 10^3 = 2857 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^2\cdot\text{с}$$

Тепловой поток, возникающий при трении зуба пилы по обрабатываемому материалу (рисунок 1), распределяется в трубу, с образованием расплавленного слоя, и в зуб пилы в соотношении $\frac{1-b}{b}$.

$$q_0 = \frac{q_з}{b} = \frac{q_{тр}}{1-b},$$

где $q_з$ – тепловой поток, уходящий в зуб фрезы, Дж/м^2·с; $q_{тр}$ – тепловой поток, уходящий в трубу, Дж/м^2·с; b – коэффициент баланса.

Для нахождения величины b рассмотрим контакт зуба пилы, движущейся со скоростью v, и плоской пластины. На пластину действует полосовой быстродвижущийся источник тепла, а на зуб действует мгновенный неподвижный источник тепла.

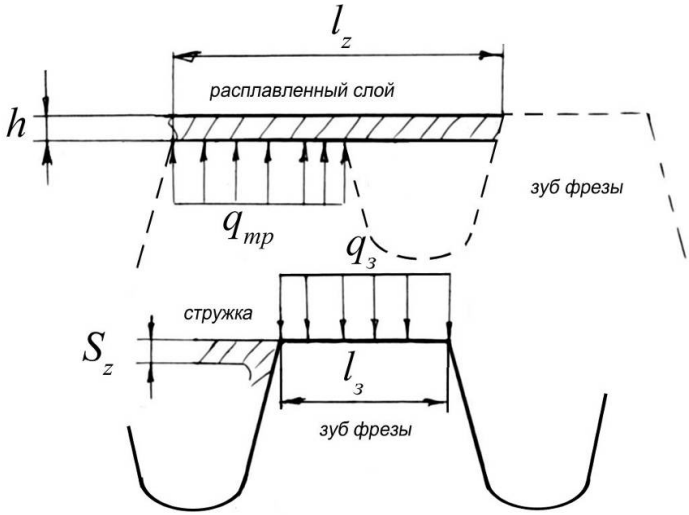


Рис. 1. Распределение тепловых потоков из зоны контакта в зуб пилы и трубу;

Коэффициент баланса найдем, приравнивая температуру тел на контактных поверхностях:

$$b = \frac{1}{1 + \frac{3\lambda_{тр}\sqrt{\omega_з \cdot v \cdot \tau_к}}{4\lambda_з\sqrt{l_з \cdot \omega_{тр}}}} \quad .(2)$$

где $\omega_{тр}$ – коэффициент температуропроводности материала трубы, м^2/с; v – скорость вращения пилы, м/с; $\lambda_{тр}$ – коэффициент теплопроводности материала трубы, Вт/м·град; $\omega_з$ – коэффициент температуропроводности материала пилы, м^2/с; $\lambda_з$ – коэффициент теплопроводности материала пилы, Вт/м·град; $\tau_к$ – продолжительность рабочего хода, с; $l_з$ – длина контактной площадки по задней грани пилы, м.

Расчет коэффициента баланса ведется для следующих условий: коэффициенты температуропроводности материала пилы (сталь 65Г) и трубы (сталь 20) $\omega_з$ = 0,0000100 м^2/с и $\omega_{тр}$ = 0,0000069 м^2/с, соответственно. Продолжительность рабочего хода $\tau_к$ = 0,0005 с. Скорость резания v = 102 м/с. Коэффициенты теплопроводности материала пилы и трубы $\lambda_{тр}$ = 20 Вт/м·град и $\lambda_{тр}$ = 29 Вт/м·град, соответственно. Для классической фрикционной пилы с зубьями величина площадки контакта по задней грани $l_з$ = 3,5 мм.

При расчете по формуле (2) получено следующее значение коэффициента баланса для фрикционной пилы с зубьями: b=0,294.

Весь тепловой поток, уходящий в трубу, расходуется на нагрев до температуры плавления и расплавление стружки и тонкого слоя металла трубы, а также на дополнительный нагрев трубы (рисунок 2).

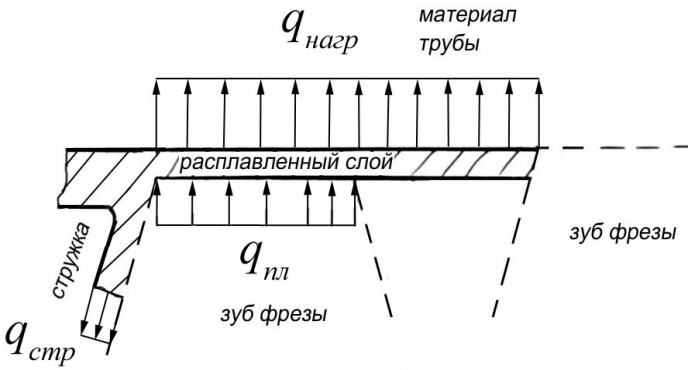


Рис. 2. Распределение тепловых потоков из зоны контакта в зуб пилы, расплавленный слой и трубу;

Тепловой поток, вызывающий нагрев материала трубы до температуры плавления:

$$q_{нагр} = \frac{\lambda_{тр} \cdot S_м}{6 \cdot 10^4 \cdot \omega_{тр}} \left(T_{пл} - T_{тр} \right), \qquad (3)$$

где $\omega_{тр}$ – коэффициент температуропроводности материала трубы, м^2/с; $\lambda_{тр}$ – коэффициент теплопроводности материала трубы, Вт/м·град; $T_{пл}$ – температура плавления материала трубы, °С; $T_{тр}$ – температура основного материала трубы, °С; S_z – подача на зуб пилы, мм/зуб.

Тепловой поток, требующийся на расплавление стружки:

$$q_{стр} = \frac{C \cdot S_z \cdot \rho}{10^3 \cdot \tau_z}, \qquad (4)$$

где С – удельная теплота плавления, Дж/кг; ρ – плотность материала трубы, кг/м^3; S_z=0,007 мм/зуб; ρ = 7800 кг/м^3; τ_z – время поворота пилы на один зуб, с:

$$\tau_z = \frac{l_z}{v},$$

где l_z – расстояние между зубьями пилы, м.

При расчете по формулам (3) и (4) получены следующие значения: $q_{нагр}$ = 36,2·10^6 Дж/м^2·с, $q_{стр}$ = 79,9·10^6 Дж/м^2·с.

Уравнение теплового баланса для количества тепла, уходящего из зоны трения в трубу, примет вид:

$$\left(1-b\right)\cdot q_0\cdot l_з=\left(q_{нагр}+q_{стр}+q_{пл}\right)\cdot l_z\ .$$

Из полученного выражения найдем тепловой поток, расходующийся на расплавление тонкого слоя металла:

$$q_{пл}=\left(1-b\right)\cdot q_0\cdot\frac{l_з}{l_z}-\left(q_{нагр}+q_{стр}\right)\ . \qquad (5)$$

При расчете по формуле (5) теплового потока для фрикционной пилы с зубьями получено значение $q_{пл}$ = 330,7·10^6 Дж/м^2·с.

Толщину расплавленного слоя найдем из выражения:

$$h_{пл}=\frac{q_{пл}\cdot\tau_z}{C\cdot\rho}\ . \qquad (6)$$

Для дисковой фрикционной пилы Ø950мм, расчет толщины расплавленного слоя проводился для условий: удельная теплота плавления C = 205000 Дж/кг, плотность материала трубы ρ = 7800 кг/м^3, время поворота пилы на один зуб τ_z = 0,0002 с. Толщина расплавленного слоя, определяемая по формуле (6), $h_{пл}$ = 0,032 мм, что значительно больше подачи на зуб пилы: S_z = 0,0077 мм.

Выводы: созданная математическая модель теплового баланса термофрикционной резки труб пилой с зубьями показывает, что в процессе резания происходит избыточное тепловыделение по контактной поверхности зубьев пилы, что приводит к разогреву до температуры плавления слоя металла, превышающего подачу.

Литература

1. Сизый Ю.А., Савченко Э.В., Шатерников А.С. Тепловой баланс процесса фрикционной разрезки. – Резание и инструмент. – 1985. – №34, с.129-134.
2. Сизый Ю. А., Савченко Э.В., Волкова Н.Н. Температурное поле в детали при фрикционной разрезке. – Резание и инструмент. – 1987, №38, с. 111-116.
3. Резников А. Н., Резников Л. А. Тепловые процессы в технологических системах: Учебник для машиностроительных специальностей вузов. — М.: Машиностроение, 1990, 287 с.

Связь с автором: voljyanka@yandex.ru

А.Е. Батраков, И. Лаубе

АНАЛИЗ КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ С ПЛЕНОЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Рижский технический университет
г. Рига, Латвия

Значение системы магистральных газопроводов трудно переоценить. Однако существует проблема обеспечения их сохранности, поскольку трубопроводы в подземном исполнении подвергаются почвенной коррозии достаточно длительное время. В настоящее время в числе первоочередных задач, стоящих перед газотранспортными предприятиями выступает решение проблемы предупреждения отказов и продления срока службы трубопроводов. Для решения такого рода задач операторам газотранспортных систем зачастую приходится применять различные виды диагностики. Наиболее распространенные виды диагностики для выявления коррозионных дефектов являются внутритрубная диагностика и диагностика путем проведения интенсивных измерений.

Коррозионные повреждения выявленные по результатам внутритрубной диагностики на газопроводах с плёночной изоляцией имеют явно выраженный анаэробно-биологический характер. Визуальным признаком анаэробных условий является наличие белых продуктов коррозии под изоляцией. (В анаэробной среде сульфатвосстанавливающие бактерии преобразуют серу в сероводород, причём эти оба элемента крайне коррозийны, а так же опасны для рабочего персонала [2]. В аэробных средах, развитие бактерии вида Thiobacillus ведет к образованию из серы серной кислоты, которая после, стимулирует разрушающее воздействие).

Проведённые в этих зонах, интенсивные измерения не выявили мест с недостаточным уровнем защитного потенциала (защитный потенциал в зоне измерений находился в пределах от Uon –1,70V до Uon – 2,07V Сами места со сквозными повреждениями изоляционного покрытия, при наличии необходимого уровня защитного потенциала (Uon min – 0,95V), коррозионно безопасны (см. рис.1).

Основная опасность заключена в часто сопутствующем отслоении изоляционного покрытия и образовании достаточно протяжённых каналов (гофр), обеспечивающих проникновение в подизоляционное пространство электролита грунта, что способствует развитию биокоррозии анаэробного характера [1]. Именно в таких случаях электрохимическая защита оказывается не способной блокировать коррозионные процессы. Нельзя исключить, что на этом трубопроводе имеются ещё более глубокие проявления биокоррозии в анаэробных зонах. Существует острая необходимость в мероприятиях по более детальному обследованию и дальнейшему ремонту, где это необходимо, изоляционного покрытия. На данный момент самый эффективный способ выявления мест повреждённых био коррозией это проведение внутритрубной диагностики. Из графика (см.

рис.2) видно, что внутритрубный дефектоскоп фиксирует коррозионные дефекты, в то время как интенсивные измерения показывают иное.

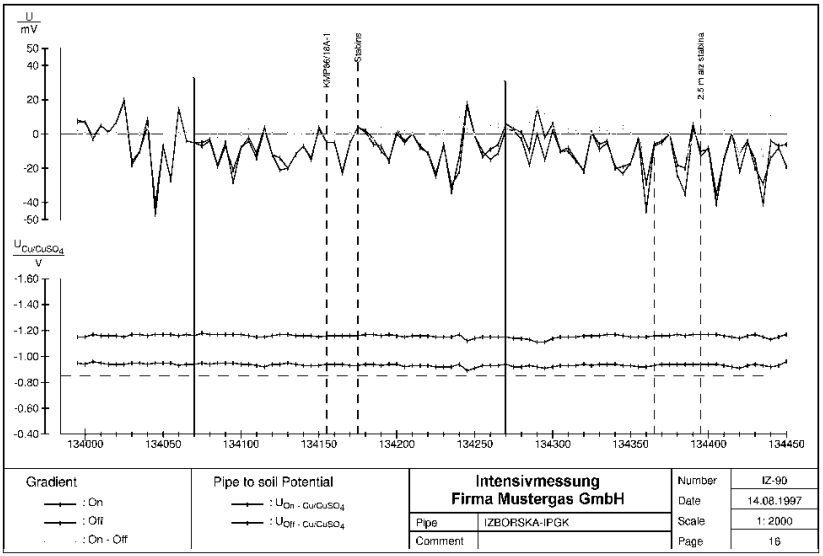


Рис.1. График результатов интенсивных измерений

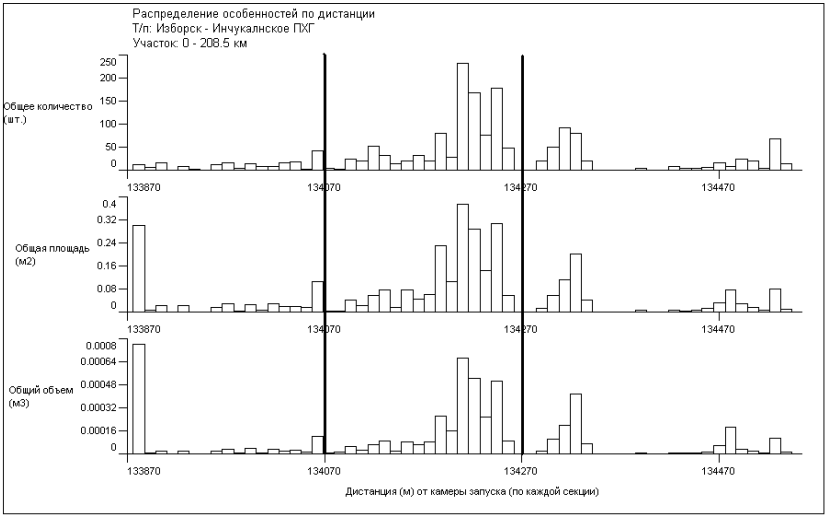


Рис.2. График распространения коррозионных дефектов (по результатам внутритрубной диагностики)

Исходя из этого можно сделать вывод, что системы эффективной антикоррозионной защиты трубопроводов, возможно лишь при обязательном учете роли биологического фактора в коррозионном процессе. На газопроводах с пленочным изоляционными покрытиями, для достижения достоверных результатов помимо интенсивных измерений необходимо проводить внутритрубную диагностику.

Литература

1. Андреюк Е. И., Билай В. И., Коваль Э. З. Микробная коррозия и ее возбудители.- Киев: Наук, думка, 1980. – С. 20 – 21
2. Гарбер Ю.И. Взаимодействие изоляционного полиэтиленового покрытия трассового нанесения с окружающим грунтом // Строительство трубопроводов. – 1992. – №9. – С. 28-30.

Связь с автором: batrakovs_aleksejs@inbox.lv

А.Е. Батраков, И. Лаубе

РАСЧЕТ КОРРОЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ НА МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ С УЧЕТОМ АНАЛИЗА ДАННЫХ ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Рижский технический университет
г. Рига, Латвия

Для магистральных газопроводов эксплуатируемых после истечения проектного срока эксплуатации актуальной задачей является оценка технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса. В связи со значительными затратами на полную замену эксплуатируемых газопроводов в настоящее время проводиться их эксплуатация по техническому состоянию. [3] Применение методов неразрушающей диагностики внутритрубными инспекционными снарядами позволяет с достаточно высокой степенью достоверности выявить и идентифицировать значительное количество дефектов, определить их геометрические параметры. Но встречаются также случаи, когда результаты внутритрубной диагностики не совпадают с результатами локальной диагностики. В таких случаях проводят дополнительный расчет на допускаемое давление участка газопровода имеющего определенный дефект. В данной работе рассмотрен один из таких случаев.

Как пример рассмотрен дефект коррозионного типа. По результатам внутритрубной диагностики были получены геометрические размеры дефекта, но проведя локальную обследование в шурфах было выявлено, что геометрические параметры не совпадают.

По результатам внутритрубной диагностики на поверхности основного металла трубы заявлено на 9:00 по часам коррозионное повреждение с геометрическими размерами вдоль трубы – 510 мм, поперек трубы – 170 мм и глубиной уноса металла до 3,2 мм. Толщина стенки трубы 7,5 мм.

По результатам выполненного визуально-оптического и измерительного контроля на поверхности основного металла трубы (шурф 1) на 9:00 по часам обнаружено коррозионное повреждение с геометрическими размерами вдоль трубы – 400 мм, поперек трубы – 180 мм и глубиной уноса металла до 2,8 мм

Коррозионное состояние основного металла трубы в зоне контроля вне дефекта - удовлетворительное. Состояние изоляции трубы удовлетворительное. Фактическая толщина стенки трубы 7,8 мм.

Других дефектов наружной поверхности трубы в зоне контроля не обнаружено.

Безопасное максимальное давление (расчет на прочность по критерию B31G) определяется по следующей формуле:

$$P_{1p} = P\left(1+\frac{10000}{145\cdot\sigma_{0,2}}\right)\left[\frac{1-A_{эф}/A_0}{1-\left(A_{эф}/A_0\right)M_1^{-1}}\right]. \qquad (1)$$

При этом P_{1p} должно быть меньше или равно P. Где: P_{1p} - безопасное максимальное давление для коррозионной зоны, МПа; P – проектное рабочее давление в газопроводе, либо заданное максимальное допустимое рабочее давление, МПа; $\sigma_{0,2}$ - минимальный предел текучести для материала трубы, МПа; $A_{эф}$ - эффективная площадь потери металла вследствие коррозии по стенке трубы в продольном направлении, полученная при итеративном расчете, мм^2; .A_0 - первоначальная площадь до потери металла вследствие коррозии в пределах эффективной площади, $L_{эф}$, мм^2; $L_{эф}$ - эффективный продольный размер коррозии, мм; t - заданная толщина стенки трубы, мм; D - номинальный наружный диаметр трубы, мм; M_1 - коэффициент Фолиаса /1/, который является функцией от $L_{эф}$, D и t.

Первоначальная площадь до потери металла вследствие коррозии в пределах эффективного продольного размера коррозионной зоны, определяется по выражению $A_0 = L_{эф}\cdot t$, мм^2.

Эффективная площадь коррозии $A_{эф}$ должна определяться через итеративный порядок расчета, который использует соответственные длины и глубины коррозионной язвы. Учитывая, что коррозионные повреждения удовлетворительно описываются половиной эллипсоида вращения, чаще всего эффективная площадь потери металла вследствие коррозии по стенке трубы в продольном направлении представляется в виде площади половины эллипса. На рисунке 1 показано фактическое коррозионное повреждение и аппроксимация его половиной эллипса [1].

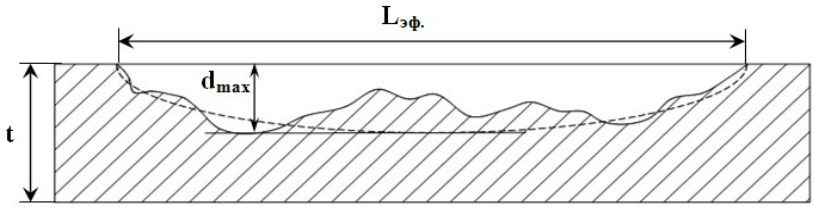


Рис. 1. Распределенный коррозионный дефект

Таблица 1

Результаты расчета дефекта на прочность

Расчет по нормам RSTRENG (Метод 1 - метод эффективной площади по результатам локального обследования дефекта		Данные по результатам внутритрубной диагностики	
Первоначальная площадь A_0, мм^2	3120.00	Первоначальная площадь A_0, мм^2	-
Эффективная площадь потери металла A_{eff}, мм^2	879.65	Эффективная площадь потери металла A_{eff}, мм^2	-
Коэффициент M_1:	4.5	Коэффициент M_1:	-
Допускаемое давление [p], МПА:	3.53	Допускаемое давление [p], МПА:	4.12
Разрушающее давление p_f, МПА:	6.67	Разрушающее давление p_f, МПА:	7.1
Коэффициент запаса прочности по разрушающему давлению: $n_f = p_f / p$	1.33	Коэффициент запаса прочности по разрушающему давлению: $n_f = p_f / p$	1.42
Оценочный коэффициент ремонта: ERF = p / [p]	1.41	Оценочный коэффициент ремонта: ERF = p / [p]	1.21

В этом случае эффективная площадь потери металла вследствие коррозии по стенке трубы в продольном направлении рассчитывается по формуле:

$$A_{эф} = \frac{\pi}{4} * L_{эф} * d_{max} . \qquad (2)$$

При расчете по методу эффективных площадей за $L_{эф}$ принимается длина коррозионного повреждения вдоль продольной оси трубы.

Минимальное прогнозируемое давление, которое является результатом итеративного порядка расчета, представлено как безопасное максимальное давление для коррозионной зоны [2].

Коэффициент Фолиаса, учитывающий выпучивание стенки трубы в зоне коррозионного повреждения при повышении рабочего давления, определяется по следующим соотношениям:

Для $\frac{L^2_{эф}}{Dt} \le 50$

$$M_1 = \left[1 + \frac{1,255}{2} \cdot \frac{L^2_{эф}}{Dt} - \frac{0,0135}{4} \frac{L^4_{эф}}{D^2 t^2}\right]^{1/2} . \qquad (3)$$

Для $\frac{L^2_{эф}}{Dt} > 50$

$$M_1 = 0,032 \frac{L^2_{эф}}{Dt} + 3,3 . \qquad (4)$$

Результат расчетов показал, что дефект является критическим. Разрушающее давление составляет для данного дефекта p_f = 6.67 МПа, Также видно, что расчетное значение допускаемого давления не совпадает с результатами внутритрубной диагностики. Для безопасной эксплуатации линейных участков магистральных газопроводов рекомендуется проводить детальный статистический анализ результатов внутритрубной диагностики, в том числе анализ степени опасности и возможного вида дефекта по дефектограмме. Также следует производить расчет дефектов, выявленных при локальном обследовании на допускаемое рабочее давление.

Литература

1. Методические указания по оценке работоспособности участков магистральных газопроводов с коррозионными дефектами. - СТО Газпром 2007. С. 3-6.
2. DNV-RP-F101 Коррозия трубопроводов. - Det Norske Veritas 1999. - С. 22-24
3. Андреев И.Н. Введение в коррозиологию. - М.:Изд-во Казанского государственного технологического ун-та, 2004. - С. 140.

Связь с автором: batrakovs_aleksejs@inbox.lv

А.В. Василевский, Д.Н. Стрелков, С.В. Родин

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОГО ПУСКА ДИЗЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени В.Ф. Маргелова (военный институт)
г. Рязань, Россия

Эксплуатация автомобилей при низких температурах является наиболее сложной и трудной. В условиях очень холодного и холодного районов, охватывающих большую часть территории нашей страны, минимальная температура воздуха снижается вплоть до минус 64°С, продолжительность зимы составляет 200-300 дней в году.

Для повышения надежности автомобилей при эксплуатации в условиях низких температур устанавливают предпусковые подогреватели. Для облегчения пуска применяют приспособления для впрыска в цилиндры легковоспламеняющейся жидкости, стационарные средства для предварительного разогрева двигателя перед пуском или для его постоянного прогрева на стоянке. Возможности предпусковой подготовки часто ограничены, а ее проведение всегда требует больших затрат времени, сил, сложного оснащения, а в экстремальных случаях просто невозможно.

При отрицательных температурах возрастает величина момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала из-за повышения вязкости масла. Высокоплавкие парафины, содержащиеся в моторном масле, дизельном топливе кристаллизуются и соединяются друг с другом, образуя каркас, что забивает поры фильтров, снижает подвижность масла и топлива, затрудняет распыл топлива.

Низкая температура окружающего воздуха отрицательно сказывается и на качестве распыливания топлива форсунками двигателя из-за повышения вязкости дизельного топлива и возрастания сил его поверхностного натяжения. С увеличением вязкости топлива возрастает сопротивление топливной системы, уменьшается наполнение насоса, что может привести к перебоям в его работе. Но перевод двигателя на топливо с меньшей плотностью и вязкостью может привести к прогару головок поршня. От вязкости зависит износ плунжерных пар. Вязкость топлива в пределах 1,8-7,0 мм^2/с практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей.

Для обеспечения надежного пуска, сокращения времени для подготовки к пуску дизельного двигателя, повышения динамических качеств дизеля сразу после пуска целесообразно использовать метод послойного смесеобразования в двигателе, кавитационную ультразвуковую обработка топлива и масла, а также СВЧ обработку.

Преимущества послойного смесеобразования: улучшение смесеобразования в условиях низких температур, повышение температуры заряда на впуске в цилиндр за счет использования электрического нагревате-

ля, подача запальной дозы топлива во впускной трубопровод до впрыска основного заряда, что обеспечивает более полное сгорание топлива при пуске из холодногосостояния.

Достоинства ультразвуковой обработки: содержание механических примесей снижается на 90%; улучшается коэффициент фильтруемости на 20%; снижается предельная температура фильтруемости на холодном фильтре и температура застывания; увеличивается цетановое число; увеличивается межремонтный период эксплуатации двигателя и топливной системы; снижается расход топлива.

Достоинства СВЧ обработки: высокий КПД, генерация теплоты внутри самого нагревательного продукта; небольшое время тепловой обработки; снижение затрат энергии; тепловая безинерционность, высокая точность регулировки процесса нагрева.

Вышеперечисленные способы обеспечивают улучшение параметров низкотемпературного пуска двигателя, повышая надежность и безопасность эксплуатации дизеля.

Т.В. Кисиль

СТРУКТУРИЗАЦИЯ БАЗЫ ПЕРЕХОДОВ В СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «TECHCARD»

Челябинский радиозавод «Полет»
г. Челябинск, Россия

В условиях единичного производства и широкой номенклатуры выпускаемых изделий временные затраты на подготовку технологической документации должны быть минимальны. Поэтому настройка САПР ТП под условия предприятия является ответственной задачей. Проектирование техпроцесса начинается с выбора маршрута обработки. Поэтому поиск необходимой операции или перехода должен быть максимально прост. Для быстрого поиска необходима структуризация базы переходов. Наиболее эффективным является представление базы в виде граф-дерева. Структурное представление базы необходимо для автоматического формирования маршрута обработки. Эта задача решалась еще в системе XX в. САПР Т. В этой системе структурированы не сами переходы, а их коды, автоматический выбор которых осуществлялся по кодам оборудования и обрабатываемой поверхности. [1]

На ЧРЗ «Полет» в качестве САПР ТП используется система TechCard. Анализ используемых переходов показал, что их тексты можно разделить на несколько частей: основной переход (например, «Фрезеровать контур»), к которому может добавляться составная часть – слова «предварительно», «окончательно» и т.д., а также может указываться пояснение («Координаты отверстия обеспечиваются кондуктором…»). В

TechCard можно организовать запись составного перехода, текст которого будет выведен в порядке выбора переходов из граф-дерева [2]. Это не загромождает структуру граф-дерева перебором возможных сочетаний.

Рассмотрим пример структуризации ветки переходов «Фрезерные работы/ Фрезеровать». На первом уровне располагаются папки с фрезеруемыми элементами (ЧТО фрезеровать). На следующем уровне лежат папки, раскрывающие суть перехода (КАК фрезеровать), в том числе папка «Для составного перехода», внутри которой находятся слова, которые могут присоединяться к основному тексту перехода. Текст перехода назначается на конечную папку. При последовательной расстановке галочек на этих папках система сгенерирует следующий текст составного перехода: «Фрезеровать внутренний контур предварительно» (см. табл.1).

Таблица 1

Структура дерева переходов «Фрезерные работы/ Фрезеровать» (фрагмент)

Структура дерева			Текст перехода
Деления			Фрезеровать деления с шагом [L1]
Контур			
√	внутренний контур		Фрезеровать внутренний контур
	наружный контур		Фрезеровать наружный контур
	для составного перехода		
		согласно чертежу	согласно чертежу
	√	предварительно	предварительно
		окончательно	окончательно

В результате структуризации дерева переходов «Фрезерные работы» количество переходов уменьшилось со 124 до 67 переходов. Логически выстроенная структура облегчает дальнейшую настройку системы и ускоряет поиск необходимого перехода, что снижает время на проектирование.

Литература

1. С.Н. Корчак, А.А. Кошин и др. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1988. – 352с.: ил.
2. Куприянчик А.М., Гинзбург Е.М. и др. TechCard. Версия 7.0/ Руководство пользователя. – Мн.: ОДО «Интермех», 2006. – 328 с.

А.П. Кобзев, М.С. Губатенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОСНАРЯДА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СКВАЖИН ПОД БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ

Балаковский институт техники, технологии и управления
(филиал) ГОУ ВПО СГТУ
г. Балаково, Россия

С целью изучения процессов взаимодействия виброснаряда с грунтом необходимо разработать адекватную математическую модель, описывающую параметры движения снаряда с дебалансным приводом и отражающую конструктивные параметры снаряда с кинематикой движения, геометрии поведения при действии сил различной природы. При теоретическом рассмотрении примем допущение, что все элементы виброснаряда абсолютно твердые, недеформирующиеся тела, а жесткость системы равна по всем направлениям движения.

Рассмотрим два варианта движения системы:

1) дорезонансный режим, когда частота вынужденных колебаний меньше частоты собственных колебаний системы;

2) зарезонансный режим, когда частота вынужденных колебаний больше частоты собственных колебаний системы.

Рассмотрим первый вариант возможного движения виброснаряда. Для выполнения теоретических исследований виброснаряда примем модель, изображенную на рис. 1. При построении модели в виде мгновенных состояний колеблющейся системы, все связи будут заменены действующими силами, а геометрия их взаимодействия указана на схеме. Это необходимо для отражения физической сути силовых взаимодействий, геометрии движения, определении параметров, влияющих на динамический процесс.

Для привода виброснаряда используется одновальный вибратор и центр масс технологической части совпадает с осью вращения дебаланса. При вращении дебаланса с постоянной угловой скоростью ($\omega < \omega 0$) система будет двигаться вокруг полюса равновесного динамического состояния (точка О), силы инерции дебаланса и технологических частей вибромашины действуют против вязко-упругих сил грунта. Для описания установившегося режима движения механических систем используются уравнения Даламбера. Метод Даламбера гласит: при движении механической системы активная сила и реакция связей вместе с силой инерции составляют равновесную систему сил для каждой точки системы [1]:

$$\overline{F}_k^e + \overline{F}_k^i + \overline{F}_k^u = 0 \qquad (1)$$

где: k=1,2…n – число степеней свободы системы; $\overline{F}_k^e$ – активные силы, приложенные к системе; $\overline{F}_k^i$ – реакции связей; $\overline{F}_k^u$ – силы инерции.

Метод Даламбера выбран потому, что «при непосредственном его применении к задачам динамики уравнения движения системы составляются в форме хорошо известных уравнений равновесия; это делает единообразным подход к решению задач и часто упрощает соответствующие расчеты» [2].

Согласно принципу Даламбера, уравнения, описывающие динамическое равновесное состояние системы, будут иметь вид:

$$\begin{cases} \sum F_y = F^a_{ис} + F^a_{ид} \cdot \cos\gamma - F_c = 0; \\ \sum F_x = F_b - F^a_{ид} \cdot \sin\gamma = 0; \\ \sum M_{O_0} = M_{дв} - F_b \cdot A = 0; \end{cases}, \qquad (2)$$

где $F^a_{ид} = m_д R\omega^2$ – сила инерции дебаланса (абсолютное значение); где R – эксцентриситет дебаланса относительно центра образуемой скважины; F_c – упругая составляющая реакции грунта; F_b – вязкая составляющая реакции грунта; $F^a_{ис} = m_c A\omega^2$ – сила инерции, действующая на колеблющиеся части виброснаряда (абсолютное значение); m_c – масса колеблющихся частей виброснаряда; A – амплитуда колебаний вибромашины; ω – угловая частота вынужденных колебаний; $M_{дв}$ – момент двигателя, необходимый для работы виброснаряда в установившемся движении; $m_д$ – масса дебалансов; $r_д$ – эксцентриситет дебалансов.

Из схемы (рис. 1) следует, что:

$$\begin{cases} R = \dfrac{r_д \cdot \sin\phi}{\sin\gamma}; \\ R = \dfrac{r_д \cdot \cos\phi + A}{\cos\gamma}; \\ R = \sqrt{A^2 + r_д^2 - 2 \cdot A \cdot r_д \cdot \cos(180 - \phi)} = \sqrt{A^2 + r_д^2 + 2 \cdot A \cdot r_д \cdot \cos\phi}, \end{cases} \qquad (3)$$

где γ – угол расположения дебаланса относительно центра образуемой скважины и вертикальной оси; φ – фазовый угол.

Таким образом, из системы уравнений (2) получаем следующие равенства:

$$\begin{cases} m_c A\omega^2 + m_д R\omega^2 \cdot \cos\gamma - F_c = 0; \\ F_b - m_д R\omega^2 \cdot \sin\gamma = 0; \\ M_{дв} - F_b \cdot A = 0; \end{cases}. \qquad (4)$$

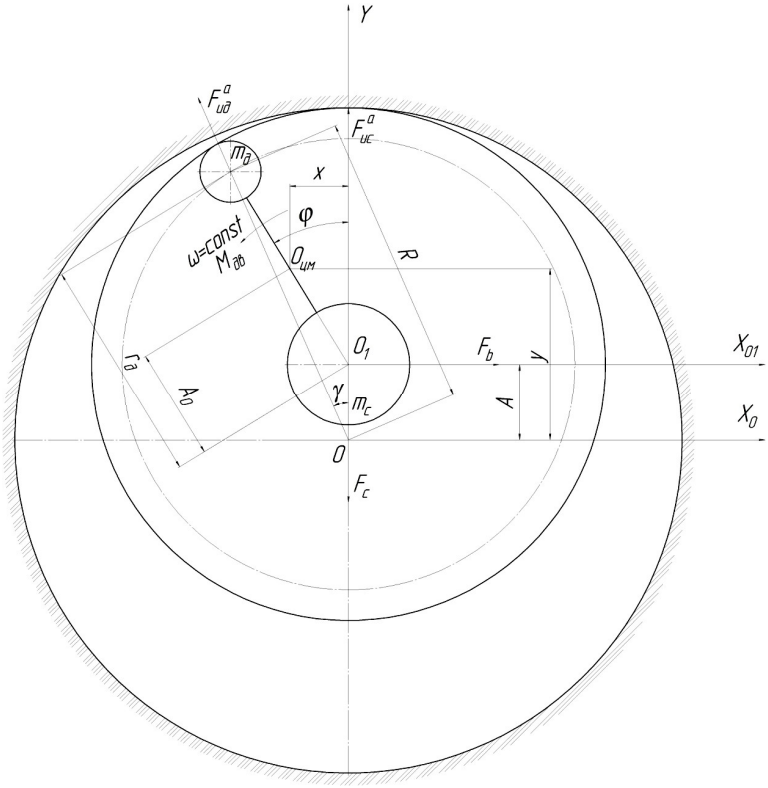


Рис. 1. Расчетная модель взаимодействия виброснаряда со средой в сечении поперечном стволу скважины при дорезонансном режиме работы

$$\begin{cases} m_c A\omega^2 + m_д\omega^2 \cdot (r_д \cdot \cos\phi + A) - F_c = 0; \\ F_b - m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \sin\phi = 0; \\ M_{дв} - F_b \cdot A = 0; \end{cases} . \qquad (5)$$

Решая систему уравнений (5) относительно неизвестных сил получаем:

$$\begin{cases} F_c = m_c A\omega^2 + m_д\omega^2 \cdot (r_д \cdot \cos\phi + A); \\ F_b = m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_b \cdot A; \end{cases} . \qquad (6)$$

$$\begin{cases} F_c = A\omega^2 \cdot (m_c + m_д) + m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \cos\phi; \\ F_b = m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_b \cdot A; \end{cases} . \qquad (7)$$

Принимаем $(m_c + m_д) = m$ как суммарную массу колеблющейся системы, тогда:

$$\begin{cases} F_c = A\omega^2 m + m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \cos\phi; \\ F_b = m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_b \cdot A; \end{cases} . \qquad (8)$$

Принимая допущение, что упругая сила F_c, действующая на технологическую часть виброснаряда, пропорциональна смещению $F_c = cA$ и $mA_0 = m_д r_д$, а также $c = m\omega_0^2$, система уравнений (8) примет вид:

$$\begin{cases} A = A_0 \dfrac{\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2} \cos\phi; \\ F_b = m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_b \cdot A. \end{cases} \qquad (9)$$

Коэффициент динамичности системы:

$$\lambda = \frac{z^2}{\left|1 - z^2\right|} = \frac{\omega^2}{\left|\omega_0^2 - \omega^2\right|}, \qquad (10)$$

где $z = \omega/\omega_0$ – отношение частот вынужденных и собственных колебаний системы

$$\begin{cases} A = A_0\lambda \cos\phi; \\ F_b = m_д\omega^2 \cdot r_д \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_b \cdot A. \end{cases} \qquad (11)$$

Так как $F_{ид} = m_д r_д \omega^2$ и $A_0 = \dfrac{m_д r_д}{m} = \dfrac{m_д r_д \omega^2}{m\omega^2} = \dfrac{F_{ид}}{m\omega^2}$, то:

$$\begin{cases} A = A_0 \lambda \cos\phi; \\ F_b = F_{ид} \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = \dfrac{F_{ид}^2}{2m\omega^2} \lambda \cdot \sin 2\phi. \end{cases} \quad (12)$$

Или

$$\begin{cases} A = \dfrac{F_{ид}}{m\omega^2} \lambda \cos\phi; \\ F_b = F_{ид} \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = \dfrac{F_{ид}^2}{2m\omega^2} \lambda \cdot \sin 2\phi. \end{cases} \quad (13)$$

Для практического применения зависимостей (13) необходимо их привести к такому виду, когда возможно будет определять действующие на систему силы и моменты по измеряемым параметрам вибрации, а именно частоте вынужденных колебаний, амплитуде и углу сдвига фаз:

$$\begin{cases} F_c = mA\omega^2 + F_{ид} \cdot \cos\phi; \\ F_b = F_{ид} \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_{ид} A \cdot \sin\phi. \end{cases} \quad (14)$$

Рассмотрим случай зарезонасной работы виброснаряда, когда частота вынужденных колебаний больше частоты собственных колебаний виброснаряда. Геометрия движения виброснаряда в зарезонансном режиме приведена на рис. 2. Система движется вокруг точки О – полюса равновесного динамического состояния. Силы инерции технологической части виброснаряда действуют против сил упругого сопротивления грунта и силы инерции дебалансов.

Уравнения, описывающие динамическое состояние системы будут иметь вид:

$$\begin{cases} \sum F_y = F_{ис}^a - F_{ид}^a \cdot \cos\gamma - F_c = 0; \\ \sum F_x = F_b - F_{ид}^a \cdot \sin\gamma = 0; \\ \sum M_{O_0} = M_{дв} - F_b \cdot A = 0. \end{cases} \quad (15)$$

С учетом выражений (3) – (14) получим следующее решение:

$$\begin{cases} F_c = mA\omega^2 - F_{ид} \cdot \cos\phi; \\ F_b = F_{ид} \cdot \sin\phi; \\ M_{дв} = F_{ид} A \cdot \sin\phi. \end{cases} \quad (16)$$

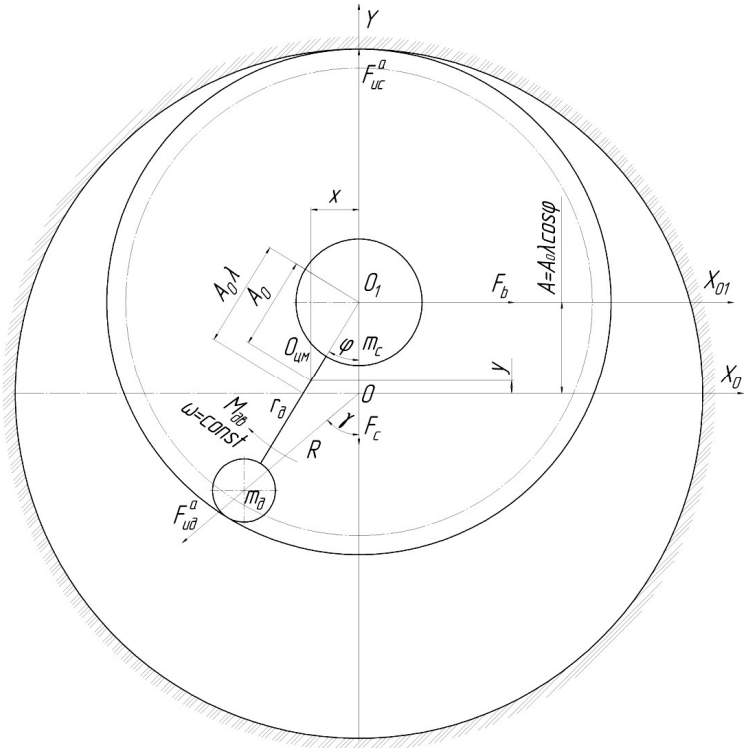


Рис. 2. Расчетная модель взаимодействия виброснаряда со средой в сечении поперечном стволу скважины при зарезонансном режиме работы

В случае действия упругой силы F_c, пропорциональной смещению $F_c = cA$ и $mA_0 = m_д r_д$, а также $c = m\omega_0^2$, первое выражение системы уравнений (16) примет вид:

$$A = A_0 \frac{\omega^2}{\omega^2 - \omega_0^2} \cos\phi = A_0 \lambda \cos\phi . \qquad (17)$$

где $\lambda = \dfrac{\omega^2}{\left|\omega^2 - \omega_0^2\right|}$ – коэффициент динамичности системы.

Рассматривая решения для двух случаев движения виброснаряда (дорезонансного и зарезонасного), можно сделать заключение, что определение амплитуд колебаний в обоих случаях различается лишь выражением, определяющим коэффициент динамичности. В знаменателе этого коэффициента происходит перестановка частот вынужденных и собст-

венных колебаний, что характеризуется изменением относительного положения дебалансов и колеблющихся частей виброснаряда. Для обобщения этих решений принято знаменатель коэффициента динамичности считать модульной величиной.

Таким образом, во всех случаях амплитуда определяется правой частью выражения (17). Она пропорциональна коэффициенту динамичности, который отражает динамические и диссипативные процессы в колеблющейся системе.

Исследование работы виброснаряда в сечении продольном стволу скважины позволит определить усилие протяжки виброснаряда и усилие раскрытия уплотняющих сегментов, которые определяют энергоемкость процесса расширения (уплотнения) грунта. Принципиальная схема работы виброснаряда в сечении продольном стволу скважины представлена на рис. 3. Усилие протяжки виброснаряда и усилие раскрытия уплотняющих сегментов зависят от параметров вибрации снаряда (амплитуды, частоты, фазового угла колебаний) и параметров разрабатываемого грунта, и определяются по общим формулам.

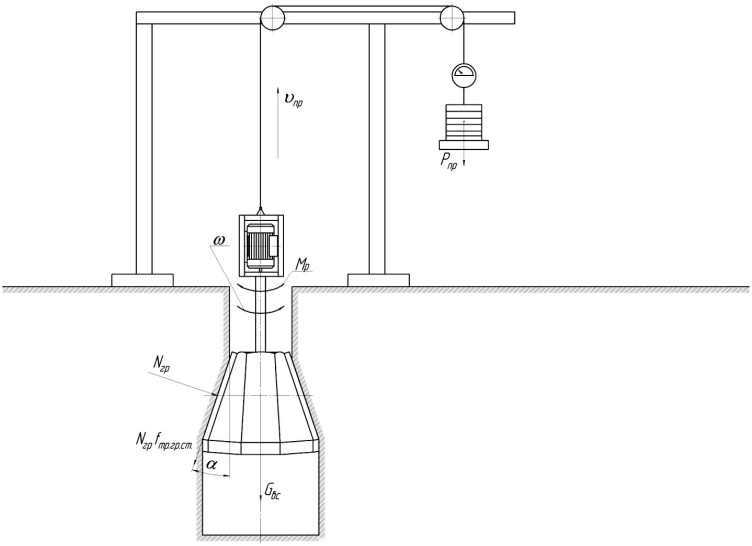


Рис. 3. Принципиальная схема работы виброснаряда в сечении продольном стволу скважины

Равнодействующая вязкоупругого сопротивления грунта определится как:

$$N_{гр} = \sqrt{F_c^2 + F_b^2}\ . \qquad (18)$$

Согласно схеме работы виброснаряда усилие протяжки виброснаряда:

$$P_{пр} = G_{вс} + N_{гр} f_{тр.гр.ст.} \cos\alpha \,, \qquad (19)$$

где $N_{гр}$ – равнодействующая вязкоупругого сопротивления грунта; $f_{тр.гр.ст.}$ – коэффициент трения грунта о сталь при вибрационном воздействии; α – угол раскрытия уплотняющих сегментов; $G_{вс}$ – суммарный вес виброснаряда.

Тогда мощность, необходимая для протяжки виброснаряда:

$$N_{пр.вс} = P_{пр} \upsilon_{пр} \,, \qquad (20)$$

где $\upsilon_{пр}$ – скорость проходки скважины виброснарядом.

Так как раскрытие уплотняющих сегментов осуществляется через передачу винт-гайка, то требуемый момент на раскрытие уплотняющих сегментов определится как (для случая раскрытия сегментов динамометрическим ключом при проведении экспериментальных исследований):

$$M_р = (G_{вс} + N_{гр} f_{тр.гр.ст.} \cos\alpha) \cos\beta_р f_{тр.вг.} (\frac{d_{шт}}{2} + l_{дк}) \,, \qquad (21)$$

где $f_{тр.вг.}$ – коэффициент трения передачи винт-гайка; $\beta_р$ – угол навивки резьбы; $d_{шт}$ – диаметр штанги с резьбой; $l_{дк}$ – плечо динамометрического ключа.

Мощность на раскрытие уплотняющих сегментов виброснаряда:

$$N_р = M_р \omega_р \,, \qquad (22)$$

где $\omega_р$ – угловая скорость раскрытия уплотняющих сегментов.

Таким образом, суммарная мощность работы виброснаряда складывается из мощности на привод вибратора, мощности, необходимой на протяжку виброснаряда по скважине, а также мощности на раскрытие уплотняющих сегментов. В качестве функции отклика при исследовании процесса расширения вертикальных скважин, как охватывающую наибольшее количество факторов, характеризующих процесс, возможно принять энергоемкость процесса. Энергоемкость процесса расширения вертикальных скважин определяется как отношение суммарной мощности, требуемой для работы виброснаряда и производительности процесса расширения вертикальных скважин.

Согласно выражению (23) мощность на привод вибратора и поддержание колебаний виброснаряда:

$$N_{вс} = M_{дв}\omega = F_{ид}A\sin\varphi\omega = m_д r_д \omega^2 A\sin\varphi\omega = m_д r_д \omega^3 A\sin\varphi\,. \qquad (24)$$

Тогда суммарная мощность работы виброснаряда:

$$N_{\Sigma} = N_{вс} + N_{пр.вс} + N_р\,. \qquad (25)$$

Производительность процесса расширения вертикальных скважин:

$$П_{\Sigma} = S_р \cdot \upsilon_{пр}\,. \qquad (26)$$

где $S_р$ – площадь увеличения скважины при проходке виброснарядом (в поперечном сечении), (площадь уплотненного грунта); $\upsilon_{пр}$ – скорость проходки скважины виброснарядом.

Энергоемкость процесса расширения вертикальных скважин:

$$E_{\Sigma} = \frac{N_{\Sigma}}{П_{\Sigma}}\,. \qquad (27)$$

Литература

1. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов / Н.Н. Никитин. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. - 607 с. – ISBN.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для втузов / С.М. Тарг. - 10-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 416 с. – ISBN
3. Сластенов В.В. Динамика взаимодействия вибромашины с технологической средой: дис. … канд. техн. наук. / Сластенов В.В.; Сарат. гос. техн. институт. – Саратов, 2006. – 247 с.

Связь с автором: msg.psm.asp@mail.ru

В.М. Леонов

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД

Тульский государственный университет
г. Тула, Россия

Обработка двухкомпонентных материалов предполагает необходимость определения эффективных упругих характеристик. В случае если в

многокомпонентной среде каждый из компонентов в пределах упругих деформаций описывается законом Гука, то композиционный материал в целом будет описываться законом Гука. При этом допустимой является запись данного закона не только относительно измеряемых экспериментально локальных значений, но и средних [1]:

$$\langle\sigma\rangle = c^* \cdot \langle\varepsilon\rangle, \quad \langle\varepsilon\rangle = s^* \cdot \langle\sigma\rangle, \tag{1}$$

где $\langle\sigma\rangle$ - среднее значение напряжения; $\langle\varepsilon\rangle$ - среднее значение деформации; c^* - тензор упругости материала; s^* - тензор податливости материала.

Таким образом, могут быть определены макроскопические упругие свойства композита в целом. Далее по известным коэффициентам c*mn, s*mn возможно определение модуля упругости и коэффициента Пуассона. Осреднение физических величин при этом возможно производить посредством интегрирования по объему.

В данном случае в качестве элемента объема имеет смысл выбирать область, достаточно большую по сравнению с характерным размером элемента неоднородности [1]. Но одновременно с этим размер области интегрирования должен быть малым по сравнению с расстоянием, на котором существенно изменяется измеряемая величина. Отсюда среднее значение напряжения будет являться функцией координаты. В случае статистической однородности материала имеем постоянство величин <c> и <s>. Одним из вариантов является формоизменение композитов методами магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ). В многокомпонентной среде в ходе обработки особое значение приобретают микропластические деформации, которые приводят к деформационной анизотропии с появлением анизотропного тензора эффективных упруго-пластических жесткостей [2]. Одновременно с этим, наличие ориентированных микропластических зон увеличивает предел текучести.

Принципиальная расчетная схема реализуется с применением МКЭ, что позволит обеспечить требуемую степень дискретизации в сегментах заготовки с наибольшей интенсивностью деформаций и наиболее сложным напряженно-деформированным состоянием. Операции обработки многокомпонентных материалов с конечной целью изучения их прочностных характеристик возможно расширить методами магнитно-импульсной обработки с предварительным индукционным нагревом.

Заготовка (рисунок 1) деформируется однократным разрядом емкостного накопителя на индуктор после достижения заготовкой заданной температуры [3]. Предварительное применение индукционного нагревателя позволит достичь больших деформаций без разрушения материала заготовки, что будет рассмотрено далее.

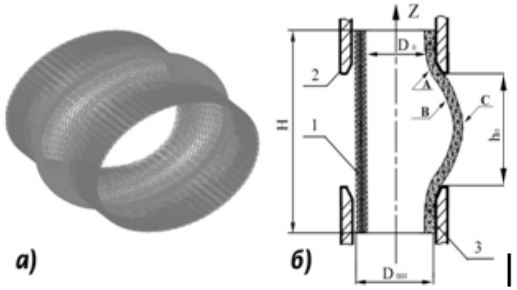


Рис. 1 Операция получения поперечного паза: а – модель; б – схема операции (1 – заготовка, 2 - оправка, 3 - деталь)

Т.о. описание напряженно-деформированного состояния (НДС) материала заготовки сопряжено с необходимостью вычисления пространственно-временного распределения компонент тензора деформаций в каждом из элементов с учетом проникновения поля в материал заготовки, анизотропии свойств материала и учета температурного фактора. В рассматриваемой задаче число элементов необходимое для обеспечения устойчивости и сходимости решения составит порядка 15 – 30 тысяч элементов. Установлено, что в операции получения поперечных пазов форма образующей паза зависит от его геометрических параметров: соотношения высоты и ширины паза, толщины и радиуса заготовки, а также формы импульса, что в ряде случаев не позволяет аппроксимировать образующую паза дугой окружности [3]. Характеристики НДС многокомпонентной среды в результате обработки будут во многом предопределены способом нагружения опытного образца, формой импульса внешнего давления, соотношением упругопластических жесткостей компонентов и их пространственным размещением, что в сочетании с температурным фактором требует дополнительного исследования.

Литература

1. Шермергор Т.Д Теория упругости микронеоднородных тел. - М.: Наука, 1977. - 399 с.
2. Архипов И.К., Толоконников Л.А. Эффективные соотношения между напряжениями и деформациями в корреляционной теории упругопластических деформаций. - Тула: Механика твердого тела, 1984. - 140 с.
3. Леонов В. М. Получение поперечных пазов и отбортовка боковых отверстий в полых цилиндрических заготовках электромагнитной штамповкой : дис. … канд. техн. наук : 05.03.05 : защищена 07.06.05 : утв. 08.07.05 / Леонов Василий Михайлович. - Тула, 2005. – 174 с. - Библиогр.: с. 163-174.

Связь с автором: jh-ps@yandex.ru

О.А. Лускань

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ ИМПУЛЬСНЫМ РОЛИКОВЫМ КОНВЕЙЕРОМ

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)
Саратовского государственного технического университета
г. Балаково, Россия

На современных машиностроительных предприятиях основную долю составляют штучные грузы с плоской опорной поверхностью, перемещаемых различными видами транспортных средств. Одним из основных видов транспорта являются конвейеры.

Транспортно-технологические операции, связанные с перегрузкой, реверсированием, накоплением и ориентированием штучных грузов могут выполняться с остановкой основного транспортного конвейера, которая резко снижает производительность, или с применением дополнительного металло- и энергоемкого оборудования, использование которого влечёт за собой повышенные капитальные и эксплуатационные затраты.

В настоящее время на российском рынке представлено большое количество решений в области транспортирования и распределения грузопотоков. Помимо иностранных поставщиков, свою продукцию активно продвигают и отечественные производители. Однако большинство предлагаемых конструкций имеют стандартные решения, отличаясь только материалом несущих конструкций и грузонесущих элементов, преследуя цель снижения металлоемкости.

Исследования по разработке конвейеров нового поколения, выполняющих несколько операций, отвечающих требованиям малой энергоёмкости, быстрой переналадки и универсальности, являются актуальными и направлены на решение важной задачи, имеющей существенное научно-практическое значение в области механизации транспортно-технологических процессов.

На кафедре «Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины» Балаковского института техники, технологии и управления была разработана и запатентована конструкция конвейера с импульсным (инерционным) приводом, позволяющая не только перемещать штучный груз, но и ориентировать его в плоскости транспортирования [1].

Конструкция импульсного роликового конвейера (рис. 1) представляет собой подвижную раму 1, опирающуюся на катки 3, на которой установлены ролики 2, оснащенные механизмом свободного хода 4. Привод 5 обеспечивает возвратно-поступательные движения рамы в плоскости транспортирования.

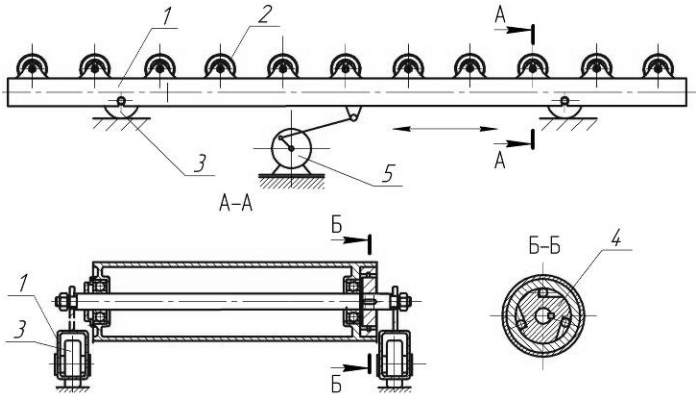


Рис. 1. Конструкция импульсного роликового конвейера

Теоретические исследования, рассмотренные в [2] должны подтверждаться проведением экспериментальных исследований процесса транспортирования штучных грузов импульсным роликовым конвейером в натурных условиях. Перед проведением экспериментальных исследований были разработаны: принципиальная схема экспериментального стенда, установлены вид, геометрические размеры и масса груза, спроектирован и изготовлен экспериментальный импульсный роликовый конвейер (рис. 2).

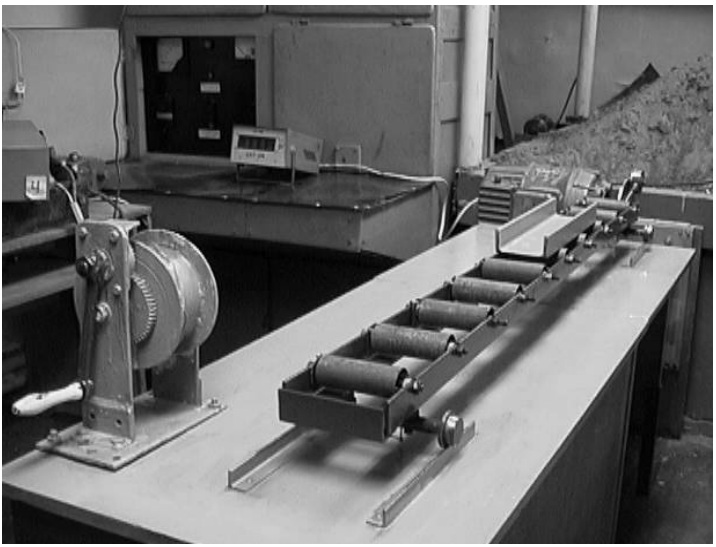


Рис. 2. Экспериментальная установка

Результаты теоретического исследования показали, что конструктивные и режимные параметры импульсного роликового конвейера находятся в тесной взаимосвязи и не могут исследоваться отдельно друг от друга, как это принято в методике однофакторного эксперимента. Поэтому для определения величин рациональных режимных параметров импульсного роликового конвейера использовалась методика исследований, базирующаяся на реализации многофакторного центрального композиционного плана [3]. Такой план позволяет при сравнительно небольшом числе опытов и простоте обработки экспериментальных данных получить количественную оценку степени взаимосвязи исследуемых параметров и их рациональное значение. В качестве априорной информации для планирования эксперимента использовались результаты предварительных опытов. Это позволило провести наиболее важную, неформализованную часть планирования эксперимента – выбор центра плана и интервалов варьирования факторов с высокой степенью достоверности.

Численные значения различных уровней изменяемых параметров и интервалов варьирования указаны в таблице 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов
при транспортировании груза со стальной опорной поверхностью

Исследуемые факторы	Размерность	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
X_1 – масса груза	кг	5	6	7
X_2 – амплитуда колебаний рамы	м	0,05	0,1	0,15
X_3 – частота вращения привода	об/мин	50	60	70

В качестве функций отклика на воздействие факторов, определяющих характер исследуемого процесса транспортирования штучного груза импульсным роликовым конвейером с точки зрения рациональности приняты: средняя скорость транспортирования груза $\vartheta_{гр}^{ср}$ и мощность привода конвейера $N_{пр}$.

После составления матрицы планирования, проведения эксперимента, вычисления коэффициентов регрессии были получены математические модели определения средней скорости транспортирования груза и мощности привода:

$$\vartheta_{гр}^{ср} = 0,333 + 0,240 \cdot X_2 + 0,126 \cdot X_3 - 0,026 \cdot X_1^2 + 0,018 \cdot X_2^2 + 0,050 \cdot X_2 \cdot X_3 \text{, (1)}$$

$$N_{пр} = 0,047 + 0,041 \cdot X_2 + 0,027 \cdot X_3 + 0,008 \cdot X_2^2 + 0,005 \cdot X_3^2 + 0,017 \cdot X_2 \cdot X_3 \text{. (2)}$$

Статистическая оценка значимости коэффициентов полученных моделей (1) и (2), проводилась по критерию Стьюдента. Проверка полученных моделей на адекватность проводилась по критерию Фишера, в результате чего было установлено, что полученные математические модели для определения средней скорости транспортирования и мощности процесса транспортирования груза описывает протекание процесса с вероятностью не менее 0,95 и являются адекватными.

Анализ полученных математических моделей средней скорости транспортирования груза определяет рациональную область значений параметров колебаний рамы. Для массы груза $m_{гр}$=6 кг средняя скорость транспортирования максимальна ($\vartheta_{гр}^{ср}$=0,652÷0,823 м/с при амплитуде колебаний A=0,18 м и угловой скорости привода ω=6,28÷7,3 рад/с), при этом затрачиваемая мощность на перемещение указанного груза составляет $N_{пр}$=0,108÷0,167 кВт. Установлено, что средняя скорость транспортирования будет возрастать при увеличении массы транспортируемого груза с одновременным увеличением угловой скорости привода и будет уменьшаться при постоянной угловой скорости и увеличивающейся массе груза. Кроме того, доминирующее влияние на изменение средней скорости транспортирования оказывает амплитуда колебаний рамы при фиксированной угловой скорости привода и массе груза. Анализ зависимости мощности привода показывает, что значительное увеличение мощности привода будет происходить при максимальных амплитудах и угловых скоростях привода.

Литература

1. А.с. №630146. Бюл. №10, 1978
2. Лускань О.А. Определение скорости транспортирования штучных грузов на инерционном роликовом конвейере / Известия ТулГУ. Сер. Подъемно-транспортные машины и оборудование. Вып. 4. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2003. – С. 84-89.
3. Завадский Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта. – М.: МАДИ, 1978. – 156 с.

Связь с автором: oa-luskan@yandex.ru

П.А. Мельников

ОЦЕНКА ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ, ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, Россия

Эксплуатационные характеристики изделий в значительной мере определяются технологическим процессом их изготовления. Особая роль при этом принадлежит финишным методам обработки, так как именно на этих операциях окончательно формируются физико-механические и геометрические показатели обработанной поверхности. Тенденции современного машиностроения задают все более жесткие требования к физико-механическим показателям изготовления рабочих поверхностей деталей машин. При этом при проектировании режимов и кинематики процесса обработки встает остро вопрос прогнозирования формирования микрорельефа обработанной поверхности в зависимости от параметров обработки.

Одним из путей повышения работоспособности поверхностей деталей машин, работающих в условиях трения, применяемом в мировой практике, является обработка методами поверхностного пластического деформирования (ППД). Обработка поверхностным пластическим деформированием основана не на отделении частиц металла от основной его массы, а на пластическом его деформировании в холодном состоянии, исходный объем деформируемого материала остается неизменным. При этом происходит интенсивное выглаживание поверхностных неровностей заготовки, сопровождающееся значительным упрочнением поверхностных слоев (повышением микротвердости и созданием благоприятных сжимающих напряжений); исключается шаржирование обработанной поверхности абразивными и другими частицами; становится возможным образование частично и полностью регулярных микрорельефов.

По сравнению с традиционными методами финишной обработки (тонкое шлифование, хонингование, суперфиниширование, полирование) методы поверхностного пластического деформирования имеет ряд преимуществ [1, 3]:

– обеспечивается более эффективное снижение шероховатости заготовки, что позволяет в ряде случаев сокращать количество переходов и операций;

– обработанная поверхность характеризуется округлым профилем и относительно большой опорной поверхностью;

– поверхностный слой изделия упрочняется, формируется мелкозернистая структура, образуются благоприятные остаточные напряжения сжатия.

При обработке ППД выжным показателем процесса является геометрия формируемого микрорельефа. С учетом развития вычислитель-

ной и измерительной техники, трехмерное измерение не слишком трудоемко в сравнении с двухмерным, имея при этом существенные преимущества [2]:

– топография поверхности трехмерна по своей природе, а трехмерные измерения позволяют оценивать реальные характеристики поверхности. Так, например, сложно найти отличие по профилограмме у впадин, образованных единичными лунками и впадин, образованных бороздами по поверхности. Трехмерная же оценка топографии поверхности четко показывает все лунки и борозды, существующие на поверхности;

– профиль, в общем случае, не перекрывает реальные вершины и впадины на поверхности, а проходит по их склонам. В результате экстремальные параметры шероховатости, такие как Rz получают неточные значения. При трехмерном топографировании оцениваются реальные вершины и впадины. Аналогичная картина наблюдается при вычислении опорной кривой поверхности;

– трехмерные измерения топографии поверхности обеспечивают вычисление ряда новых значимых параметров, таких как материальный объем или площадь контакта, которые невозможно оценить с помощью двухмерной оценки;

– со статистической точки зрения, чем больше независимых данных представлено, тем точнее получается оценка свойств случайного процесса. Статистический анализ трехмерных измерений более надежен и репрезентативен, поскольку включает больше количество данных.

С целью оптимизации затрат на организацию производства и повышения качества изготавливаемой продукции возникает необходимость уже на стадии проектирования иметь возможность математически моделировать микрорельеф обработанной поверхности в зависимости от параметров обработки.

Для решения поставленной задачи, в данной работе предлагается следующий подход:

обрабатываемую шейку вала, которая является цилиндрической поверхностью разбить на K_x точек вдоль оси x, и на K_y точек по окружности детали (см. рис. 1,а);

далее для упрощения расчета произвести развертку цилиндрической поверхности так, как показано на рис. 1,б.

Чтобы получить микрорельеф обработанной поверхности, необходимо рассчитать координаты каждой точки модели, представленной на рис. 1,б. Для более наглядного интерпретации результатов расчета целесообразнее представит результат в виде матрицы размером $Kx´ Ky$, где каждый элемент матрицы будет численно выражать координаты высоты точки поверхности, полученной в процессе формообразования механической обработки (см. рис. 2).

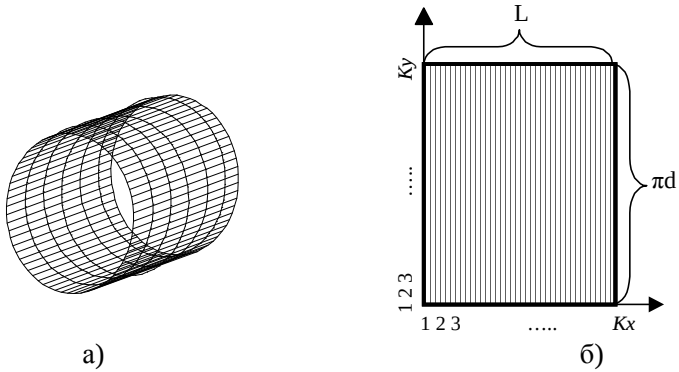


Рис. 1. Интерполяция обрабатываемой поверхности: а) – модель обрабатываемой поверхности; б) – разработка модели обрабатываемой поверхности

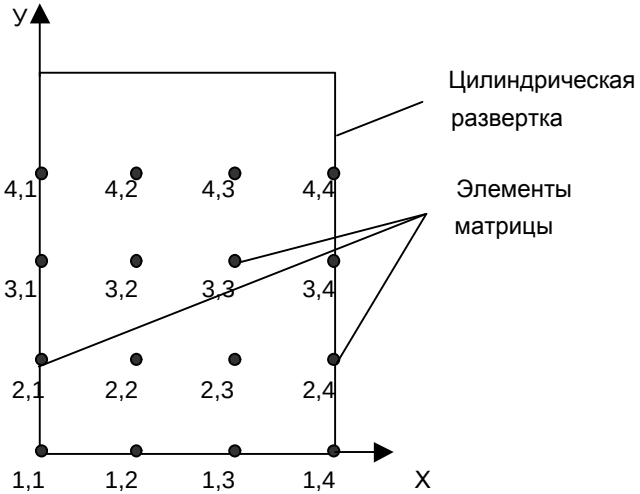


Рис. 2. Пример представления цилиндрической развертки в виде матрицы

Процесс формообразования обработанной поверхности рассматривается как трансформация геометрии рабочей поверхности инструмента на исходную поверхность обрабатываемой детали (рис. 3). При математическом моделировании необходимо задаться уравнением, описывающим образующую поверхность в процессе механической обработки.

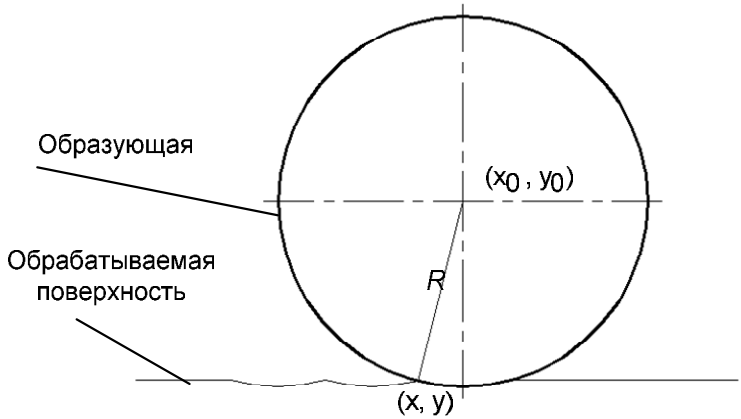


Рис. 3. Процесс формообразования обработанной поверхности

При алмазном выглаживании образующей является сфера, тогда уравнения формообразующей кривой примет вид:

$$\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}=R^2, \qquad (1)$$

где R – радиус выгладывающего инструмента, мм; x_0, y_0 – координаты центра сферической поверхности выглаживателя, мм; x, y – координаты рассчитываемой точки поверхности, мм.

Координаты положения инструмента (x_0, y_0) можно рассчитать исходя из параметров обработки и времени обработки:

$$\begin{cases} x_0 = 60ntS \\ y_0 = R \end{cases}, \qquad (2)$$

где n – частота вращения детали, об/мин; t – время обработки, с; S – подача инструмента, мм/об.

Учитывая вышесказанное разрабатываемую математическую модель можно представить в виде следующей блок-схемы (см. рис. 4).

При реализации математической модели для моделирования исходной поверхности (блок 6 на рис. 4) используется разработанный алгоритм формирования микрогеометрии поверхности с заданной шероховатостью. Алгоритм, реализующий данную модель, зарегистрирован в отраслевом фонде алгоритмов и программ РФ (ОФАП № 1906 от 29.04.2002).

При анализе участков поверхности до и после обработки алмазным выглаживанием (фотография на рисунке 5) слева видны впадины и раковины от предыдущей обработки шлифованием, однако видно как в процессе алмазного выглаживания происходит процесс деформирования

вершин микронеровностей с образованием нового рельефа. При построении модели (рисунок 5) процесс алмазного выглаживания эмитируется путем мультипликационным копированием профиля выглаживающего инструмента на исходную поверхность с заданной шероховатостью.

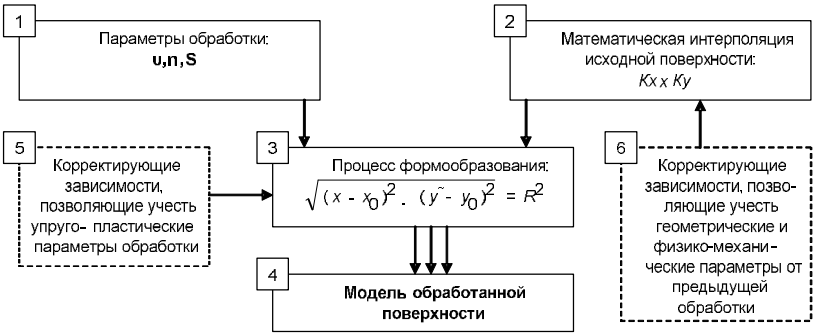
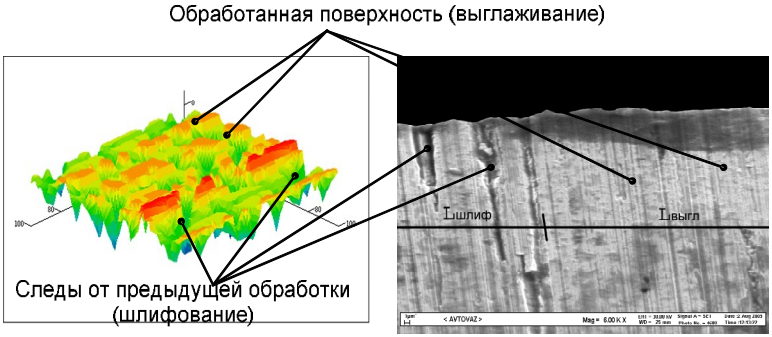


Рис. 4. Математическая модель процесса выглаживания



а) б)

Рис. 5. Модель (а) и фотография (б) участка поверхности до и после обработки алмазным выглаживанием

Модель и фотография обработанной поверхности на рисунке 5 получали при следующих условиях:

– Процесс обработки – алмазное выглаживание;

– Радиус рабочей поверхности выглаживателя R=2,5 мм;

– Номинальное усилие на один инструмент P = 150 н;

– Обработка осуществляется 2-мя инструментами, расположенными дург напротив друга;

– Номинальная подача S = 0.1 мм/об;

– частота вращения шпинделя n = 540 об/мин;

– Диаметр обрабатываемой поверхности d = 40 мм.

Фотографирование обработанной поверхности осуществлялись на растровом электроном микроскопе.

Анализируя построения поверхности в модели и фотографию реальной поверхности можно судить о сходимости результатов теоретических и практических исследований. Однако, для повышения достоверности моделирования поверхности в дальнейшем необходимо учесть упругопластические факторы, влияющие на процесс формообразования.

Работа выполняется при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт №П1244 от 07 июня 2010 г.).

Литература

1. Бобровский Н.М. Повышение долговечности наружных поверхностей валов методом выглаживания широким самоустанавливающимся инструментом: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.08. – Москва, 1999. – 16 с.
2. Поршин В.В. Основы комплексного контроля топографии поверхности деталей: Монография. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 196 с.
3. Мельников П.А. Повышение эффективности технологии выглаживания широким самоустанавливающимся инструментом без смазочно-охлаждающей жидкости: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.02.08 – Самара, 2008. – 20 с.

Связь с автором: topavel@mail.ru

В.А. Старовойтов

ГИДРОЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ВВОД ДВИЖЕНИЯ С МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТЬЮ

Кузбасский государственный технический университет
г. Кемерово, Россия

При создании новых или модернизации уже действующих машин и установок часто возникает проблема надежной герметизации вводов движения, в т.ч. и вращения. Это особенно важно при работе с вредными газовыми или жидкостными системами.

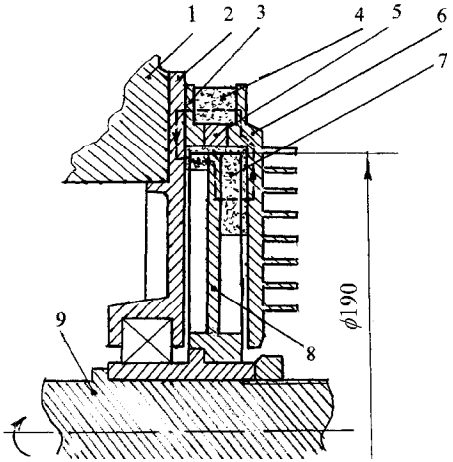


Рис. 1. Схема гидроцентробежного уплотнения с магнитной жидкостью: 1 – корпус напорной емкости; 2 – крышка подшипника; 3 – полюс; 4 – катушка возбуждения; 5 – диамагнитное кольцо; 6 – полюс оребренный; 7 – магнитная жидкость; 8 – крыльчатка; 9 – вал

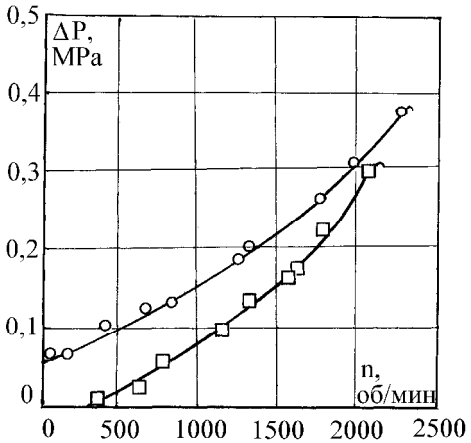


Рис. 2. Зависимость удерживаемого перепада давления в ГЦУ: □ – без магнитного поля; ○ – с магнитным полем

Среди значительного разнообразия уплотнительных устройств не последнее место занимают гидроцентробежные уплотнители (ГЦУ). Основным недостатком их является разгерметизация объемов в неподвиж-

ном состоянии. Избежать этого, а также увеличить величину удерживаемого давления за счет некоторого усложнения конструкции классических ГЦУ позволяет использование магнитных жидкостей, т.е. дополнительного включения в процесс герметизации объемных магнитных сил [1].

Исследовался ввод движения в рабочую емкость аппарата с азотом. Герметизация осуществлялась с помощью ГЦУ, схема которого представлена на рис. 1. При испытаниях использовалась магнитная жидкость, синтезированная на основе вакуумного масла ВМ.6 и стабилизированного магнетита с намагниченностью насыщения MS=74 кА/М и концентрацией $\varphi = 0{,}35$.

Сравнительные характеристики исследуемого ГЦУ представлены на рис. 2. Как видно из рисунка использование данной конструкции при наличии магнитного поля дает существенные преимущества по сравнению с классическими ГЦУ.

Литература

1. Старовойтов В.А. Использование жидкостей для герметизации вращающихся частей / Вестник КузГТУ, 2005, № 2 (46), с. 23-25.

Д.С. Чигинский, А.А. Трещёв

О ВЫВОДЕ РАЗРЕШАЮЩИХ УРАВНЕНИЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ ТОНКИХ КРУГЛЫХ ПЛАСТИН ИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тульский государственный университет
г. Тула, Россия

Воспользовавшись методикой нормированных пространств, предложенной в работе Н. М. Матченко и А. А. Трёщева [1], получим систему разрешающих уравнений для тонких круглых пластин из нелинейных разносопротивляющихся материалов, находящихся в условиях термомеханического нагружения. Считаем, что термодинамический потенциал Гиббса упрочняющегося материала представляет собой сумму квазилинейной, нелинейной и температурной составляющих. При этом квазилинейная и нелинейная части данного потенциала совпадает с точностью до констант, а нелинейность деформирования учитывается показателем степени n.

Для построения общей теории термоупругости нелинейных материалов рассматриваются малые изменения температуры $\theta^0/T_0 = 1$ (где θ^0 — изменение температуры; T_0 — начальная температура в точке тела в ненапряжённом состоянии), поэтому зависимостью механических и теплофизических характеристик материала от температуры можно пренебречь. Влияние вида напряжённого состояния на деформационные харак-

теристики материала учитывается на базе методик нормированных пространств напряжений [2], поэтому получим:

$$\Gamma = W_e + W_p^n + \Gamma_t\left(\theta^0\right) + \left[\left(b_{t1}\xi + b_{t2}\right)\sigma + b_{t1}\eta\,\tau\right]\theta^0, \qquad (1)$$

где $W_{e(p)} = \left(A_{e(p)} + B_{e(p)}\xi\right)\sigma^2 + \left(C_{e(p)} + D_{e(p)}\xi + E_{e(p)}\eta\cos 3\varphi\right)\tau^2$; $\Gamma_t\left(\theta^0\right)$ — температурные слагаемые; b_{ti} — константы потенциала [1]; $\xi = \sigma/S_0$ и $\eta = \tau/S_0$ — функции (нормированные нормальные и касательные напряжения на октаэдрической площадке); $\cos 3\varphi$ — фазовый инвариант; $\sigma = \sigma_{ij}\delta_{ij}/3$ — среднее нормальное напряжение; σ_{ij} — компоненты тензора напряжений; δ_{ij} — символ Кронекера; $S_0 = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$; $\tau = \sqrt{S_{ij}S_{ij}/3}$ — среднее касательное напряжение; $S_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma$ — компоненты девиатора напряжений; $A_{e(p)}, B_{e(p)}, C_{e(p)}, D_{e(p)}, E_{e(p)}$ — константы линейного (нелинейного) потенциала.

Применив операции дифференцирования в форме $e_{ij} = \partial\Gamma/\partial\sigma_{ij}$ и $L = \partial\Gamma/\partial T$ к термодинамическому потенциалу Гиббса (1), получим связь между компонентами тензоров деформаций и напряжений. Тогда уравнения состояния термоупругого изотропного разносопротивляющегося материала представляется в виде:

$$e_{ij} = 2C_e\left(2 + \delta_{ij}\right)\sigma_{ij}/3 + 2\left(A_e - C_e\right)\delta_{ij}\sigma/3 + b_{t2}\theta^0\delta_{ij}/3 + H_{ij}, \qquad (3)$$

где H_{ij} — нелинейные компоненты.

Зависимость между напряжениями и деформациями приобретает вид:

$$\sigma_{ij} = 6G\left(e_{ij} - H_{ij}\right)/\left(2 + \delta_{ij}\right) + 9\lambda\delta_{ij}\left(e - b_{t2}\theta^0 - 3H_{ij}\right)/\left(2 + \delta_{ij}\right), \qquad (4)$$

где $e = \delta e_{ij}/3$; $6G = 3/\left(2C_e\right)$; $9\lambda = \left(C_e - A_e\right)/2C_e\left(2C_e + A_e\right)$.

Учитывая осевую симметрию, принимается цилиндрическая система координат и рассматривается плоское напряженное состояние с параметром $\sigma_z = 0$. Компоненты тензора деформаций выражаются через параметры деформации и кривизны срединной поверхности, применительно к геометрически линейной задаче изгиба тонких пластин в цилиндрической системе координат. Продольные усилия и моменты определяются интегрированием компонентов тензора напряжений по толщине пластинки. Условия равновесия принимаются с учетом влияния продольных усилий, для случая равномерно распределенной нагрузки.

Уравнение притока тепла, при отсутствии локальных источников $\left(U = 0\right)$, записывается в форме:

$$C_\lambda \theta^0{}_{,k} - C_\sigma \theta^0{}_{,t} - \left(b_{t1} S_{0,t} + b_{t2} \sigma_{,t}\right) T_0 + U = 0\,, \qquad (8)$$

где C_λ — коэффициент теплопроводности; C_σ — теплоемкость материала.

После выполнения требуемых преобразований разрешающая система дифференциальных уравнений в частных производных приобретает следующий вид:

$$C_1 h\left(r \cdot u_{,rr} + u_{,r} - u/r\right) = g_1; \quad C_1 h^3 \left(w_{,rrr} + w_{,rr}/r - w_{,r}/r^2\right)\Big/12 + q = g_2;$$

$$\lambda\, \theta^0{}_{,zz} - C_\sigma \theta^0{}_{,t} - T_0 b_{t1} S_{0,t} - \left(6 C_1 - 8 C_2\right) T_0 b_{t2}{}^2 \theta^0{}_{,t} + \qquad (9)$$

$$+ 2 b_{t2} T_0 \left(C_1 - 2 C_2\right)\left(u_{,rt} + u_{,t} - w_{,rrt} - w_{,rt}\right)\Big/3 = g_3,$$

где $w = w(r,t)$ — функция вертикального прогиба; $u = u(r,t)$ — перемещения в срединной плоскости вдоль радиального направления; $\theta^0 = \theta^0(z,t)$ — функция температуры; $g_i = g_i(r,z,t)$, $(i = 1..3)$ — компоненты, содержащие в себе нелинейные составляющие, в частности функции $H_k(r,z,t)$, подлежащие численному определению; $C_1 = 4G(G+\lambda)/(2G+\lambda)$, $C_2 = G(6G+7\lambda)/(4G+2\lambda)$.

Полученные уравнения равновесия и уравнение притока тепла (9) образуют полную систему дифференциальных уравнений описывающих плосконапряженное состояние круглых пластин в условиях термомеханического нагружения. Разрешающие уравнения (9) с начальными и граничными условиями представлены в форме, удобной для применения метода «упругих решений», который и применяется для решения конкретной задачи. В процессе решения прослеживается влияние температуры на механические характеристики материалов и напряженного состояния на распределение температуры по толщине пластинки.

Литература

1. Матченко Н. М. Теория деформирования разносопротивляющихся материалов. Определяющие соотношения. / Н. М. Матченко, А. А. Трещев. — Тула: ТулГУ, 2000. — 149 с.
2. Чигинский Д. С. Вывод уравнений состояния для нелинейных материалов, находящихся в условиях термомеханического нагружения // 5-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции. Т. 2. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. — с. 128—133.

Связь с автором: dmitriy@chiginskiy.ru

СЕКЦИЯ 3

«Электротехника, энергетика, электроника, радиотехника и связь, транспорт»

И.Г. Белков, И.Н. Малышев

СПОСОБ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ S-ПАРАМЕТРОВ ВЧ КОМПОНЕНТОВ

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е.Алексеева
г. Нижний Новгород, Россия

Современные вычислительные средства позволяют проводить комплексную цифровую обработку данных в достаточно сложных многоэтапных измерительных процедурах. Такой подход может рассматриваться как единый измерительно-вычислительный процесс (ИВП).

При многоэтапных косвенных измерениях погрешности вектора искомых величин [Y] неявно связаны с погрешностями вектора результатов измерений [X] и вектора параметров [A] объектов, участвующих в процессе измерения:

$$\Lambda_X = G_1 \Lambda_Y G_1^t + G_2 \Lambda_a G_2^t\,,\ G_1 = -(B^t \Lambda^{-1} B)^{-1} \Lambda^{-1} C\,,\ G_2 = -(B^t \Lambda^{-1} B)^{-1} \Lambda^{-1} P\,;$$

$$B = [B_{nk}] = [\frac{\partial f_n}{\partial X_k}]\,,\ C = [C_{nl}] = [\frac{\partial f_n}{\partial Y_l}]\,,\ P = [P_{nr}] = [\frac{\partial f_n}{\partial A_r}]\,,$$

где Λx, Λy и Λa – ковариационная матрица векторов X, Y и A соответственно. Функциональная связь векторов: $f_n^i(Y, A, X) = \Delta n$, где Δn – вектор невязок для избыточных циклов измерений, Λ – ковариационная матрица вектора невязок.

В качестве примера рассматривается двухэтапный процесс измерения S-параметров электронных компонентов на ВЧ. Первый этап: калибровка – находится ковариационная матрица $\Lambda_Y^{(1)}$ параметров [Y] контактного устройства, при этом матрицы $\Lambda_X^{(1)}$ и $\Lambda_A^{(1)}$ характеризуют погрешности средств измерения. Второй этап: измерения - находиться погрешности измерения ($\Lambda_Y^{(2)}$) S-параметров электронных компонентов, при этом $\Lambda_X^{(2)}$ характеризует погрешность измерительного прибора, а матрица $\Lambda_Y^{(1)}$ трансформируется в $\Lambda_A^{(2)}$.

Совершенствуя данный способ можно определять количественное влияние точности измерительных средств измерения на итоговые результаты.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Р.В. Беляевский

О ВЛИЯНИИ МАЛОЗАГРУЖЕННЫХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Кузбасский государственный технический университет
г. Кемерово, Россия

Силовые трансформаторы являются крупными потребителями реактивной мощности на промышленных предприятиях. На их долю приходится около 30 % всей реактивной мощности, потребляемой в промышленных электрических сетях. Реактивная мощность, потребляемая силовыми трансформаторами, в общем случае складывается из двух составляющих: реактивной мощности намагничивания Q0 и реактивной мощности полей рассеяния Qр и определяется по формуле:

$$Q = Q_0 + Q_р = S_{ном.т}\left(\frac{I_0}{100} + \frac{u_к}{100}\beta^2\right), \qquad (1)$$

где Sном.т – номинальная мощность трансформатора, кВА; I0 – ток холостого хода трансформатора, %; uк – напряжение короткого замыкания трансформатора, %; β = S/Sном.т – коэффициент загрузки трансформатора.

Тогда коэффициент реактивной мощности силового трансформатора tgφ с учетом формулы (1) и ряда математических преобразований [1] будет равен:

$$tg\phi = \frac{Q}{P} = \frac{\frac{I_0}{100} + \frac{u_к}{100}\beta^2}{\sqrt{\beta^2 - \left(\frac{I_0}{100} + \frac{u_к}{100}\beta^2\right)^2}}. \qquad (2)$$

Как следует из формул (1) и (2), потребление реактивной мощности силовыми трансформаторами зависит от их коэффициента загрузки. В целях оценки влияния нагрузки трансформаторов на потребление реактивной мощности в соответствии с формулой (2) были определены значения коэффициента реактивной мощности для различных типов силовых трансформаторов номинальной мощностью 25–2500 кВА при различных значениях коэффициента загрузки. Исходными данными для расчетов являлись каталожные данные силовых трансформаторов, приведенные в [2] и в каталогах заводов-изготовителей. По результатам расчетов для каждого из трансформаторов были построены графики зависимости tgφ = f(β).

Дальнейший анализ показал, что характер изменения коэффициента реактивной мощности в зависимости от коэффициента загрузки оказался примерно одинаковым для отдельных групп рассматриваемых си-

ловых трансформаторов в определенных диапазонах их номинальных мощностей. Это позволило аппроксимировать графики зависимости tgφ = f(β) для данных групп силовых трансформаторов с использованием степенной аппроксимирующей функции. На рис. 1 в качестве примера приведены аппроксимированные графики зависимости tgφ = f(β) для силовых трансформаторов типа ТМ.

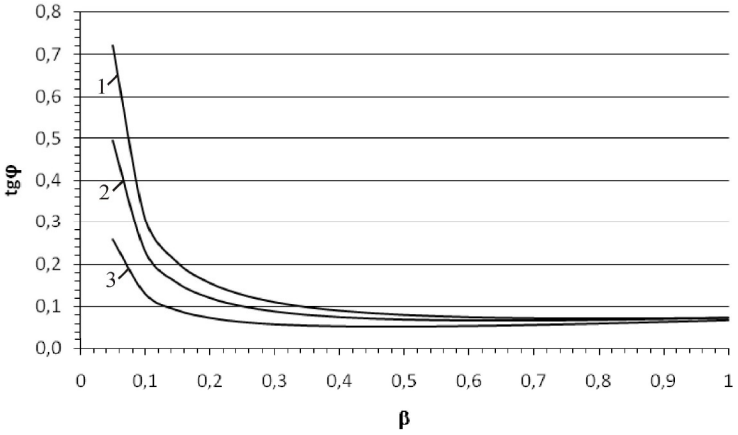


Рис. 1. Графики зависимости tgφ = f(β) для трансформаторов типа ТМ:1 – 25–100 кВА; 2 – 160–630 кВА; 3 – 1000–2500 кВА

Из графиков на рис. 1 видно, что коэффициент реактивной мощности силовых трансформаторов увеличивается при снижении их коэффициента загрузки. При этом в диапазоне коэффициентов загрузки β = 0,3–1 коэффициент реактивной мощности трансформаторов изменяется незначительно. Существенное увеличение tgφ силовых трансформаторов наблюдается при снижении их коэффициента загрузки менее β = 0,3. При уменьшении же коэффициента загрузки менее β = 0,1 происходит резкое возрастание tgφ силовых трансформаторов, что свидетельствует о повышенном потреблении ими реактивной мощности. При этом значительную часть реактивной мощности, потребляемой силовыми трансформаторами при малых загрузках, составляет реактивная мощность намагничивания.

Из графиков зависимости tgφ = f(β) также следует, что потребление реактивной мощности силовыми трансформаторами зависит и от величины их номинальной мощности. Данная зависимость проявляется в том, что с уменьшением номинальной мощности силовых трансформаторов относительная величина потребляемой ими реактивной мощности увеличивается [3].

Следует отметить, что проблема малой загрузки промышленного электрооборудования, в том числе силовых трансформаторов, является

чрезвычайно актуальной в настоящее время. В значительной степени это связано с отмечаемым в России в последние десятилетия общим спадом промышленного производства. Снижение коэффициента загрузки силовых трансформаторов приводит к повышенному потреблению ими реактивной мощности и увеличению общего коэффициента реактивной мощности промышленного предприятия. Поэтому при проведении энергетических обследований (энергоаудита) промышленных предприятий, осуществляемых в соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…» [4], необходимо проверять соответствие номинальной мощности силовых трансформаторов их нагрузке. Кроме того, в целях увеличения коэффициента загрузки и уменьшения реактивной мощности, потребляемой силовыми трансформаторами, на промышленных предприятиях должны проводиться мероприятия по рационализации их работы: замена трансформаторов, систематически имеющих коэффициент загрузки менее β = 0,3–0,4, и их перегруппировка, перевод нагрузки трансформаторов, временно имеющих коэффициент загрузки менее β = 0,3–0,4, на другие трансформаторы, а также отключение трансформаторов на время работы на холостом ходу. Реализация данных мероприятий на промышленных предприятиях должна способствовать увеличению коэффициента загрузки силовых трансформаторов, естественному уменьшению величины потребляемой ими реактивной мощности, снижению их коэффициента реактивной мощности и тем самым поддержанию нормируемых значений $tg\varphi$ в промышленных электрических сетях.

Литература

1. Ефременко В.М., Беляевский Р.В. Анализ влияния нагрузки силовых трансформаторов на потребление реактивной мощности / Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2009. – № 6. – С. 46-48.
2. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.
3. Ефременко В.М., Беляевский Р.В. Анализ зависимости коэффициента реактивной мощности от коэффициента загрузки силовых трансформаторов / Вестн. Кузбасского гос. тех. унив. – 2010. – № 1. – С. 107-109.
4. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г. : одобр. Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. – (Актуальный закон).

Связь с автором: belaevsky@mail.ru

А.В. Бирюков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТУПЕНИ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПАРЦИАЛЬНОМ ПОДВОДЕ К РЕГУЛИРУЮЩЕЙ СТУПЕНИ

Брянский государственный технический университет
г. Брянск, Россия

Экономичность работы паровых турбин малой мощности зависит от аэродинамической эффективности процесса течения рабочего тела. Согласно опытным данным, при использовании соплового парораспределения, конструкция и геометрические размеры камеры за регулирующей ступенью оказывают существенное влияние на характеристики работы первых ступеней давления и цилиндра высокого давления в целом.

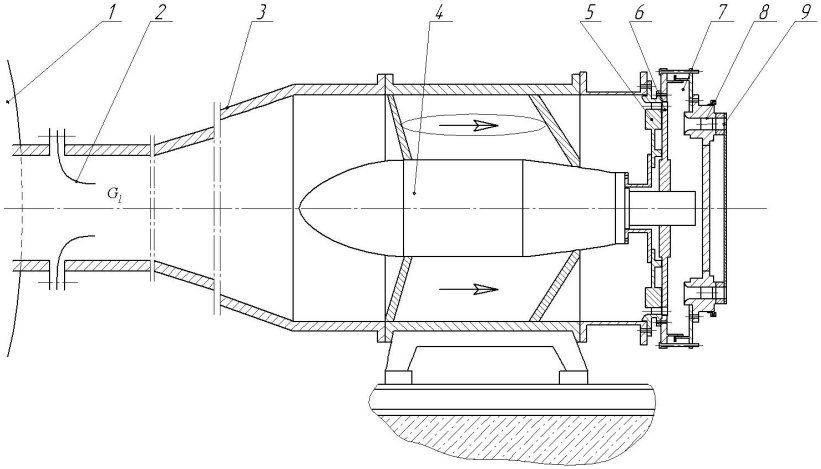


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - ресивер, 2 - расходомерное сопло, 3 - подводящий патрубок,4 – индукторный тормоз, 5 – диафрагма регулирующей ступени, 6 – рабочее колесо регулирующей ступени, 7- камера за регулирующей ступенью, 8- диафрагма ступени давления, 9 – щелевое сопротивление имитирующее работу рабочего колеса

Для исследования влияния парциального подвода на эффективность работы цилиндра высокого давления был выполнен экспериментальный динамический стенд (см.рис.1). Решение поставленной задачи в ходе исследования достигалось изучением суммарных характеристик моделей элементов проточной части в изолированных условиях, при совместной работе ступеней в отсеках, а также исследованием структуры потока в наиболее характерных сечениях. Это позволило выяснить зави-

симость основных аэродинамических характеристик объектов исследований от конструктивных и режимных параметров.

Наибольшие трудности возникают при определении влияния режимных и геометрических параметров на ступень 2. КПД ступени 2 η_2' зависит от следующих режимных параметров: степени парциальности предвключенной ступени 1, режимов работы ступени 2 $x_2 = (u/C_0)_2$ и предыдущей ступени 1 $x_1 = (u/C_0)_1$, т.к. режим работы ступени 1 определяет уровень закрутки потока и характер распространения массового расхода по окружности.

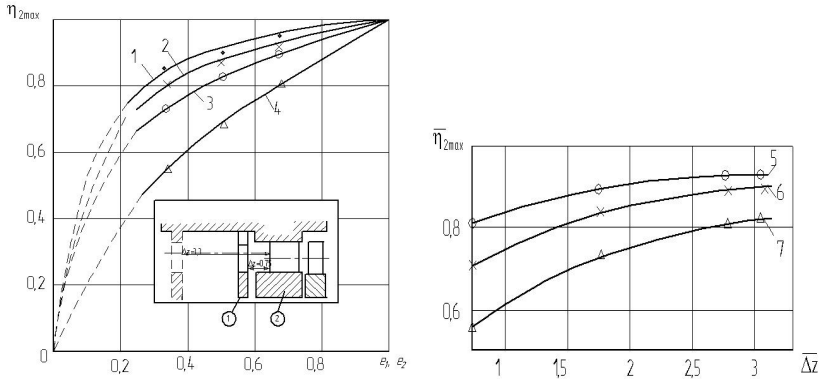


Рис. 2. Зависимости $\eta_2 = \dfrac{\eta_{2max}}{\eta_{2max}^{e_2=1}} = f\left(e_1, e_2, \bar{\Delta}_z\right)$: 1 – $\bar{\eta}_{2max} = f\left(e_2\right)$ - в изолированных условиях; 2, 3, 4 - $\bar{\eta}_{2max} = f\left(e_1\right)$ в отсеке при $\bar{\Delta}_z$ =2,8; 1,8; 0,8 и e=1,0; 5, 6, 7 – в отсеке при e2=1,0 и e1=0,67; 0,5; 0,33

Учитывая возможные режимы работы, геометрические параметры, изменение парциальности зависимость $\eta_2' = f(x_2)$ является трехпараметрической с величинами e и x_1 и ΔZ.

Последняя зависимость определялась в опытах следующим образом. Для каждого из выбранных трех-четырех фиксированных значений межступенчатого расстояния, при постоянной парциальности проводилось снятие характеристики $\eta_2' = f(x_2)$, при трех-пяти фиксированных режимах работы ступени 1. В результате получалась зависимость эффективности ступени 2 от указанных режимных параметров как функция трех переменных, позволяющая определить КПД ступени 2 для любой комбинации режимных параметров в исследованном диапазоне. [2,3]

С целью приведения параметров потока к одному режиму и возможности последующего сравнения была специально разработана методика проведения экспериментальных исследований.

В ходе испытаний получены следующие результаты. Возникшая входная неравномерность потока рабочей среды качественно сохраняется на всех ступенях части высокого давления и снижает ее кпд на 1,5–2 %. КПД второй ступени с полным подводом рабочего тела при работе в отсеке зависит от степени парциальности e_1 предвключенной ступени сильнее, чем от собственной степени парциальности e_2 при работе в изолированных условиях (см. рис.2).

Литература

1. Гоголев И.Г, Дроконов Р.И., Тарасов В.В. Характеристики двухступенчатого отсека и его второй ступени при парциальном впуске первой ступени // Теплоэнергетика. - 1983. - №6. - С. 24-26.
2. Кириллов И.И. Теория турбомашин. – Л.: Машиностроение, 1972.– 536 с.

Связь с автором: Biryukov.Alexis@gmail.com

Е.В. Горенбейн

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯГОВОГО ТОКА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА УСТРОЙСТВА РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ И АЛС

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»)
г. Москва, Россия

В настоящее время на железнодорожном транспорте России системами регулирования движения поездов являются автоблокировка, электрическая и диспетчерская централизация, автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС), переездная сигнализация, а также устройства автоматики сортировочных горок. Основным элементом всех перечисленных систем железнодорожной автоматики являются рельсовые цепи (РЦ). РЦ в значительной степени определяют надёжность работы систем регулирования и безопасность движения поездов. Отказы в работе РЦ приводят к значительным сбоям в движении поездов, усложняют работу работникам службы движения, способствуют возникновению аварийных ситуаций.

С возрастанием скоростей и интенсивности движения поездов повышаются требования к рельсовым цепям. Широкое внедрение электрической тяги, повышение тяговых токов при движении тяжеловесных и высокоскоростных поездов, применение нового типа подвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями, повышенные уровни помех от

электроподвижного состава (ЭПС) и ряд других факторов существенно усложнили условия работы рельсовых цепей.

Работа рельсовых цепей основана на передаче сигнального тока от передатчика (генератора) к приёмнику по рельсовой линии. В то же время, на электрифицированных участках железных дорог рельсы являются проводником обратного тягового тока от электроподвижного состава к тяговым подстанциям. Присутствующие в обратном токе, протекающем по рельсам, гармонические составляющие в рабочих полосах частот могут оказывать мешающее и опасное влияние на аппаратуру рельсовых цепей.

Мешающее влияние связано с явлением «ложной занятости» РЦ при её фактическом свободном от подвижного состава состоянии, что приводит к невозможности автоматического перевода стрелок и открытия сигналов, перекрытию светофоров на запрещающее показание, т.е. возникают сбои в движении поездов, влияющие на пропускную способность железнодорожных линий. Опасное влияние связано с явлением «ложной свободности» РЦ при её фактической занятости или наличии обрыва рельсовой нити, что приводит к нарушению условий безопасности движения и возникновению аварийных ситуаций (в частности, к крушению поездов, возможности перевода стрелки под составом, открытию светофора на занятый путь).

В настоящее время на железных дорогах Российской Федерации действуют нормативы на допустимые уровни гармонических составляющих тока подвижного состава в полосах пропускания приёмных устройств РЦ и АЛС, изложенные Нормах безопасности на железнодорожном транспорте, введённых в действие указанием МПС России в 1998 году: НБ ЖТ ЦТ 01-98 (Дизель-поезда), НБ ЖТ ЦТ 02-98 (Тепловозы), НБ ЖТ ЦТ 03-98 (Электропоезда) и НБ ЖТ ЦТ 04-98 (Электровозы). При составлении этих нормативов предполагалось, что в рельсовой линии протекает весь обратный тяговый ток и его гармонические составляющие от подвижного состава к тяговой подстанции, а значения коэффициентов асимметрии рельсовой линии при оценке параметров мешающего влияния принимались равными 12%, не учитывалось наличие нескольких воздействующих поездов, одновременно движущихся по фидерной зоне.

Результаты испытаний перспективных видов электроподвижного состава показывают, что в ряде случаев имеют место превышения нормируемых допустимых значений уровней гармонических составляющих токов электровозов и электропоездов при отсутствии зарегистрированных сбоев в работе устройств СЦБ по этой причине.

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований, проведённых на Экспериментальном кольце ВНИИЖТ ст. Щербинка, на Северной, Октябрьской и Горьковской ж.д., были поставлены и решены следующие задачи:

1) разработаны методы расчёта и экспериментального определения параметров электромагнитной совместимости (ЭМС) тягового подвижного состава с устройствами рельсовых цепей и АЛС, к которым относятся:

- уровни помехоустойчивости приёмных устройств РЦ и АЛС (допустимые по условиям мешающего или опасного воздействия токи помех);

- коэффициенты распределения токов гармонических составляющих в рельсовой линии;

- коэффициенты асимметрии рельсовой линии для гармонических составляющих тока электроподвижного состава;

- количество воздействующих поездов и воздействующих единиц в составе поезда (локомотивы, секции электровоза, моторные вагоны и др.);

- длительности воздействия помех.

2) разработана методика определения допустимых значений гармонических составляющих тока тягового подвижного состава при электрической тяге постоянного и переменного тока с учётом растекания тягового тока в рельсовой сети и влияния нескольких воздействующих поездов на фидерной зоне.

Расчёты выполнялись с использованием программы Mathcad, проведено математическое моделирование в программе Electronics Workbench.

На основании выполненных расчётов и результатов испытаний проведены уточнение и переработка нормативов по обеспечению электромагнитной совместимости подвижного состава с устройствами рельсовых цепей и АЛС. Разработаны научно обоснованные и экспериментально проверенные нормативы, позволяющие в ряде случаев исключить необоснованно жёсткие требования, предъявляемые к перспективному подвижному составу.

Связь с автором: evg0@yandex.ru

Е.В. Горенбейн

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЁМНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»)
г. Москва, Россия

Системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) предназначены для передачи на локомотив (в кабину машиниста) информации о показаниях путевых светофоров, к которым приближается поезд. Применение устройств АЛС позволяет существенно повысить уровень безопасности движения и улучшить условия работы локомотивных бригад.

Устройства АЛС непрерывного типа обеспечивают автоматическую передачу с пути и приём на локомотиве сигналов, соответствующих показаниям путевых светофоров. Каналом связи между путевыми и локомотивными устройствами в системах АЛС является рельсовая

линия. Для передачи на локомотив сигнальных показаний навстречу поезду в рельсы подаётся кодовый сигнал (переменный ток), содержащий информацию о показаниях путевых светофоров.

На железных дорогах России широкое распространение получили две системы автоматической локомотивной сигнализации – система АЛСН числового кода и многозначная система АЛС-ЕН с фазоразностной модуляцией. В таблице 1 приведены технические параметры устройств автоматической локомотивной сигнализации АЛСН и АЛС-ЕН.

Таблица 1

Параметры устройств АЛС

Параметр	АЛСН			АЛС-ЕН
	25 Гц	50 Гц	75 Гц	
Применяемость	автономная тяга и электротяга переменного тока	автономная тяга и электротяга постоянного тока	электротяга постоянного и переменного тока	автономная тяга и электротяга постоянного и переменного тока
Частота сигнального тока, Гц	25	50	75	175
Рабочая полоса приёмных устройств Δf , Гц	14	20	20	17
Чувствительность приёмных устройств $I_{сраб}$, А	0,95-1,15	0,60-0,90 – при автономной тяге 1,30-1,60 – при электротяге	0,95-1,15	0,25
Ток надёжного несрабатывания приёмных устройств $I_{отп}$, А	0,45	0,33 – при автон. тяге 0,6 – при электротяге	0,45	0,2
Минимальное значение тока на входном конце РЦ $I_{экспл}$, А	1,4	1,2 – при автон. тяге 2,0 – при электротяге	1,4	0,28

Существенные ограничения при выборе сигнальных частот и уровней сигналов АЛС вносят:

- помехи на электрифицированных участках железных дорог, которые представляют собой непрерывные (сосредоточенные) помехи на частотах, кратных 300 или 600 Гц, при электротяге постоянного тока, и непрерывные помехи на нечётных гармониках 50 Гц при электротяге переменного тока;

- помехи гармонических составляющих токов, вызываемые работой тяговых преобразователей электроподвижного состава в широком диапазоне частот;

- импульсные помехи, присутствующие практически во всём тональном спектре частот, вызываемые изменением магнитного потока в ходовых частях локомотива, разностного тока в рельсах, изменением переходных сопротивлений между бандажами колёсных пар и рельсами, некачественным токосъёмом, искрением токоприёмника и др.;

- помехи, вызываемые сигналами рельсовых цепей;

- значения первичных параметров рельсовой линии, зависящие от типа рельсов, состояния токопроводящих стыков, частоты сигнального тока, степени загрязнения балласта, температуры окружающей среды, влажности воздуха и др.;

- параметры физической (кабельной) линии, соединяющей кодовую аппаратуру АЛС с рельсовой линией (электрическое сопротивление, индуктивность проводов, ёмкость, определяющие километрическое затухание линии, переходные затухания и др);

- параметры элементов рельсовой цепи (дроссель-трансформаторов, путевых трансформаторов, дросселей, фильтров и др.);

- допустимые отклонения напряжений электропитания устройств.

Оценка допустимых значений токов помех под приёмными катушками АЛС проводилась путём анализа эксплуатационных параметров сигналов и технических характеристик приёмных устройств, вида модуляции сигналов, временных характеристик, допустимого соотношения сигнал/помеха, рабочей ширины полосы пропускания, затухания сигналов и др.

В результате проведённых расчётов были получены следующие допустимые эффективные значения тока помехи в рельсах под приёмными локомотивными катушками АЛС в полосе пропускания приёмных устройств $I_{пск}$, приведённые в таблице 2.

Таблица 2

Допустимые значения тока помехи в рельсах под локомотивными катушками АЛС

Тип АЛС	Полоса частот, Гц	$I_{пск}$, А
АЛСН 25 Гц	18-32	0,250
АЛСН 50 Гц	40-60	0,400
АЛСН 75 Гц	65-85	0,250
АЛС-ЕН 175 Гц	167-184	0,030

Проведённая экспериментальная проверка уровней помехоустойчивости приёмных устройств АЛС в лабораторных условиях и в условиях реальной эксплуатации подтвердила правильность разработанной методики расчёта и полученных результатов.

Связь с автором: evg0@yandex.ru

А.И. Данилушкин, Л.А. Мигачева, С.В. Алимов, В.Г. Крайнов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Самарский государственный технический университет
г. Самара, Россия
Газпром
г. Москва, Россия

Для обслуживания газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов используются вспомогательные технологические системы и установки, суммарная мощность которых составляет сотни кВт. К ним относятся АВО газа, оснащенные асинхронными электродвигателями, которые работают в режиме, далеком от оптимального по потреблению электроэнергии. Снижение энергозатрат за счет применения регулируемых электроприводов на аппаратах воздушного охлаждения на базе существующего электрооборудования может обеспечить значительную экономию электроэнергии. Факторами, определяющими технико-экономическую эффективность применения регулируемых электроприводов, являются: исключение затрат по замене электродвигателей вентиляторов, выходящих из строя из-за перегрева при повторно-кратковременном режиме работы; значительное снижение расхода электроэнергии, потребляемой асинхронными электродвигателями, за счет выбора оптимального режима работы.

Анализ работы аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа показал, что существующие в настоящее время системы дискретного регулирования не всегда позволяют стабилизировать температуру газа с требуемой точностью. Повышение точности стабилизации температуры газа ограничивается техническими возможностями средств реализации дискретных систем автоматического управления АВО. Существенным недостатком дискретного способа регулирования является необходимость частых прямых пусков электродвигателей, что приводит к увеличению непроизводительных затрат электроэнергии и значительно снижает ресурс электродвигателей, не рассчитанных на повторно-кратковременный режим работы. В то же время проведенный анализ нагрузочных характеристик электродвигателей, а так же механических и аэродинамических характеристик вентиляторов показывает, что установленные на агрегатах исполнительные механизмы позволяют устранить имеющиеся недостатки дискретного способа регулирования за счет применения системы непрерывного регулирования частоты вращения вентиляторов и таким образом улучшить эксплуатационные качества электроприводов. Для выработки обоснованных решений по реализации непрерывной системы автоматического регулирования АВО газа проведены исследования динамических свойств объекта на базе упрощенных моделей процесса теплообмена в системе «поток воздух – поток газа». В соответствии с расчетами, выпол-

ненными на основании исследований, разработаны рекомендации по определению необходимого диапазона регулирования частоты вращения вентиляторов применительно к конкретной установке.

Численная математическая модель процесса теплообмена учитывает влияние многочисленных параметров и внешних возмущений и представляет собой систему уравнений в частных производных вида

$$G_г\gamma_г c_г\left(T_1\left(L,t\right)-T_1\left(0,t\right)\right)=G_в\gamma_в c_в\left(T_3\left(L,t\right)-T_3\left(0,t\right)\right); \qquad (1)$$

$$\frac{\partial T_1\left(x,t\right)}{\partial t}=-V_г\frac{\partial T_1\left(x,t\right)}{\partial x}-\frac{2\alpha_1\left(T_2,V_г\right)}{c\gamma R_1}\left(T_1\left(x,t\right)-T_2\left(x,t\right)\right), \qquad (2)$$

$$x\in\left[0,L\right];$$

$$\frac{\partial T_2\left(r,x,t\right)}{\partial t}=a_2\left[\frac{\partial^2 T_2\left(r,x,t\right)}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T_2\left(r,x,t\right)}{\partial r}+\frac{\partial^2 T_2\left(r,x,t\right)}{\partial x^2}\right]-$$
$$-\frac{2\alpha_2\left(T_2,T_3,V_в\right)}{c\gamma R_2}\left(T_2\left(R_2,x,t\right)-T_3\left(R_2,x,t\right)\right), \qquad (3)$$

$$r\in\left[R_1,R_2\right];\quad x\in\left[0,L\right]$$

$$\frac{\partial T_3\left(z,x,t\right)}{\partial t}=-V_В\frac{\partial T_В}{\partial z}-\frac{2\alpha_3\left(T_2,T_3,V_В,x,z\right)}{c\gamma h_2}\left(T_2\left(R_2,x,z,t\right)-T_3\left(R_2,x,z,t\right)\right), \qquad (4)$$
$$z\in\left[0,Z\right]$$

Здесь: первое уравнение описывает тепловой баланс для отдельной трубы, второе – теплообмен между потоком газа и стенкой трубы, третье уравнение описывает теплообмен между стенкой трубы и воздушным потоком, четвертое – процесс теплопередачи по ходу воздушного потока, $T_1\left(x,t\right)$,–средняя по сечению температура газа $T_2\left(r,x,t\right)$, $T_3\left(x,t\right)$ – температура соответственно стенки трубы и воздушного потока, $T_в\left(x,t\right)$ – температура воздушного потока от входа к выходу, $G_г, G_В$ – массовый расход газа и воздуха соответственно для каждой отдельно взятой трубы АВО, x – аксиальная координата газового потока, r – радиальная координата стенки трубы, t время процесса, z – продольная координата воздушного потока, $V_г$ – скорость газового потока, $V_В$ – скорость потока воздуха, a_2 – коэффициент температуропроводности материала трубы, $\alpha_1\left(x\right), \alpha_2\left(z,x\right)$ – коэффициенты теплообмена между внутренней стенкой трубы и газовым потоком и внешней стенкой трубы и воздушным потоком

соответственно, h_2 – расстояние между соседними ребрами оребрения труб, L – длина трубы, R_1 – внутренний радиус трубы, R_2 – внешний радиус трубы, Z – высота теплообменного аппарата. Характер течения газа принимается турбулентным, поэтому температура газа оценивается как средняя по сечению потока. Краевые условия принимают вид

$$T_1(x,0) = T_{01}(x)\,,\ T_3(z,x,0) = T_3\,,$$

$$T_2(r,x,0) = T_2\,;\ T_1(0,t) = T_1^0(t)\,,\ T_3(0,x,t) = T_3^0(t)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2(r,x,t)}{\partial r}\Big|_{r=R_1} = \alpha_1\left[T_1(R_1,x,t) - T_2(R_1,x,t)\right],$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2(r,x,t)}{\partial r}\Big|_{r=R_2} = \alpha_2\left[T_3(R_2,x,t) - T_2(R_2,x,t)\right] \qquad (5)$$

Здесь λ_2 - коэффициент теплопроводности материала трубы.

На основе численного моделирования объекта (1)– (5) и анализа полученных результатов предложена удовлетворительная аппроксимация исходной модели процесса теплообмена в АВО в форме одномерного уравнения теплопередачи

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = -V_г \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} - \frac{2\alpha(x,t)}{c\gamma R_2}\left(T(x,t) - T_в(x,t)\right) \qquad (6)$$

Здесь $\alpha(x,t)$ – коэффициент теплоотдачи от газа к воздуху, определенный экспериментально. Коэффициенты аппроксимации находились методом наименьших квадратов путем сравнения с точными выражениями, полученными для модели (1) – (5).

Преобразуем (6) по Лапласу при нулевых начальных условиях

$$pT(x,p) + V_г \frac{\partial T(x,p)}{\partial x} = \frac{2\alpha(x,p)}{c\gamma R_2}\left(T(x,p) - T_в(x,p)\right)$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$T(x,p) = \frac{1}{1 + \frac{c\gamma R_2}{2\alpha}\cdot p}\cdot e^{-\frac{x}{V}\left(p + \frac{2\alpha(x,p)}{c\gamma R_2}\right)} \cdot \int_0^x T_в(\eta,p)\, e^{\frac{\eta}{V}\left(p + \frac{2б(\eta,p)}{c\gamma R_2}\right)} d\eta\,. \qquad (7)$$

В качестве управляющего воздействия рассматривается эквивалентный коэффициент $\alpha(x,t)$ теплоотдачи от газа к воздуху в аппарате воздушного охлаждения. Реализация управляющего воздействия осуще-

ствляется изменением объемного расхода воздуха через теплообменник, подчиненного ограничению вида

$$G_{max} \geq G_в(t) \geq G_{min}\ , \qquad (8)$$

определяемый скоростью воздуха и сечением S камеры теплообменника, $G_В(t) = V_в(t) \cdot S$.

Для анализа передаточных свойств объекта при сосредоточенном управлении изменением объемного расхода воздуха запишем уравнение (6) в отклонениях от установившегося режима, характеризующегося постоянными скоростью нагрева $V = const$ и температурой окружающей среды $T_в(t) = T_0 = const$ относительно коэффициента теплообмена $\alpha(p)$.

При воздействии по этому входу получим, линеаризуя (6), уравнение объекта управления в приращениях:

$$V_г \frac{\partial \Delta T_\alpha(x,t)}{\partial x} + \frac{\partial \Delta T_\alpha(x,t)}{\partial t} + T_0(x) \cdot \Delta\alpha + \alpha_0 \cdot \Delta T_\alpha(x,t) = 0$$

Здесь $V_г = const$ и $\alpha_0 = const$ соответствуют исходному установившемуся режиму нагрева; $T_0(x)$ и $\left(\frac{dT_\alpha}{dx}\right)_{t=0}$ – температурное поле и его градиент для этого исходного режима; $\Delta\alpha$ – входное воздействие в отклонениях от установившегося значения при $V = const$.

Передаточная функция объекта управления по рассматриваемому каналу может быть получена в виде [1]:

$$W_\alpha(p,x) = \frac{\Delta T_\alpha(p,x)}{\Delta\alpha(p)} = \frac{k}{V}\int_0^x e^{-\frac{p+\alpha}{V}(x-\eta)} \cdot T_0(\eta)d\eta\ . \qquad (9)$$

Функции $T_0(x)$ и $\left(\frac{dT(x)}{dx}\right)_{t=0}$ находятся как решения уравнения (6) при $\frac{dT}{dt} = 0$; $V(t) = V$; $\alpha(x,t) = \alpha_0$. Для частного случая постоянства коэффициента теплоотдачи по длине трубки теплообменника имеем

$$T_0(x) = \frac{2\alpha T_в}{c\gamma RV}\left(1 - e^{-\alpha\frac{x}{V}}\right), \left(\frac{dT(x)}{dx}\right)_{t=0} = \frac{2T_в}{c\gamma R} e^{-\alpha\frac{x}{V}}\ . \qquad (10)$$

откуда

$$W_\beta(p,x)=\frac{c\gamma k_0}{2\alpha_0}\left[\frac{1-e^{-p\frac{x}{V}}}{p+\frac{2\alpha_0}{c\gamma R}}+\frac{k_0(x)}{p}\left(1-e^{-p\frac{x}{V}}\right)\right], \qquad (11)$$

где $k_0(x)=e^{-\frac{2\alpha}{c\gamma R}\frac{x}{V}}$.

Полученная передаточная функция положена в основу синтеза системы автоматической стабилизации температуры в системе АВО газа.

Литература

1. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем с распределенными параметрами. Москва, «Высшая школа», 2003, 299с.

Связь с автором: epp@samgtu.ru

В.А. Карлов

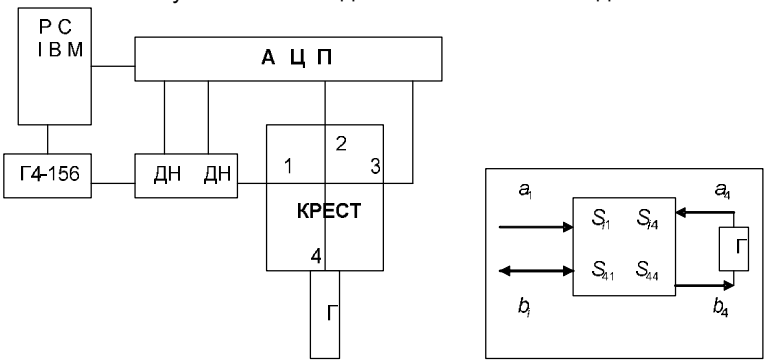
БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Днепропетровский национальный университет им Олеся Гончара
г. Днепропетровск, Украина

Разработка измерителей комплексного коэффициента отражения (КО) на основе многоплечей отсчетной неоднородности (Е-плоскостного крестообразного делителя мощности) [1] обладает целым рядом преимуществ: простота конструкции делителя позволяет аттестовать ее по геометрическим размерам и построить адекватную электродинамическую модель для нахождения трех независимых коэффициентов матрицы рассеяния; использование направленных детекторов от рефлектометров типа Р2- для измерения нагруженных коэффициентов матрицы рассеяния делителя позволяет с небольшими затратами изготовить прибор на соответствующих частотных диапазонах; использование направленных детекторов по прямому назначению, т.е. с минимальным внесением погрешностей измерения КСВ и коэффициента ослабления, позволяет использовать делитель, как эталонный элемент с расчетными параметрами. Перечисленные преимущества позволяют свести предварительную калибровку прибора к градуировке индикаторов мощности по одной согласованной нагрузке.

На рис. 1.а приведена структурная схема измерителя. В передающий канал между генератором и первым плечом крестообразного дели-

теля включались направленные детекторы (ДН) настроенные на индикацию опорной мощности генератора и мощности, отраженной от первого плеча. Измерение комплексного коэффициента отражения $\dot{\Gamma}$ проводилось либо по шестиплечему варианту измерительного преобразователя, либо по пятиплечему – в области однозначного его нахождения.



а) б)

Рис. 1. а) структурная схема измерителя, б) эквивалентная схема передающих каналов скалярных рефлектометров

Как видно из рис. 1.а, рабочее уравнение для крестообразного делителя мощности запишется в виде:

$$\frac{b_i}{a_i} = \dot{S}_{i1} + \dot{S}_{i4}\frac{\dot{\Gamma}\dot{S}_{41}}{1-\dot{\Gamma}\dot{S}_{41}}\ , \qquad (1)$$

где $\dot{a}_j\left(\dot{b}_i\right)$ – входные (выходные) волны в плечах делителя, $\dot{S}_{ij}$ – расчетные коэффициенты матрицы рассеяния.

В матричной форме уравнения (1) запишутся в виде:

$$\begin{pmatrix} \dot{b}_i \\ \dot{b}_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{S}_{i1} & \dot{S}_{i4} \\ \dot{S}_{41} & \dot{S}_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{a}_1 \\ \dot{a}_4 \end{pmatrix}. \qquad (2)$$

Таким образом, эквивалентную схему измерителя рис. 1.б можно рассматривать как состоящую из четырех скалярных рефлектометров, измеряющих относительные мощности $\overline{P}_i = P_i/P_0 \sim \left|\dot{b}_i/\dot{a}_1\right|^2$, отраженные от нагрузки с КО $\dot{\Gamma}$, перед которой включен четырехполюсник с матрицей

рассеяния $\begin{pmatrix} \hat{S}_{11} & \hat{S}_{14} \\ \hat{S}_{41} & \hat{S}_{44} \end{pmatrix}$. Численные значения коэффициентов $\hat{S}_{ij}$ находились в результате решения краевой задачи Неймана относительно магнитной компоненты $\hat{H}_x$ волны H_{10} [2].

Экспериментальные исследования проводились в 8-мм диапазоне длин волн, сечение прямоугольного волновода 7.2x3.4 мм. В качестве подвижных нагрузок использовались клинья с различным модулем КО. Вибрации на клинья через жесткий шток передавались от диффузора динамика мощностью 80 Вт. На рис. 2 приведены результаты измерений на частоте 28.5 ГГц. Частота низкочастотного генератора – 20 Гц.

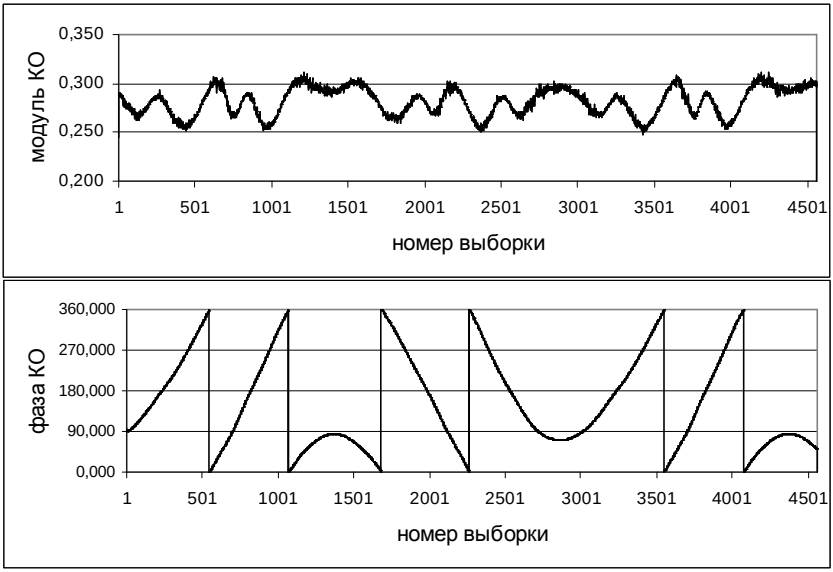


Рис. 2. Результаты измерения комплексного КО от вибрирующей нагрузки

Для проведения экспериментов использовались подвижные нагрузки с модулем коэффициента отражения 0.15, 0.27, 0.55, 1.0. На комплексной плоскости КО в полученные выборки, методом наименьших квадратов, вписывалась окружность для нахождения систематической и случайной погрешностей [1]. По результатам измерений перечисленных нагрузок систематическая погрешность не превышала 5% по модулю КО, а максимальная – 10%. Быстрота измерений при использовании шестиплечего варианта преобразователя равнялась 20 мкс/тчк, а при использовании пятиплечего – 15 мкс/тчк (считывание показаний производилось при отключении прерываний в соответствующей ассемблерной функции).

Основное преимущество рассматриваемого измерителя заключается в малой электрической (линейной) длине между отсчетным фланцем и неоднородностью креста. В рассматриваемой конструкции расстояние между фланцем и плоскостью симметрии креста равнялось 13.7мм. Измеренный КО от короткозамкнутой пластины на 117 частотах рабочего диапазона равнялся 0.9±0.1 по модулю КО и 180±10 градусов по фазе (первоначально проводилась калибровка во всем диапазоне частот, а затем измерения).

Полученные результаты могут быть использованы при разработке виртуальных осциллографов комплексного коэффициента отражения миллиметрового диапазона длин волн.

Литература

1. Барташевский Е.Л., Карлов В.А.. Векторный СВЧ-рефлектометр на основе четырехплечего делителя мощности // Электронная техника. Сер. 1, Электроника СВЧ. – 1989. – Вып. 1(415). – С. 38-44.
2. Карлов В.А.. Электродинамический анализ крестообразного соединения прямоугольных волноводов // Электронная техника. Сер. 1, Электроника СВЧ. – 1986. – Вып. 6(390). – С. 47-49.

Связь с автором: karl0v@mail.ru

Б.О. Качанов, Е.Ю. Толстолужинский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ОРИЕНТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Москва, Россия

Рассматривается метод определения углов ориентации летательного аппарата на основе комплексной обработки информации от приёмника спутниковой навигационной системы, акселерометров и датчиков угловых скоростей. Предлагается использовать измерения, накопленные на скользящем интервале времени наблюдения. При этом накопленные измерения представляются в частотной области с помощью преобразования Лапласа, что позволит значительно снизить влияние ошибок измерений. Метод предназначен для коррекции бесплатформенной инерциальной навигационной системы, а также для применения в системах управления летательных аппаратов.

Введение

Основным недостатком бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) является накопление погрешностей, в том числе и в определении параметров ориентации. Поэтому задача определения углового положения с помощью спутниковой навигационной системы (СНС) с необходимой точностью и без ограничения времени является актуальной. При этом наибольшую трудность представляет правильный учет статистик ошибок СНС в условиях влияния возможных сбоев и помех, как естественной, так и искусственной природы. Кроме того, не гарантируется непрерывное получение информации от СНС. В этих условиях целесообразна разработка метода, в котором бы автоматически определялась мера влияния ошибок СНС на точность определения ориентации.

В работе [1] предложен метод определения углов ориентации летательного аппарата (ЛА) основанный на комплексной обработке информации от установленных на борту акселерометров, датчиков угловых скоростей (ДУС) и приёмника СНС. При этом используются данные, накопленные на скользящем интервале времени наблюдения интервале $[t_0, t]$, $t_0 = t - T$, где t – текущий момент времени, T – длина интервала времени наблюдения. Это исключает накопление ошибок и влияние сбоев.

В настоящей статье предлагается развитие этого метода за счёт применения финитного преобразования Лапласа к накопленным измерениям. Такой подход даёт возможность решать задачу при ограничении полосы частот процессов измерений, используя при этом низкочастотные гармонические составляющие, менее подверженные ошибкам, а также позволяет определять фактическую точность получаемых углов ориентации.

Постановка задачи

Акселерометры и ДУС жёстко установлены на ЛА, а их оси чувствительностей совпадают с осями связанной системы координат (СК). Положение связанной СК относительно нормальной земной СК определяется углами ψ, ϑ, γ – рыскания, тангажа и крена (ГОСТ 20058-80). Информация от инерциальных датчиков поступает с малым шагом дискретизации по времени Δt, а от приёмника СНС с шагом $\Delta t_{СНС} > \Delta t$.

Уравнение движения центра масс ЛА относительно инерциальной СК имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{V}_x &= n_x - \omega_y V_z + \omega_y V_z - g_T \sin\vartheta, \\ \dot{V}_y &= n_y - \omega_z V_x + \omega_x V_z - g_T \cos\vartheta \cos\gamma, \\ \dot{V}_z &= n_z - \omega_x V_y + \omega_y V_x + g_T \cos\vartheta \sin\gamma, \end{aligned} \qquad (1)$$

где V_x, V_y, V_z – составляющие вектора абсолютной скорости; nx, ny, nz и ω_x, ω_y, ω_z – проекции вектора кажущегося ускорения n и вектора угловой скорости ω на оси связанной СК которые представляют собой измерения акселерометров и ДУС; gT – величина удельной силы тяжести.

Длина отрезка времени наблюдения зависит от частоты выдачи информации приёмником СНС, и не превышает десятков секунд. За это время ЛА пролетает относительно небольшое расстояние, поэтому можно не учитывать суточное вращение и форму Земли. Тогда для отдельно взятого отрезка времени наблюдения без заметной потери точности допустимо совмещение инерциальной СК и текущей нормальной земной СК с началом в точке местоположения ЛА на момент времени t0. В этом случае скорость определяемая уравнением (1) будет связана с её проекциями в нормальной земной СК следующим выражением:

$$A(\psi,\vartheta,\gamma)[V_x \quad V_y \quad V_z]^T = [V_N \quad V_H \quad V_E]^T + e_c\,, \tag{2}$$

где V_N, V_H, V_E – составляющие земной скорости ЛА в осях нормальной земной СК; A(ψ, ϑ, γ) – матрица направляющих косинусов, которая определяет переход от связанной СК к нормальной; e_c – вектор ошибок, обусловленных, в том числе, и ошибками измерений датчиков, и неточностью задания начальных условий.

Уравнения (1) дополняются кинематическими уравнениями вращательного движения:

$$\begin{gathered}\dot{\psi} = \cos^{-1}\vartheta\cdot(\omega_y\cos\gamma - \omega_z\sin\gamma)\,,\\ \dot{\vartheta} = \omega_z\cos\gamma + \omega_y\sin\gamma\,,\\ \dot{\gamma} = \omega_x - \tan\vartheta\cdot(\omega_y\cos\gamma - \omega_z\sin\gamma)\,.\end{gathered} \tag{3}$$

Тогда в общем виде уравнения движения ЛА будут представлены следующим образом:

$$\dot{y} = f(y,n,\omega)\,,\ \ y = [V_x \quad V_y \quad V_z \quad \psi \quad \vartheta \quad \gamma]^T\,, \tag{4}$$

здесь y – вектор состояния, а векторы n и ω являются входными воздействиями.

В информации от приёмника СНС удерживаются скорости, которые представляются в виде:

$$z = [V_N \quad V_H \quad V_E]^T + e_s \tag{5}$$

где e_s – вектор ошибок измерений приёмника СНС. В силу сложности модели ошибок СНС требуется, чтобы вычисление оценки ориентации не опиралось на априорные данные об их статистиках. Кроме того, должно допускаться отсутствие части измерений СНС.

Рассмотрим постановку задачи для фиксированного положения интервала наблюдения [t_0, t]. Динамическая система задана уравнением (4). Используя наблюдения (5) на отрезке времени [t0, t] необходимо идентифицировать вектор начальных условий:

$$a = y(t_0) = [V_x(t_0) \quad V_y(t_0) \quad V_z(t_0) \quad \psi(t_0) \quad \vartheta(t_0) \quad \gamma(t_0)]^T . \qquad (6)$$

Определение углов ориентации на текущий момент времени осуществляется пересчётом оценок начальных углов с помощью уравнений (3). Затем интервал наблюдения сдвигается на шаг Δt и вычисления повторяются.

Метод определения углов ориентации

Так как уравнения объекта (4) являются нелинейными то задача определения вектора начальных условий (5) представляется в виде итерационного алгоритма.

Обозначим $Z_T(t)$ – вектор совокупности измерений (3) на отрезке [t_0, t]. На каждом шаге алгоритма выполняется линеаризация этого вектора в окрестности текущего приближения искомого вектора начальных условий a = a0, которая имеет вид:

$$Z_T(t) \approx Z_{T0}(t) + \varphi(t)(a - a_0) . \qquad (7)$$

Здесь $Z_{T0}(t)$ – оценка вектора $Z_T(t)$, вычисленная с помощью уравнения (4), при очередном приближении вектора a; $\varphi(t) = \dfrac{\delta Z_T(t)}{\delta a} \approx \dfrac{\partial Z_T(t)}{\partial a}$ – матрица функций чувствительности вектора ZT(t) к вариациям вектора a. Для определения матрицы функций чувствительности выполняется решение уравнения (4) при поочередных малых приращениях компонент вектора a0. При этом частные производные заменяются отношением приращений.

В результате с помощью (7) формируется система линейных алгебраических уравнений:

$$\varphi(t)\Delta a = \Delta Z_T(t) + e(t) , \ t \in [t_0, t] , \qquad (8)$$

где $\Delta a = a - a_0$ – приращение вектора начальных условий относительно его очередного приближения; $\Delta Z_T(t) = Z_T(t) - Z_{T0}(t)$ – рассогласование между измерениями скоростей по СНС и их оценками при a = a0; e(t) – ошибка с неизвестными статистическими свойствами.

К левой и правой частям (8) применяется численное финитное преобразование Лапласа:

$$X(p) = L\{x(t)\} = \int_0^T \exp(-pt)x(t)dt\ , \qquad (9)$$

где x(t) – исследуемая функция времени, X(p) – ее изображение. Изображения вычисляются раздельно для каждой составляющей земной скорости.

С помощью (9) выполняется переход от (8) к комплексному алгебраическому уравнению в области комплексной переменной преобразования $p = \sigma + j\omega_p$:

$$\varphi(p)\Delta a = \Delta Z_T(p) + e(p)\ . \qquad (10)$$

Для множества значений переменной p, так называемой P-области, уравнение (10) образует систему комплексных линейных уравнений относительно искомого вектора приращений начальных условий. P-область задается в виде: $p \in \{p_1, p_2, ...\}$, где $\sigma > 0$; $\omega_p \in \{\omega_{p1}, \omega_{p2}, ...\}$ – учитываемые значения частот, определяемые с учетом разрешающей способности преобразования и определяющие полосу частот, в которой рассматривается динамика движения ЛА.

Ошибка в области времени имеет вид: $e(t) = [e^T_{V_N}(t) \quad e^T_{V_H}(t) \quad e^T_{V_E}(t)]^T$, каждая составляющая которой имеет автоковариационную функцию, к которой применяется преобразование (9). При принятии допущения о гауссовости ошибки e(t) может быть применена теория изображений нормальных случайных процессов, разработанная в [2]. При этом для изображений ошибки e(p) по каждой составляющей земной скорости определяется ковариационная функция и, принимая допущение о независимости ошибок составляющих земной скорости, определяется ковариационная матрица ошибки e(p) :

$$R_e(p_1, \overline{p}_2) = \begin{bmatrix} R_{V_N}(p_1, \overline{p}_2) & 0 & 0 \\ 0 & R_{V_H}(p_1, \overline{p}_2) & 0 \\ 0 & 0 & R_{V_E}(p_1, \overline{p}_2) \end{bmatrix}, \qquad (11)$$

$$R_{V_N}(p_1, \overline{p}_2) = (p_1, \overline{p}_2)^{-1}[K_{V_N}(p_1) + K_{V_N}(\overline{p}_2)]\ ,$$

$$R_{V_H}(p_1, \overline{p}_2) = (p_1, \overline{p}_2)^{-1}[K_{V_H}(p_1) + K_{V_H}(\overline{p}_2)]\ ,$$

$$R_{V_H}(p_1, \overline{p}_2) = (p_1, \overline{p}_2)^{-1}[K_{V_H}(p_1) + K_{V_H}(\overline{p}_2)]\ ,$$

где $p_1 = \sigma + j\omega_p$, $\bar{p}_2 = \sigma - j\omega_p$, а $M[\ldots]$ – операция математического ожидания; $K_{V_N}(\tau), K_{V_H}(\tau), K_{V_E}(\tau)$ – автоковариационные функции ошибок составляющих земной скорости; $\tau = t_2 - t_1$.

Соотношение (11) правомерно для преобразования Лапласа. Для того чтобы оно было правомерно в случае финитного преобразования, следует наложить ограничение на действительную часть комплексной переменной преобразования. При $\sigma > \chi / T$, $\chi = 0,5\ldots1,0$ обеспечивается малость ошибки ограничения, которой можно пренебречь.

При решении уравнения (10) необходимо учесть ограничение на действительный тип искомой оценки Δa. Для этого из комплексного уравнение (10) преобразуется к действительному виду. Преобразование выполняется суммированием действительных и мнимых частей каждого элемента аналогично тому, как это выполняется в преобразовании Хартли и рассмотрено в [3]. В результате из (10) формируется уравнение вида:

$$\Phi(p)\Delta a = \Delta Z_{TH}(p) + E(p) . \qquad (12)$$

Таким образом, с помощью линеаризации (7) и гауссовской аппроксимации ошибки оценивания измерений скоростей по СНС нелинейная задача оценивания вектора начальных условий уравнения (4) на каждом шаге итерационного процесса сводится к решению линейной регрессионной задачи:

$$\Delta\hat{a} = P_a \Phi^T(p) R_e^{-1} \Delta Z_{TH}(p) \ , \ P_a = (\Phi^T(p) R_e^{-1} \Phi(p))^{-1} . \qquad (13)$$

Здесь P_a – ковариационная матрица ошибок оценивания вектора начальных условий. На первом шаге принимается $R_e(p_1, \bar{p}_2) = I$, где I – единичная матрица.

Вычисляется очередное приближение вектора начальных условий:

$$a = a_0 + \kappa\Delta\hat{a} \ ,$$

где $\kappa < 1$ – коэффициент, определяющий плавность сходимости оценок. Конец итераций определяется по малости приращений.

По окончании итераций оценка параметров ориентации пересчитывается на правый конец интервала наблюдения. При этом также должна быть пересчитана и ковариационная матрица P_a. Этот пересчет выполняется с помощью известного уравнения для ковариационной матрицы динамической системы. Однако так как отрезок наблюдения мал, в смысле влияния на нем шумов ДУС, пересчет можно опустить, и ограничится оценкой точности по среднеквадратическим ошибкам, определяемым из (13).

Коррекция БИНС

В силу адаптивности данного метода, ухудшение точности оценок за счет любых причин сигнализирует увеличением дисперсий ошибок оценивания. При недостаточной точности оценок углов, нельзя полагаться и на правильность оценивания координат и скоростей летательного аппарата от спутниковой навигационной системы. Поэтому коррекция бортовой инерциальной системы как по углам, так по скоростям и координатам должна выполняться при соблюдении односторонних допусков на среднеквадратические значения ошибок оценивания всех трех углов, что обеспечивается с помощью допускового контроля среднеквадратических значений ошибок оценивания:

$$\sigma_{\vartheta} < \sigma^{*}_{\vartheta}, \ \sigma_{\gamma} < \sigma^{*}_{\gamma}, \ \sigma_{\psi} < \sigma^{*}_{\psi},$$

где σ_{ϑ}, σ_{γ}, σ_{ψ} – среднеквадратические значения ошибок оценивания, рассчитываемые по ковариационной матрице P_a; σ^{*}_{ϑ}, σ^{*}_{γ}, σ^{*}_{ψ} – значения допусков на точность оценивания соответствующих углов.

Заключение

Получен новый результат, заключающийся в том, что известный способ оценивания углов ориентации летательного аппарата по измерениям приемника СНС, акселерометров и датчиков угловых скоростей реализован в частотной области представления процессов с учетом адаптации к изменению статистик ошибок в процессе измерений.

Адаптивные свойства предложенного метода оценивания углов ориентации позволяют использовать оценки углов для коррекции работы бортовых инерциальных систем по информации от системы спутниковой навигации без привлечения априорной информации, что было бы необходимо при использовании традиционных методов фильтрации.

Другое практическое значение предложенного метода состоит в его универсальности, так как он опирается только на кинематические соотношения механики твердого тела и не зависит от типа летательного аппарата. Не менее полезный для практики результат заключается в том, что по данному методу не требуется применение высокоточных навигационных датчиков и допускается применение датчиков средней точности, в том числе микромеханического типа.

Изложенный метод обладает следующими достоинствами.

1. При определении оценок углов ориентации учитываются низкочастотные гармонические составляющие измерений скоростей по СНС, мало чувствительных к ошибкам измерений.

2. Метод является самовосстанавливающимся, так как в нем автоматически устраняется влияние сбоев за счет того, что используется ограниченная совокупность измерений на скользящем интервале наблюде-

ний. Другими словами метод представляет собой фильтр с конечной памятью, в котором отсутствует накопление ошибки.

3. В данном методе не требуется задание априорной информации о статистиках ошибок измерений, так как они определяются непосредственно в процессе итераций. Поэтому предложенный алгоритм является адаптивным по отношению к неизвестным свойствам ошибок измерений. Данное свойство является весьма полезным, так как выполняется оценивание реального уровня ошибок того, вместо того, чтобы вычислять расчетную точность оценок, правомерную только если их статистики адекватны априорным, что имеет место при применении алгоритмов типа фильтра Калмана. Тот факт, что задача решается в рамках гауссовской аппроксимации плотностей распределения ошибок оценивания не снижает ценности результата, так как он остается правомерным в среднеквадратическом смысле.

Литература

1. Петров В.М., Воробьев А.В., Качанов Б.О., Куликов В.Е., Костенко Н.И., Абдулин Р.Р. Метод определения угловых положений летательного аппарата на основе спутниковой навигационной системы. // Авиационное приборостроение. 2003. № 4. С. 18-21.
2. Качанов Б. О. Изображение по Лапласу случайных процессов и непараметрическая идентификация непрерывных систем. // А и Т. 2004. № 1. С. 74-81.
3. Качанов Б.О. Параметрическая идентификация линейных систем с помощью преобразования Лапласа. // А и Т. 2009. № 7. С. 15-24.

А.В. Кириллова

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
г. Киев, Украина

В современном медицинском приборостроении центральным заданием при разработке улучшений ультразвуковой терапевтической аппаратуры (УТА) является решение проблемы повышения эффективности ее работы, улучшение показателей физиотерапевтической процедуры, а также оптимизации работы излучателя ультразвуковых волн (УЗВ). На сегодняшний день отсутствие методов измерения и контроля акустических параметров при передаче УЗВ из излучателя вглубь биологической ткани [1] можно исправить использованием саморегулирующих принципов построения автоматизированных УТА [2].

Данный принцип основан на введении цепи контроля акустического контакта, т.е. контроле изменения силы тока в цепи делителя пьезоизлучателя ИУВ (14) и блока образцовых резисторов БОР (18). При повышении силы тока в этой цепи увеличивается падение напряжения на образцовом резисторе (18). Это значение сигнала U_0 поступает на инвертированный вход дифференциального усилителя ДУ (5), который изменяет значение исходного сигнала из ДУ (5) и выходного усилителя ВУ (6). Это изменение сигнала через индикатор выходной мощности ИВМ (7) поступает в блок световой и звуковой сигнализации БСЗС (19), что, в свою очередь, вызывает звуковой сигнал и световую вспышку, сигнализируя об ухудшении акустического контакта с биологической тканью (см. рис. 1).

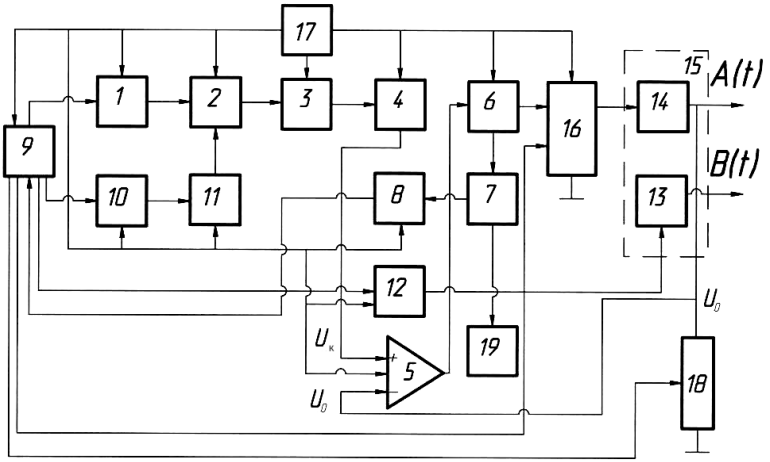


Рис. 1. Структурно-функциональная схема автоматизированного многофункционального аппарата для ультразвуковой терапии: 1 - генератор, 2 - модулятор, 3 - буферный каскад, 4 - предварительный усилитель, 5 - дифференциальный усилитель (ДУ), 6 - выходной усилитель (ВУ), 7 - индикатор выходной мощности (ИВМ), 8 - блок отрицательной обратной связи, 9 - программируемый блок управления (ПБУ), 10 - инфразвуковой генератор, 11 - буферно-усиливающий каскад, 12 - генератор тока, 13 - управляемый источник магнитной индукции, 14 - излучатель ультразвуковых волн (ИВУ), 15 - комбинированный цилиндрический излучатель, 16 - управляемый резисторный делитель, 17 - блок питания, 18 - блок образцовых резисторов, 19 – блок световой и звуковой сигнализации (БСЗС)

Напряжение $U_к$ одновременно подается на дифференциальный усилитель ДУ (5) и аналоговое устройство выборки-хранения ВУ (6). Одновременно с этим, генератор линейно растущего напряжения начинает производить сигналы, которые поступает на вход компаратора. При равенстве сравниваемых напряжений из выхода ДУ (5) поступает сигнал, который переключает устройство выборки-хранения ВУ (6) в режим хра-

нения. Таким образом, на выходе излучателя ИУВ (14) образуется опорное напряжение, равное U_o.

Режим контроля акустического контакта осуществляется автоматически. Обеспечивается высокая точность установления дозы ультразвукового влияния на биологическую ткань. При уменьшении нагрузки пьезоизлучателя, то есть уменьшение площади прикосновения или плотности контакта, ток в цепи и, соответственно, напряжение U_o на резисторе R (18) растут. При увеличении падения напряжения на резисторе R (18) больше чем на 10% сигналы о степени "неконтакта" поступают в устройстве управления ПБУ (9) и сигнализации звукового и светового сигнала (БСЗС). Для поддержки заданной дозы влияния, устройство управления увеличивает время влияния пропорционально величине изменения "неконтакта". При нарушении контакта больше чем на 30% устройство управления хранит в памяти полученную пациентом дозу влияния и отключает автоматизированный УТА (АУТА). Контроль акустического контакта осуществляется в диапазоне изменения исходной мощности больше чем на 1дБ.

Таким образом, разработанный прототип АУТА дает возможность обеспечить автоматический контроль акустического контакта излучателя со средой при любом уровне терапевтической выходной мощности. Дальнейшие исследования будут направлены на определении принципов саморегуляции интенсивности для достижения мало дозированного эффективного воздействия в структуре АУТА.

Литература

1. Миллер Е., Хилл К. Применение ультразвука в медицине. Физические основы. – М.: Мир, 1989. – 568 с.
2. Заявка на патент Украины № u 2010 03416 Автоматизований багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії /Терещенко Н.Ф., Кириллова А.В., от 24.03.2010.

Связь с автором: a.v.kyryllova@yandex.ru

Ю.В. Кузьминов

АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОСТАТКА ПО ПРОИЗВОЛЬНОМУ МОДУЛЮ ОТ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ДВУХ ЧИСЕЛ

Ставропольский государственный педагогический институт
г. Ставрополь, Россия

В настоящее время как в цифровых системах связи, так и в различных криптографических алгоритмах широко применяются операции модульной арифметики. Наиболее критичным моментом данных алгоритмов

является нахождение остатка от произведения по модулю чисел, участвующих в формировании ключей взаимодействующих станций. Естественно стремление к увеличению размера данных чисел с целью снижения вероятности их подбора и расшифровки передаваемой информации. В то же время, процедура целочисленного деления для нахождения остатка от произведения двух больших простых чисел представляет собой достаточно сложную вычислительную задачу [1, 2].

В данной статье предложен алгоритм нахождения остатка от произведения чисел по произвольному модулю, который предусматривает замену операций поразрядного деления, используемых в большинстве современных алгоритмов целочисленного деления, операциями сложения.

Для нахождения остатка от произведения двух положительных целых чисел x и y по модулю p предлагаемый алгоритм предполагает выполнение следующих шагов.

1. Значение $z = x \times y$ сравнивается со значением модуля p.

2. Если z≥p, то из z вычитается значение модуля p, а полученное в результате значение c = z- p присваивается значению z с возвратом на шаг 1.

3. Если z<p, то значение z на данном шаге вычислений остается без изменений и является результатом умножения числа x на число y по модулю p.

В [3] представлена схема умножителя по модулю, реализующего указанный алгоритм (см. рис. 1). Устройство содержит умножитель 1, n сумматоров 2, n инверторов 3, (n-1) умножителей на константу 4 и мультиплексор 5.

Предлагаемый умножитель по модулю осуществляет формирование остатка от произведения двух чисел по модулю путем параллельного выполнения n операций (где n – размер умножителя, определяемый количеством входящих в его состав сумматоров), причем в ходе i-й операции значение $z = x \times y$ сравнивается со значением $i \times p$, полученным в (i-1)-м умножителе на константу, путем вычисления разности $z - i \times p$, где i=1,…,n. Данная операция осуществляется в i-м сумматоре 2.

В общем виде сумматор 2 осуществляет операцию, описываемую выражением: $c = z + \overline{i \times p} + 1 = z - i \times p$ где i – номер сумматора, p – модуль. Старший разряд сформированного значения c поступает на выход переноса сумматора 2, остальные разряды представляют разность $z - i \times p$ и поступают на информационный выход сумматора 2.

До тех пор, пока значение z превышает значение $i \times p$, на выходе переноса i-го сумматора 2 будет формироваться «1», которая будет поступать на i-й управляющий вход мультиплексора 5. При превышении значением $i \times p$ значения z на выходе переноса i-го сумматора 2 сформируется «0». При поступлении на i-й управляющий вход мультиплексора 5 символа «0» с выхода переноса i-го сумматора 2 мультиплексор 5 проключит на выход 9 информационный вход, на который подается значение

с информационного выхода (i-1)-го сумматора 2. Данное значение будет представлять результат умножения числа x на число y по модулю p.

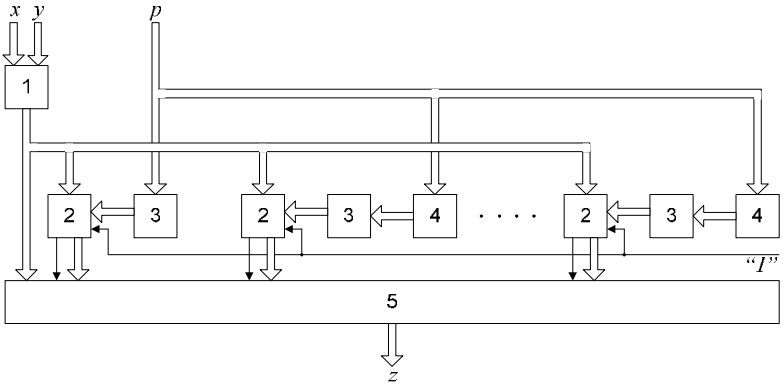


Рис. 1. Схема умножителя по модулю

Отличительной особенностью предлагаемого алгоритма и реализующего его устройства является параллельное выполнение операций на каждом шаге вычисления, вследствие чего быстродействие устройства в целом определяется скоростью выполнения одного цикла алгоритма. В связи с этим фактом, величина выигрыша в скорости формирования остатка для данного алгоритма по сравнению с алгоритмами последовательного деления возрастает экспоненциально и достигает наибольших значений именно при формировании остатка от произведения больших чисел. Диапазон значений входных чисел x и y для данного алгоритма определяется размером n умножителя и находится в пределах [0,…, (n/4)p-1].

Литература

1. Василенко А.Н. Теоретико-числовые алгоритмы в криптографии. – М.: МЦНМО,2003.
2. Черемушкин А.В. Лекции по арифметическим алгоритмам в криптографии. – М.: МЦНМО,2002.
3. Умножитель по модулю. Петренко В.И., Кузьминов Ю.В. Решение о выдаче патента по заявке № 2005130895 от 10.04.07

Связь с автором: kuzminovu@pisem.net

А.К. Орешников, Н.П. Чураков

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ФОТОЭФФЕКТА В СВЕТОДИОДАХ

Чебоксарский политехнический институт (филиал)
Московский Государственный Открытый Университет
г. Чебоксары, Россия

В настоящее время полупроводниковые светодиоды и лазеры стали распространенными источниками видимого и инфракрасного излучения, а также ультрафиолетового излучения в так называемой ближней области (длины волн 400-200 нм). Однако до недавнего времени светодиоды, при всех их преимуществах, не могли стать полноценной заменой даже лампам накаливания, не говоря уже о люминесцентных лампах, из-за низкой световой отдачи на единицу мощности. Но сейчас ситуация поменялась, о чем сообщил в своем докладе «О полупроводниковых RGB источниках белого света» профессор, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Виктор Устинов. Он отметил, что сегодня, как известно, мировыми лидерами в физике, технике и технологии светодиодов получено значение светоотдачи 170 и более лм/Вт. Более того, согласно последним исследованиям, в ближайшие годы этот показатель можно будет еще увеличить. К важнейшим преимуществам светодиодов докладчик отнес возможность обеспечения высокого КПД (более 60%) и больших сроков службы. В этом же ряду - быстродействие, устойчивость к ударам, управляемый профиль светового пучка и получение практически любого цвета [1].

Основной структурной ячейкой диодов и других полупроводниковых электронных приборов является p-n-переход – контакт областей, где основными носителями заряда являются дырки и электроны. При встрече свободного электрона с дыркой они рекомбинируют, и их движение прекращается. При рекомбинации электрона и дырки выделяется энергия и может происходить излучение света. В светодиодах и полупроводниковых лазерах создаются условия для высокой вероятности рекомбинации и получения значительного выхода световой энергии.

Также при облучении светом p-n-перехода может происходить внутренний (вентильный) фотоэффект, при котором фотоны поглощаются с образованием пары электрон-дырка. Под действием электрического поля имеющегося в области p-n-перехода электроны из p-области будут переходить в n-область, а дырки, наоборот, в p-область. Эти потоки через p-n-переход будут больше обратных потоков, в результате создается ЭДС. На выводах диода между p- и n- областями образуется разность потенциалов. Так устроены солнечные элементы. Это явление используется также для регистрации видимого и инфракрасного излучения в фото- и светодиодах. Селективная (избирательная) чувствительность светодиодов к определенным узким интервалам длин волн позволяет анализиро-

вать (приближенно) спектральный состав излучения без пространственного разделения светового пучка с помощью призм и дифракционных решеток. [2]

Кроме своей привычной роли индикатора или светильника, современные светодиоды могут выполнять роль фотогальванических датчиков. Этого можно добиться путем подключения красного светодиода к мультиметру и освещения его ярким источником света, например, таким же светодиодом. Мультиметр покажет напряжение. Чтобы самим убедится в том, что светодиоды возможно использовать в качестве датчиков освещенности проделаем опыт, наглядно демонстрирующий зависимость фото-э.д.с. от светового потока.

Выполняем измерения в следующем порядке:

Добиваемся, чтобы посторонний свет не попадал на блок светодиодов. Установим лампу накаливания (принимаемой за точечный источник света) на расстоянии около R=10 см от светодиода и включаем ее тумблером на блоке питания. Устанавливаем максимальную яркость лампы и записываем показания тестера (фото-э.д.с.) для наиболее чувствительных красного и инфракрасного светодиодов в таблицу 1.

Таблица 1

Зависимость фото-э.д.с. от светового потока

			эдс,	mV
№	R, m	R^{-2}	Красный	ИК
1	0,155	41,623	23,6	701
2	0,195	26,298	14,8	666
3	0,215	21,633	10,5	643
4	0,250	16,000	8	570
5	0,275	13,223	6,1	432
6	0,315	10,078	4,6	358
7	0,355	7,935	3,5	287
8	0,395	6,409	2,6	225
9	0,430	5,408	2,5	179

Увеличиваем расстояние между источником света и блоком светодиодов при этом значение фото-э.д.с. будет уменьшаться. Вносим показания тестера и положение блока светодиодов в таблицу 1.

Для всех значений R рассчитаем значения величины R^{-2}, пропорциональной световому потоку Ф и вносим в таблицу 1.

Аналогично проделываем опыт для силы тока $I_ф$ и вносим в таблицу 2.

Таблица 2

Зависимость силы тока $I_ф$ от светового потока

№	R, m	R^{-2}	I, мкА
1	0,1600	39,0625	1.1
2	0,1850	29,2184	0,95
3	0,2190	20,8503	0,7
4	0,2500	16,0000	0,6
5	0,2800	12,7551	0,4
6	0,3250	9,4675	0,3
7	0,3600	7,7160	0,2
8	0,4500	4,9383	0,1

По полученным данным построим графики Vф= f(Ф) для красного и инфракрасного светодиодов (рис.1а,б), также построим график Iф= f(Ф) для инфракрасного светодиода (рис.1в). Найдем линейные участки графиков.

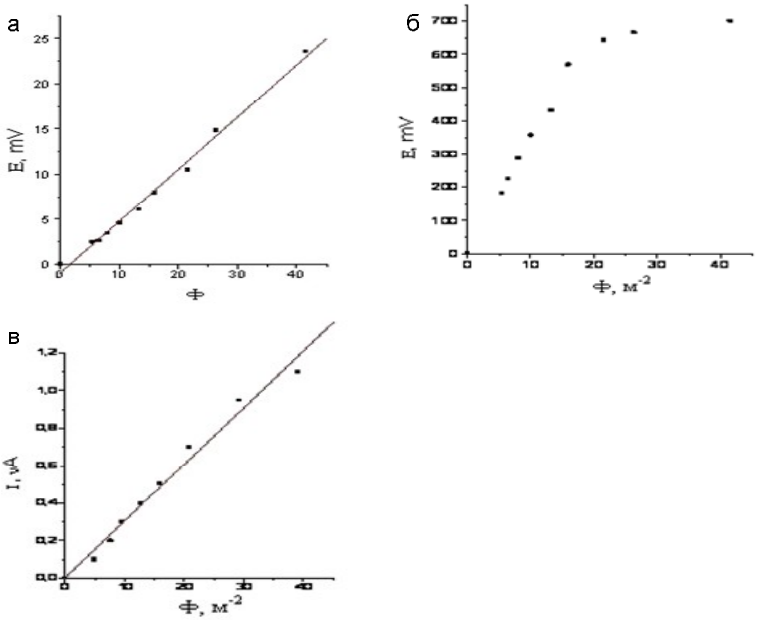


Рис. 1. Зависимость фото-э.д.с. и фототока от светового потока Ф для красного (а) и инфракрасного (б,в) светодиодов

По графикам видим, что полученные кривые при малых токах и энергиях соответствуют теоретическим данным.

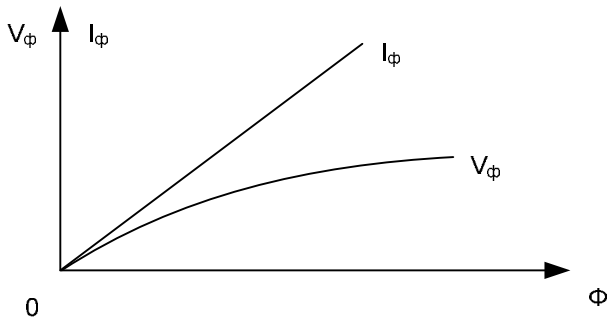


Рис. 2. Теоретическая зависимость фото-э.д.с. и фототока от светового потока Ф [3]

Получим формулу определения температуры лампы накаливания с помощью двух светодиодов.

Формулу Планка для спектральной плотности теплового излучения черного тела часто представляют в виде

$$f(\lambda, T) = \frac{cc_1}{4\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1}, \; c_1 = 8\pi hc, \; c_2 = \frac{hc}{k}, \qquad (1)$$

где k - постоянная Больцмана, c - скорость света, величины c_1 и c_2 называются первой и второй радиационными постоянными или первой и второй константами излучения. В случае $\lambda T << c_2$, справедливом при $T < 3000К$ и $\lambda < 1000$ нм, можно использовать приближенное выражение

$$f(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5} \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right). \qquad (2)$$

Примеры графиков функции $f(\lambda, T)$ (2) для двух температур показаны на рис. 3.

Отношение функций $f(\lambda, T)$ (2) для двух температур T, T' при фиксированной длине волны λ равно

$$\frac{f(\lambda, T')}{f(\lambda, T)} = \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda}\left(\frac{1}{T'} - \frac{1}{T}\right)\right). \qquad (4)$$

В примере на рис. 3 при увеличении температуры от 2000 К до 2500 К при $\lambda \approx 0{,}66$ мкм значение функции f возрастет в 10 раз, а при $\lambda \approx 0{,}88$ мкм – в 5,5 раз. Отношение функций $f(\lambda, T)$ (2) для двух длин волн λ_1, λ_2 и фиксированной температуре T равно

$$\frac{f(\lambda_2, T)}{f(\lambda_1, T)} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^5 \exp\left(-\frac{c_2}{T}\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)\right) = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^5 \exp\left(\frac{c_2 \Delta\lambda}{T\lambda_1\lambda_2}\right). \qquad (5)$$

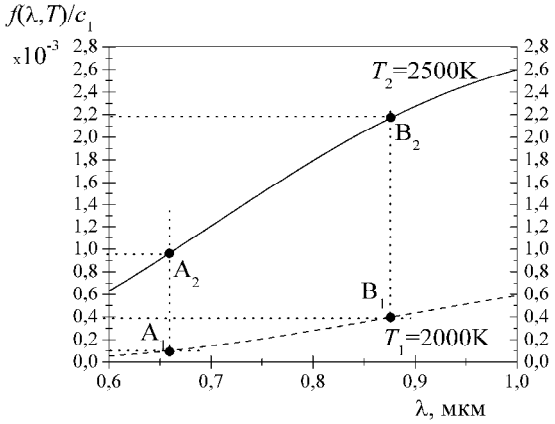


Рис. 3. Графики функции $f(\lambda, T)$ (2) на интервале длин волн от 0,6 мкм до 1,0 мкм

где $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$. В примере на рис. 3 при увеличении длины волны от 0,66 мкм до 0,88 мкм значение функции f возрастет в 4 раза при температуре 2000 К и в 2,2 раза при температуре 2500 К. Измерения отношений (4), (5) можно использовать для нахождения температуры T' по известному значению температуры T .

Пусть два светодиода с длинами волн $\lambda_1 < \lambda_2$ излучения/поглощения поглощают потоки энергии $\Delta\Phi_{\lambda_1}$, $\Delta\Phi_{\lambda_1}$ излучения серого тела с $a_T \approx a$ в интервалах $\Delta\lambda_1$, $\Delta\lambda_2$

$$\Delta\Phi_{\lambda_1} = af(\lambda_1, T)\Delta\lambda_1, \; \Delta\Phi_{\lambda_2} = af(\lambda_2, T)\Delta\lambda_2 . \qquad (6)$$

Если вентильные фото-э.д.с. V_1, V_2 прямо пропорциональны световым потокам $\Delta\Phi_{\lambda_1}$, $\Delta\Phi_{\lambda_1}$:

$$V_1 = K_1 \Delta\Phi_{\lambda_1} \quad V_2 = K_2 \Delta\Phi_{\lambda_2}, \tag{7}$$

то они прямо пропорциональны и значениям функции $f(\lambda, T)$

$$f(\lambda_1, T) = A_1 V_1, \quad f(\lambda_2, T) = A_2 V_2. \tag{8}$$

Тогда из формул (5), (8) следует

$$\ln\frac{f(\lambda_2, T)}{f(\lambda_1, T)} = \ln\frac{A_2 V_2}{A_1 V_1} = \ln\frac{A_2}{A_1} + \ln\frac{V_2}{V_1} = \frac{c_2 \Delta\lambda}{T\lambda_1\lambda_2} - 5\ln\frac{\lambda_2}{\lambda_1}. \tag{9}$$

Запишем эту формулу для двух температур T, T' и найдем разность двух выражений

$$\ln\frac{A_2}{A_1} + \ln\frac{V_2}{V_1} = \frac{c_2 \Delta\lambda}{T\lambda_1\lambda_2} - 5\ln\frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \tag{10}$$

$$\ln\frac{A_2}{A_1} + \ln\frac{V_2'}{V_1'} = \frac{c_2 \Delta\lambda}{T'\lambda_1\lambda_2} - 5\ln\frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \tag{11}$$

$$\ln\frac{V_2 V_1'}{V_2' V_1} = \frac{c_2 \Delta\lambda}{T\lambda_1\lambda_2} - \frac{c_2 \Delta\lambda}{T'\lambda_1\lambda_2}. \tag{12}$$

Отсюда следует формула для определения температуры T'

$$T' = T\left(1 - T d \ln\frac{V_2 V_1'}{V_2' V_1}\right)^{-1}, \tag{13}$$

где

$$d = \frac{\lambda_1\lambda_2}{c_2 \Delta\lambda}. \tag{14}$$

Из формулы (4) следует еще одна формула для определения температуры

$$T' = T\left(1 - \frac{\lambda T}{c_2}\ln\frac{V'}{V}\right)^{-1}. \tag{15}$$

Формулы (13), (15) используются для определения температуры нити галогенной лампы накаливания. В качестве приемников-измерителей интенсивности теплового излучения используются светодиоды с длинами волн селективного поглощения 680 и 920 нм. Блок со светодиодами и спектроскопическая лампа накаливания в корпусе с маленьким отверстием установлены на рейтерах на оптической скамье. Поворотом ручки регулятора спектроскопической лампы накаливания можно изменять ток в

лампе, а значит и ее температуру. Положение регулятора, при котором температура нити накала составляет $t_0 = 1800^{o}C$ (определена пирометром,), считается известным (отмечено точкой). Измерения необходимо проводить в таких условиях, когда посторонний свет не падает на светодиоды.

Мы установили галогенную лампу (с максимальным накалом) на таком расстоянии от светодиодов, что бы фото-э.д.с. обоих светодиодов не превышали предельных значений $V_{1,max}$, $V_{2,max}$. Измерялись фото-э.д.с. светодиодов V (три раза), находились средние значения $\langle V_1'' \rangle$, $\langle V_2'' \rangle$. Поворотом регулировочной ручки на блоке питания устанавливалась яркость лампы соответствующая температуре t_0, находились средние значения $\langle V_1 \rangle$, $\langle V_2 \rangle$. Затем находилось отношение

$$u = \frac{\langle V_2 \rangle}{\langle V_1 \rangle}. \qquad (16)$$

Затем по формулам (13), (15) определялись значения температуры нити накала лампы. По результатам вычислений построен градуировочный график $T = F(u)$, показанный на рис. 4.

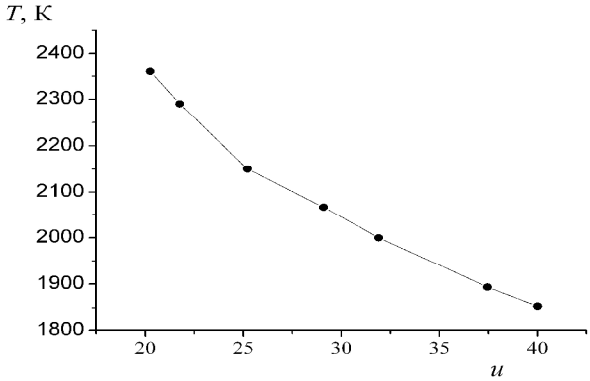


Рис. 4. Градуировочный график $T = F(u)$ для галогенной лампы

В работе предложен метод дистанционного определения температуры светящихся тел с помощью пары светодиодов (красного и инфракрасного). Он требует точного измерения одного значения температуры для каждого источника с помощью независимого метода, например с помощью пирометра. Это позволяет построить для данного источника света градуировочный график и определять температуру с его помощью. Метод

не зависит от расстояния до источника света и позволяет совмещаться с аналого-цифровыми преобразователями и электронными схемами.

Литература

1. Московский междунардный форум «Светодиоды в светотехнике», докладчик - доктор ф.-м.н. профессор Виктор Устинов. Режим доступа: http://www.magazine-svet.ru/analytics/37869/
2. Специальные разделы физики / Денисов Ф.Т. и др.; под ред. Г.М.Филиппова. Лабораторный практикум. – Чебоксары.: ЧПИ МГОУ, 2010. – 114 с.
3. Физика твердого тела: Учеб. пособие для втузов/ И.К.Верещагин и др.; под ред. И.К.Верещагина.-М.: Высш. шк., 2001.- 237 с.

А.В. Петров

АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Уральский гуманитарный институт
г. Екатеринбург, Россия

В основе планирования транспортно-грузовых потоков в региональных логистических сетях (РЛС), направленного на снижение затрат, лежит маршрутизация, осуществляемая с учетом: структуры РЛС; свойств ее элементов; функции затрат элементов РЛС; определенных правил, по которым должны определяться пути отправок.

Затраты РЛС определяются на основе базовых тарифов для различных весовых классов отправок, представленных в РЛС. Базовые тарифы обычно представляют собой ценовые предложения транспортных компаний в табличной форме, включающие затраты на одну отправку или одну загрузку в зависимости от вида, веса, расстояния транспортировки и областей отправления и получения.

Калькуляция затрат производиться в зависимости от расстояния транспортировки (ребра сети) и связанного с ним тарифа: на каждую отдельную отправку; на общее количество отправок в день; на общее количество за планируемый период. Затраты РЛС определяются в зависимости от подлежащего транспортировке количества грузов. Для этого необходимы данные отправок репрезентативного периода времени. Речь идет о количестве данных порядка от десяти тысяч до миллиона. По каждой отправке необходима следующая информация: дата отправки и дата прибытия; номер транспортной накладной; вид отправки (обычный, экспресс и т.д.); отправитель и получатель; группа продуктов; количество

мест груза; вес. На основе этой информации генерируется массив данных об отправках для расчетного периода времени.

Тарифы и данные об отправках позволяют вычислить затраты РЛС по транспортно-грузовым потокам (ТГП). Суть предлагаемого нами подхода состоит в том, чтобы проводить все отправки ежедневно по лучшему пути в РЛС, объединяя их по мере возможности. На отдельных отрезках маршрутов необходимо рассчитывать затраты отдельных отправок или затраты их суммированных величин с помощью заданной функции затрат. Кроме того, для отправок определяются затраты, возникающие при прохождении через узлы РЛС. Далее отдельные части затрат суммируются для получения общих затрат за определенный период времени. Алгоритм метода расчета общих затрат ТГП ЛРС представлен на рисунке 1.

```
start
    for t:=1 to число дней do begin
            - выбор всех отправок за день t
            - выбор пакетных отправок и расчет затрат
            - объединение отправок в источниках, селекция крупных
партий с предприятий и расчет затрат
            - объединение отправок на складах, селекция крупных
партий и расчет затрат
            for i:=1 to число узлов do begin
                    - расчет количества единиц, проходящего через
узел i
                    - расчет затрат в узле i
                    - объединение отправок в узлах (если допусти-
мо)
                    for  j∈ Succ(i) do begin
                            - селекция всех отправок, проходящих
через канты (i,j)
                            - суммирование дневных количеств на
кантах
                            - расчет затрат отправок, если канты (i,j)
содержат функцию затрат
                    end
            end
            for k:=1 to число кантов do begin
                    - расчет затрат дневного количества на кантах k,
если канты содержат функцию затрат
            end
            - суммирование дневных затрат
    end
    - расчет общих затрат
    - определение дальнейших показателей
end.
```

Рис. 1. Алгоритм расчета общих затрат ТГП РЛС

При оптимизации ТГП РЛС возникает ряд особенностей, требующих особого внимания. К ним относят задачи, которые предшествуют расчету

общих затрат РЛС: задача сокращения множественности путей посредствам нахождения оптимальных стандартных путей; задача нахождения оптимальных областей распределения.

Решение первой задачи должно приводить к более высокой загрузке линий транспорта. Таким образом предотвращаются случаи, когда посредствам выбора локально более выгодных по затратам путей для одной из частей отправок ТГП направляются через множество путей. Для демонстрации мы упрощаем задачу, связывая отдельные отправки.

Для описания проблемы введем следующие обозначения:

$i = 1(1)m$ индексы отправителей

$j = 1(1)n$ индексы получателей

nT число пунктов перевалки

a_{ij} расстояние от пункта i до пункта j

x_{rs} поток между узлами r и s

$c_{rs} = c_{rs}\left(x_{rs}\right)$ транспортные издержки, приходящиеся на единицу груза на отрезке (r,s)

Q, S, T – это множество индексов отправителей, получателей и перевалочных пунктов. Требуется решить следующую задачу по определению минимальных суммарных транспортных издержек:

$$K = \sum_{r \in Q \cup T} \sum_{s \in T \cup S} x_{rs} \cdot c_{rs}\left(x_{rs}\right)$$

при удовлетворении следующих условий:

все товары отправителей транспортируются:

$$\sum_{s \in Succ(i)} x_{is} = a_{ij},\ i = 1(1)m$$

все товары достигают получателей:

$$\sum_{r \in Pred(j)} x_{rj} = \sum_{i=1}^{m} a_{ij},\ j = 1(1)n$$

во всех перевалочных пунктах количества входящих грузов равно количеству исходящих грузов:

$$\sum_{r \in Pred(s)} x_{rs} - \sum_{t \in Succ(s)} x_{st} = 0,\ s \in T$$

условие не отрицательности переменных:

$$x_{rs} \geq 0,\ r \in Q \cup T,\ s \in T \cup S$$

от отправителя i до получателя j ровно один путь. Решение задачи можно получить с помощью алгоритма, представленного на рисунке 2.

start

- расчет для всех кантов затратных коэффициентов

repeat

- определение для каждого направления минимального по затратам пути

- прокладывание маршрутов для всех a_{ij} через эти пути, определение числа кантов x_{ij} и расчет актуального коэффициента затрат в зависимости от него

- минимальный по затратам путь каждого направления (i,j) должен сохраняться как ведущий путь

until без изменения ведущего пути

end.

Рис. 2. Алгоритм определения основных путей ТГП в РЛС

При решении второй задачи определяется число и место расположения распределительных узлов РЛС и осуществляется оптимальное закрепление за ними клиентов или областей клиентов. Эта задача может быть упрощена, если число распределительных узлов известно (оптимальное число узлов может быть определено с помощью вариационного расчета).

Задача нахождения оптимальных областей распределения может быть смоделирована как проблема месторасположения-распределения областей если приняты следующие упрощения: если число пунктов задано; пункты расположены в двухмерной системе координат; расстояния рассчитываются как евклидовы дистанции; транспортные затраты рассчитываются на основании объемов переводимых грузов и расстояний перевозки. Для описания проблемы вводятся следующие обозначения:

$i = 1(1)p$	индекс склада (терминала)
$j = 1(1)n$	индекс области (группы) потребителей
a_i	емкость склада/терминала i
b_j	объем потребления области j
c_{ij}	коэффициент транспортных издержек
w_{ij}	величина перевозок
x_i, y_i	координаты склада/терминала i (решаемые переменные)
ξ_j, η_j	координаты областей потребителей (постоянные)

С помощью этих обозначений может быть сформулирована следующая задача минимизации:

$$Z = \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} \cdot w_{ij} \sqrt{\left(x_i - \xi_i\right)^2 + \left(x_j - \xi_j\right)^2}$$

при условиях:

$$\sum_{j=1}^{n} w_{ij} \le a_i,\ i = 1(1)p\ ;\ \sum_{i=1}^{p} w_{ij} = b_j,\ j = 1(1)n\ ;\ w_{ij} \ge 0,\ \forall i, j\ .$$

Для практического применения этого метода необходимо соблюдать следующие условия: естественные препятствия на соединениях между пунктами и клиентами должны учитываться как барьеры в алгоритмах; пункты должны позиционироваться в местах базы данных географической информационной системы.

Связь с автором: andrei-petrov@yandex.ru

А.П. Преображенский, С.О. Головинов, И.С. Ломов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОРРЕЛЯЦИИ ПРИ РАСЧЁТЕ УРОВНЯ СИГНАЛА МЕТОДОМ ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ

Воронежский институт высоких технологий
г. Воронеж, Россия

В настоящее время для проектирования беспроводных систем связи разработано большое число разного рода методов и алгоритмов, которые применяются для расчёта зоны покрытия базовой станции (БС).

В данной статье приведено краткое описание модели [1], а также предложен модуль расчёта количества лучей при заданной погрешности расчётов, что позволяет сократить время выполнения вычислений.

Для моделирования передачи данных по беспроводным системам связи примем за $H(f,r)$ функцию распространения сигнала в канале, где f - частота, и r - длина пути. Тогда полной функцией среды распространения будет являться [1]:

$$H_t = H_{RR} + H_{RDR} \quad (1)$$

где H_{RR} и H_{RDR} - полные функции распространения R-R и R-D-R групп лучей соответственно. Далее определим выражения для расчёта функций распространения каждой группы.

Функция распространения состоящей из лучей R-R между передающей и приёмной антеннами может быть вычислена [1]

$$H_{V,H} = \left(\frac{\lambda}{4\cdot\pi}\right)\cdot \sum_{i\equiv(m,S,n,u,g)} \left[f_B\left(\theta_i,\varphi_i\right)\cdot f_M\left(\Theta_i,\Phi_i\right)\cdot\left(\Re^{i}_{V,H}\right)^{g}\cdot\left(R^{in}_{H,V}\right)^{n}\cdot\left(R^{im}_{H,V}\right)^{m}\cdot\frac{e^{-j\cdot k\cdot r_i}}{r_i}\right] \quad (2)$$

где i-й луч представлен рядом пяти целых чисел (m, S, n, u, g), m и n – количество отражении от стен вдоль главной и второстепенной улиц, соответственно, g=0,1 для отражения от земли, λ - длина волны, k – волновое число, $\Re^{i}_{V,,H}$, $R^{im}_{H,V}$ и $R^{in}_{H,V}$ - известные коэффициенты отражения Френеля от земли и стен на главной и второстепенной улицах, соответственно, с передачей сигнала при вертикальной и горизонтальной поляризации, соответственно. $f_B(\theta,\varphi)$ и $f_M(\Theta,\Phi)$ диаграммы направленности с учётом поляризации для БС и мобильной станции (МС), соответственно. Углы (θ,Θ) и (φ,Φ) являются углами в вертикальной и горизонтальной плоскостях для БС и МС, соответственно.

У углов зданий есть важная особенность в отклонении сигналов на второстепенные улицы. Дифракция в каждом углу уличного пересечения способствует полному полученному сигналу. Функция распространения лучей, которая соответствует дифракции на четырех углах здания [1]

$$H_{RDR} = H_{C1} + H_{C2} + H_{C3} + H_{C4} \quad (3)$$

где H_{Cl} - функция распространения лучей, испытывающих дифракцию на угле l. Электрическое поле для луча, полученного в процессе дифракции на углу здания, рассчитывается на основе геометрической теории дифракции (ГТД). Функция распространения из лучей, испытывающих явления отражения-дифракции-отражения перед приемной антенной, может быть вычислена [1]

$$H_{V,H} = \left(\frac{\lambda}{4\cdot\pi}\right)\cdot \sum_{i\equiv(m,S,n,u,g,C)} \left[\begin{array}{l} f_B(\theta_i,\varphi_i)\cdot f_M(\Theta_i,\Phi_i)\cdot\left(\Re^{i}_{V,H}\right)^{g}\cdot\left(R^{im}_{H,V}\right)^{m}\times \\ \times\overline{D^{i}_{V,H}}\cdot\left(R^{in}_{iH,iV}\right)^{n}\cdot\dfrac{1}{\sqrt{D_1\cdot D_2\cdot(D_1+D_2)}}\cdot e^{-j\cdot k\cdot(D_1+D_2)} \end{array} \right] \quad (4)$$

где $\overline{D^{i}_{H,V}}$ является коэффициентом дифракции на вертикальном краю угла здания, $D_{1,2}$ - расстояния от БС и МС до места дифракции, соответственно.

Уровень сигнала в данной точке, при расчёте с использованием данного подхода, определяется суммой лучей. При этом количество лучей и вносимый уровень сигнала каждым лучом может меняться в зависимости от положения МС, ширины улиц и т.п. В связи с этим, если в приведённой модели учитывать лучи с наибольшим вносимым уровнем сигнала, то можно сократить количество итераций при расчётах. Модуль, приведённый на рисунке 1, реализует указанный подход, при этом необходимо найти количество лучей, при заданной погрешности Δ относительно максимального уровня сигнала в данной точке.

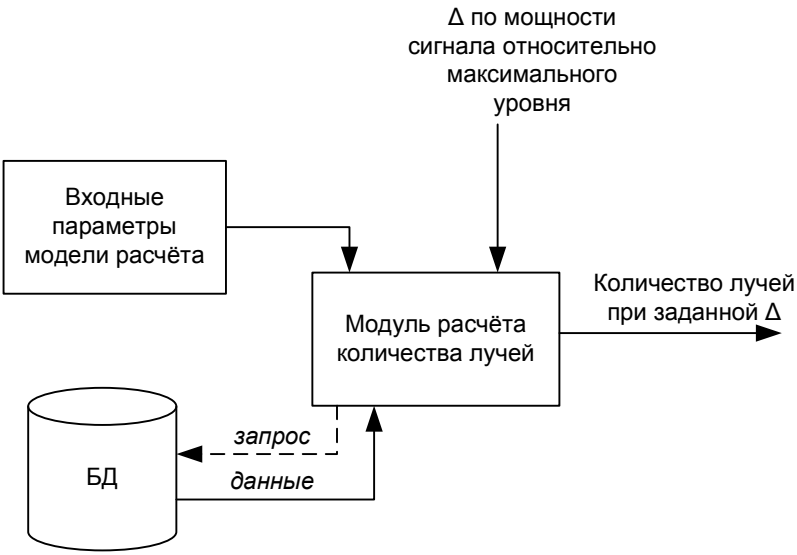


Рис. 1. Структурная схема модуля расчёта количества лучей

В качестве входных параметров модели расчёта примем:

- положение БС на главной улице;
- ширина главной и второстепенной улиц;
- координаты углов перекрёстка главной и второстепенной улиц;
- координаты МС;
- расстояние от БС до МС.

БД содержит результаты исследования модели в различных входных параметрах модели. Для уменьшения размерности БД распределение мощности по лучам приводится в виде полинома порядка N.

В качестве дополнительного входного параметра для модуля расчёта количества лучей принимается Δ по мощности сигнала относительного максимального уровня.

Функционирование модуля расчёта количества лучей осуществляется в три этапа [2, 3]:

- с использованием коэффициентов корреляции, рассчитывается полином зависимости количества лучей от расстояния от БС до МС;
- с использованием коэффициентов корреляции, рассчитывается полином зависимости суммарной мощности от мощности, вносимой каждым лучом.
- на основе найденного полинома рассчитывается количество лучей с учётом заданной погрешности.

Предложенный подход позволяет сократить количество итераций при расчётах уровня сигнала с использованием метода трассировки лу-

чей. При Δ=2 дБ, количество итераций было сокращено в 2-3 раза (в зависимости от отдаленности МС).

Литература

1. H. M. El-Sallabi and P. Vainikainen Radio wave propagation in perpendicular streets of urban street grid for microcellular communications / Progress In Electromagnetics Research, PIER 40, 229–254, 2003
2. Т. Андерсон Введение в многомерный статистический анализ. Пер. с англ. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963 г. – 499 с..
3. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.-488 с.

Связь с автором: mendax@rambler.ru

О.Е. Пудовиков

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ ПУТЁМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)
г. Москва, Россия

На железных дорогах России эксплуатируется ряд серий электровозов переменного тока, оборудованных системой плавного регулирования напряжения на зажимах тяговых двигателей и устройствами для автоматического управления током тяговых двигателей и скоростью движения – ВЛ85, ВЛ65, ЭП1, 2ЭС5К. За время, в течении которого данные локомотивы находятся в эксплуатации, выявлены некоторые недостатки их системы автоматического управления (САУ) скоростью. В частности, при переходных режимах движения в поезде возникают значительные по величине продольные динамические силы, вызывающие оттяжки и толчки, а также обрывы автосцепок в составе. Помимо этого, характер изменения продольных сил в режиме автоматического управления скоростью способствует ускоренному накоплению усталостных повреждений в деталях автосцепок, что ведёт к возникновению постепенных и внезапных отказов этих элементов конструкции подвижного состава. Причиной указанных недостатков являются несовершенство структуры используемой САУ скоростью, а также постоянство параметров регуляторов вне зависимости от массы поезда.

Таким образом, необходима разработка и внедрение САУ скоростью электровоза, учитывающей особенности протекания переходных процес-

сов в грузовом поезде и тем самым способствующей решению задачи повышения безопасности движения за счёт уменьшения вероятности возникновения разрыва поездов из-за разрушения автосцепок.

Предложена усовершенствованная САУ скоростью грузового электровоза [1]. Наиболее существенным отличием усовершенствованной САУ от реализованной на серийных электровозах является то, что учтены особенности протекания переходных процессов в объекте управления (поезде) путём введения фильтра, сглаживающего изменяющийся входной сигнал по определённому закону и вынесенному из охваченной части САУ. В основу фильтра положено устройство, реализующее передаточную функцию апериодического звена второго порядка. На выходе фильтра содержится сформированная кривая заданной скорости движения, исполнение которой позволяет учесть динамические процессы в поезде. Исследование динамики поезда было выполнено с применением многомассовой, дискретной модели поезда. Рассматривалось движение однородных [1] и неоднородных поездов [2].

Результаты моделирования показали, что превышение величинами продольных динамических сил, действующих в неоднородных поездах над силами в однородных поездах, в некоторых случаях может достигать 87 %, оставаясь, тем не менее, значительно ниже максимально допустимых значений, определяемых требованиями к статической и усталостной прочности конструкций подвижного состава магистральных железных дорог.

Помимо этого, выполненное сравнение предлагаемой модернизированной САУ с типовым вариантом, реализованным на серийных электровозах, показало значительное снижения величин продольных динамических сил, действующих в поезде при переходных режимах движения (в среднем на 10-20 %). Также отмечено существенно меньшее накопление (примерно в 3 раза) усталостных повреждений в автосцепках поезда за время переходного процесса [3]. Указанные факторы способствуют существенному повышению безопасности движения поездов за счёт уменьшения вероятности возникновения обрывов автосцепок [1].

Таким образом, предлагаемая САУ может быть рекомендована к использованию на вновь выпускаемых и модернизируемых локомотивах.

Как видно, применение САУ скоростью движения, реализующей усовершенствованные алгоритмы управления, позволяет значительно повысить безопасность движения за счёт уменьшения вероятности возникновения обрывов поездов. Указанный результат достигается из-за снижения величин продольных динамических сил, действующих в них, а также замедления процесса накопления усталостных повреждений в деталях автосцепок локомотивов и вагонов.

Литература

1. Баранов Л. А., Савоськин А. Н., Пудовиков О. Е. Новая структура системы автоматического управления скоростью движения грузового электровоза./Наука и техника транспорта. № 4. – 2009. – с. 70 – 78.

2. Савоськин А.Н., Пудовиков О.Е. Исследование продольных колебаний поезда с учётом его неоднородности./Транспорт Урала. № 2. – 2010. – с. 39 – 44
3. Баранов Л. А., Савоськин А. Н., Пудовиков О. Е. Критерии качества регулирования скорости/Мир Транспорта. № 4. – 2009. – с. 50 – 56.

А.А. Савочкин, П.А. Шевцов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ

Севастопольский национальный технический университет
г. Севастополь, Украина

В современных радиосредствах часто используются малогабаритные антенны полоскового типа. Полосковые антенны (ПА) практически используются в различных частотных диапазонах. Для изготовления полосковых излучателей используются разнообразные материалы, сами антенны в силу своей конформности могут размещаться на объектах различной формы. Важно, что ПА удобно использовать как элемент антенной решетки [1].

В данном исследовании моделируется работа элемента антенной решетки — ПА (прямоугольной и эллиптической формы). Предполагается, что данная антенна будет работать в сетях передачи данных стандарта CDMA, при средней рабочей частоте диапазона 1,9 ГГц. При выполнении работы исследовались различные варианты излучающих элементов и их характеристики, с целью выбора оптимального варианта с точки зрения обеспечения требуемых свойств антенны.

На основе проведенных исследований был выбран вариант излучающего элемента в форме эллипса, и с помощью программного пакета FEKO 5.5 произведен расчет основных параметров антенны. Расчет проводился в рамках «токового» метода. Полученные результаты подтверждают возможность использования ПА в сетях передачи данных стандарта CDMA.

Литература

1. Панченко Б.А. Электродинамический расчет излучения полосковых антенн / Б.А. Панченко, С.Т. Князев и др. — М.: Радио и связь, 2002. — 250 с.

Связь с автором: wcroc@mail.ru

Д.А. Савочкин

ЦИФРОВОЙ КВАДРАТУРНЫЙ СИНХРОННЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ РАДАРА СО СТУПЕНЧАТОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Севастопольский национальный технический университет
г. Севастополь, Украина

В данной работе рассматривается возможность использования в качестве блока обработки информации в радаре со ступенчатой частотной модуляцией квадратурного синхронного детектора, построенного на базе цифрового сигнального контроллера (ЦСК). Такие радары являются сверхширокополосными и их можно использовать при локации малых объектов на коротких дистанциях (подповерхностная радиолокация, томография и т.д.). Они имеют некоторые преимущества по сравнению с радарами других типов, а именно: высокая разрешающая способность; эффективная дискретизация широкополосных сигналов с использованием низкоскоростных аналого-цифровых преобразователей (АЦП); большой динамический диапазон и высокая чувствительность приемника. Из недостатков можно выделить сложность обработки данных.

Радар со ступенчатой частотной модуляцией облучает объект радиоимпульсами, частота заполнения которых увеличивается на шаг частоты Δf в диапазоне от f_1 до f_2.

Основной частью структурной схемы радара (см. рис. 1) является ЦСК, который получает поток данных от АЦП каналов I и Q, выполняет обратное дискретное преобразование Фурье, обрабатывает данные, а затем выводит результат на дисплей. Вместо дисплея может использоваться ЭВМ.

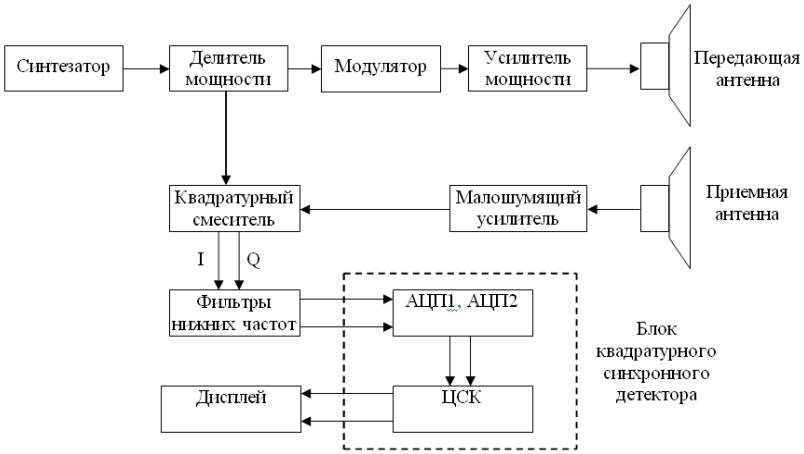


Рис. 1 Структурная схема радара со ступенчатой частотной модуляцией

Разработана принципиальная схема и печатная плата цифрового квадратурного синхронного детектора. Аналоговая часть выполнена на основе операционных усилителей MCP6021 и MCP6S21, управляемых сигнальным контроллером. Цифровая часть состоит из 16-битного сигнального контроллера dsPIC33FJ16GS504 фирмы Microchip. Особенностью контроллера является наличие двух встроенных модулей АЦП и поддержка набора команд для цифровой обработки сигналов.

Литература

1. Bassem R. Mahafza. Radar systems analysis and design using MatLab / Bassem R. Mahafza. — Boca Raton.: CRC, 2000. — 532 p.
2. Alan Langman. The design of hardware and signal processing for a stepped frequency continuous wave ground penetrating radar. Ph.D. thesis University of Cape Town, 2002.
3. V.A. Mikhnev. Microwave Reconstruction Approach for Stepped-Frequency Radar / V.A. Mikhnev // thesis of 15th World Conference on Nondestructive Testing Roma (Italy), 15-21 October 2000. — Roma, 2000.

Связь с автором: sllord@mail.ru

Е.В. Сергеенкова, Г.С. Тамоян

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Московский энергетический институт (технический университет)
г. Москва, Россия

В связи с развитием в последнее время новых прогрессивных технологий появилась необходимость создания и применения линейных синхронных генераторов малой и средней мощности. В частности, возникли предпосылки для создания таких генераторов небольшой мощности для автомобилей гибридного типа на базе преобразователей энергии со свободно плавающими поршнями (free-piston energy converter), зарядных устройств, автономных источников электроэнергии, в том числе и для сигнальных устройств на реках и морях. Применение в таких генераторах высокоэнергетических постоянных магнитов на базе редкоземельных элементов (Sm-Nd) делает такие перспективы вполне реальными.

Перспективность использования линейных синхронных генераторов с постоянными магнитами (ЛСГ с ПМ) небольшой мощности обусловлена простотой конструкции, малыми массогабаритными показателями, высокой надежностью и эффективностью эксплуатации, технико-

экономической привлекательностью для массового практического применения.

Актуальной является выработка рекомендаций по выбору оптимальных конструктивных решений при проектировании ЛСГ с ПМ малой и средней мощности. Проектирование ЛСГ с ПМ включает предварительный электромагнитный расчет и уточненные численные электромагнитный и механический расчеты на базе информационных компьютерных технологий с целью оптимизации параметров обобщенной модели проектируемого генератора за счет повышения точности и автоматизации расчетов.

В отличие от машин вращательного действия, в которых в установившемся режиме частота вращения постоянна, особенностью ЛСГ является непостоянство скорости движения индуктора относительно статора. Зависимость скорости индуктора определяется приводящей в движение бегун внешней силой, массой подвижной части, электромагнитной силой сопротивления, а также наличием демпфирующих и колебательных звеньев системы в целом. Поэтому принимаем известное допущение, согласно которому характер изменения линейной скорости индуктора во времени в первом приближении – синусоидальный.

Решение полевых задач проводилось с помощью конечно-элементного программного комплекса «FEMM». Расчет требуемых величин осуществлялся для n положений индуктора относительно статора. Таким образом, находились зависимости величин от осевого перемещения индуктора.

При этом для исходных данных, приведенных в табл.1, решались следующие задачи:

Таблица 1

Исходные данные, необходимые для расчета магнитных полей

Наименование обозначение	Ед. изм.	Величина
Мощность,P	Вт	150
Частота колебаний, f	Гц	30
Число фаз, m		3
Выпрямленное напряжение,U	В	300
Число полюсов индуктора , p		10
Внутренний диаметр индуктора	мм	54,2
Наружный диаметр индуктора	мм	66,2
Внутренний диаметр статора	мм	68,2
Внешний диаметр статора	мм	94,2
Полюсное деление индуктора	мм	22
Ширина ферромагнитной вставки	мм	6
Воздушный зазор	мм	1

1. Расчет магнитного поля двигателя в режиме холостого хода - поле ротора или поле постоянных магнитов.

2. Нахождение характера изменения кривых потокосцепления, фазных токов и ЭДС, а также напряжения и тока на нагрузке.

3. Расчет результирующего магнитного поля двигателя в режиме номинальной нагрузки.

4. Построение внешней характеристики для нескольких значений тока нагрузки.

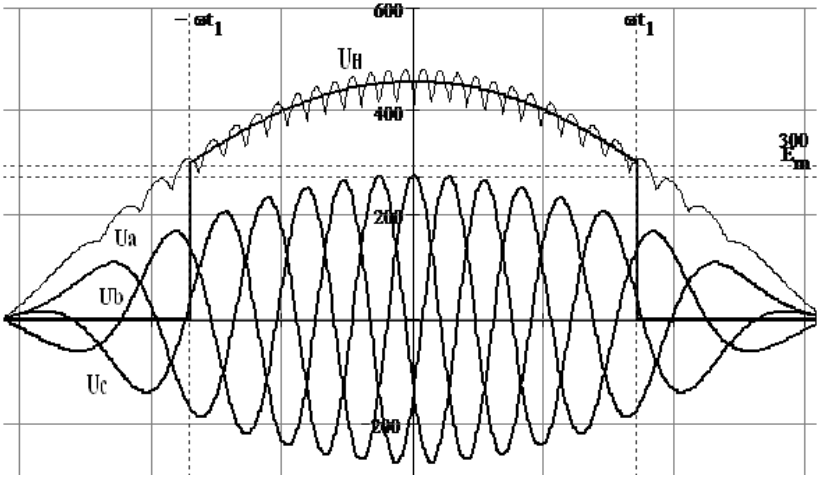


Рис. 1. Временные диаграммы напряжений

Получены временные диаграммы напряжений на выпрямителе, фазных напряжений и напряжения на нагрузке (см. рис. 1). Поскольку нагрузкой является аккумуляторная батарея, необходимо учесть, что разность потенциалов катода и анода пары диодов должна превышать напряжение аккумуляторной батареи. Таким образом, интервал времени, в течение которого происходит заряд аккумулятора [-ωt1+π; ωt1+π] и действующее значение напряжения (1):

$$U = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{-\omega t}^{\omega t} u^2(t)dt} \qquad (1)$$

Связь с авторами: ESergeenkova@gmail.com

Н.М. Смоленская

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДА В БЕНЗОВОЗДУШНУЮ СМЕСЬ НА ШИРИНУ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ФРОНТА И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПЛАМЕНИ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ПОРШНЕВОЙ УСТАНОВКИ

Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, Россия

Процесс сгорания в поршневом ДВС протекает при изменении в течение нескольких миллисекунд температуры, давления, объема внутрицилиндрового пространства где происходит сгорание, скорости перемещения топливно-воздушной смеси (ТВС) и продуктов сгорания. Для изучения и анализа такого сложного процесса в двигателе с искровым зажиганием А.С. Соколик [1] предложил разделить его по времени на три характерные фазы: первую – от момента подачи электрического напряжения на свечу зажигания до формирования устойчивого фронта распространения пламени, соответственно до точки отрыва диаграммы индикаторного давления при сгорании от соответствующей диаграммы без сгорания, вторую – окончание которой часть исследователей определяет по достижению максимального давления при сгорании или по достижению максимальной температуры рабочего процесса и третью (или фазу догорания) – в которой догорает ~ 10% ТВС. Такое деление позволяет более полно и глубоко исследовать процесс сгорания и влияние его особенностей на устойчивость, и эффективность работы двигателя, на токсичность отработавших газов (ОГ). Наименее исследованной является третья фаза сгорания, процесс сгорания в которой у современных двигателей, работающих при коэффициенте избытка воздуха α, равным единице или в области обедненной смеси, протекает вблизи стенки цилиндра, то есть в зонах, определяющих концентрацию несгоревших углеводородов [2].

Целью проводимого экспериментального исследования ставилось определение влияния добавки водорода на ширину зоны химических реакций (ЗХР) и электропроводность фронта пламени в третьей фазе у стенок камеры сгорания в зависимости от состава ТВС, угла опережения зажигания и скоростного режима работы двигателя и их влияния на полноту процесса сгорания.

Эксперименты проводились на исследовательской установке УИТ-85, рис.1. Установка – одноцилиндровый четырехтактный карбюраторный двигатель с изменяемой степенью сжатия, диаметр цилиндра D = 85 мм, ход поршня S = 115 мм, отношение S/D=1,35, рабочий объем цилиндра V_h =0,625 л. Электромотор приводит во вращение коленчатый вал. Обороты поддерживаются постоянными. Имеется два скоростных режима: 600 и 900 мин-1. В камере сгорания (КС), в наиболее удаленной зоне от свечи зажигания, выполнено штатное место для установки магнитострикционного датчика, измеряющего детонацию, что дает возможность замены этого

датчика другими без каких-либо изменений в конструкции головки цилиндра.

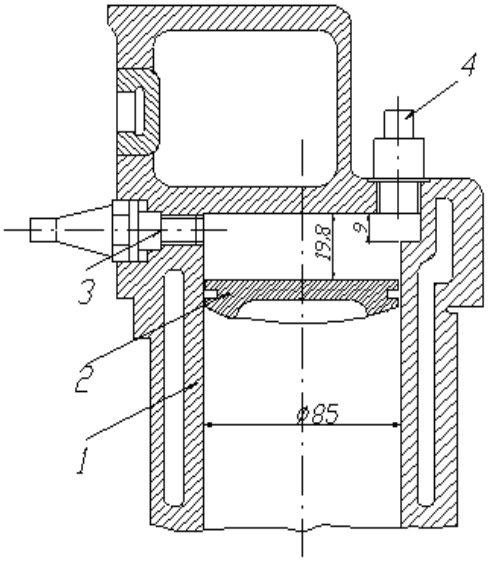


Рис.1. Схема УИТ с установкой датчиков: 1 - цилиндр; 2 - поршень; 3 - свеча зажигания; 4 - датчик ионизации

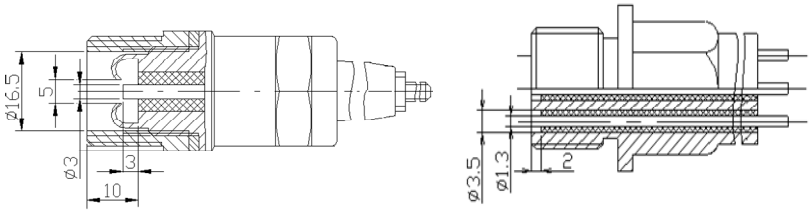
Конструкция УИТ – 85 позволяет достаточно точно контролировать режимные параметры работы ДВС (температура охлаждающей жидкости, степень сжатия, число оборотов, состав ТВС, УОЗ) и варьировать ими независимо друг от друга, что позволяет определять влияние на процесс сгорания и токсичность ОГ отдельно того или иного параметра.

Для определения влияния добавки водорода в бензовоздушную смесь на ширину зоны химических реакций и электропроводность фронта пламени вблизи стенок цилиндра вместо магнитострикционного датчика устанавливались ионизационные датчики (ИД) различных конструкций: на базе свечи зажигания [3], 5-и электродный [4] и 9-и электродный (рис. 3).

Ионизационный датчик на базе свечи зажигания рис.2а имеет полость, изолированную от камеры сгорания Ǿ 16,5мм, высотой 10мм. В полости датчика имеется изолированный от массы двигателя центральный положительный электрод Ǿ 3 мм. Изолированная полость предназначена для устранения турбулентных пульсаций, чтобы пламя распространялось по ламинарному механизму.

5-и электродный ионизационный датчик представлен на рис.2б. Его конструкция содержит 5 положительных изолированных от массы уста-

новки электродов, что позволяет определять скорость распространения фронта пламени и ширину зоны сгорания вблизи стенки цилиндра.



а) б)

Рис. 2. Ионизационные зонды: а) на базе свечи зажигания; б) пятиэлектродный

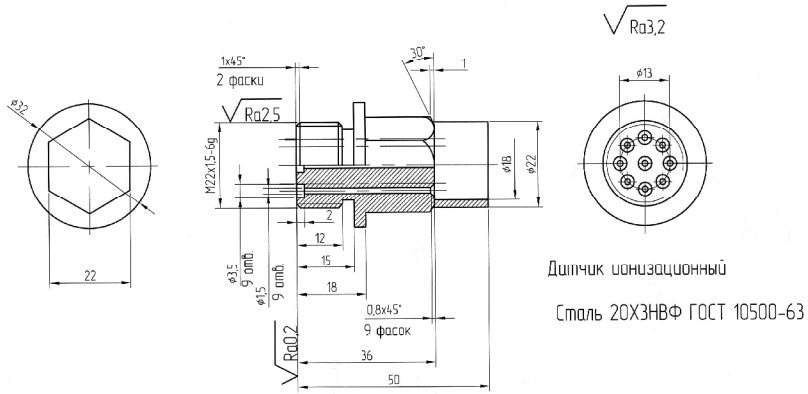


Рис.3. Девятиэлектродный ионизационный зонд

9-и электродный ионизационный датчик представлен на рис.3. Его конструкция содержит 9 положительных изолированных от массы установки электродов, что позволяет более точно определять скорость распространения фронта пламени и ширину зоны сгорания вблизи стенки цилиндра в наиболее удаленной от свечи зажигания зоне камеры сгорания.

Измерение концентрации несгоревших СН осуществлялось газоанализатором EIR-2105 фирмы Yanaco (Япония).

Испытания проводились при использовании бензина марки АИ-95. В бензовоздушную смесь добавлялся газообразный водород в количестве до 6% от массы топлива.

Одной из особенностей исследования процесса сгорания в поршневых двигателях является необходимость проведения большого числа экспериментов для получения статистических характеристик с заданной точностью и надежностью. Исходя из минимальности межцикловой не-

стабильности и соображений экономии времени и горючего, принято 30 повторных осциллограмм ионного тока (циклов) на одном режиме, что достоверно отражает результаты исследования электропроводности пламени [5].

После монтажа всех систем (подачи топлива, подачи водорода в ТВС, измерения расхода водорода, измерения токсичности ОГ, измерения и записи осциллограмм ионного тока) производится проверка их работоспособности. Перед проведением замеров установка выводится на рабочий температурный режим: температура масла составляет 50 – 60оС; температура охлаждающей жидкости на впуске 100оС; температура воздуха перед карбюратором составляет 52оС.

Затем производится настройка уровня топлива в поплавковой камере карбюратора для получения требуемого состава смеси. При работе с добавками водорода в ТВС устанавливается требуемый уровень давления добавляемого водорода. Объем поступившего из баллона в систему водорода измеряется с помощью газового счетчика. После настройки оборудования производятся следующие замеры:

а) времени расхода контрольного объема бензина (V_f = 10 мл),

б) времени расхода контрольного объема водорода (V_H = 1 л).

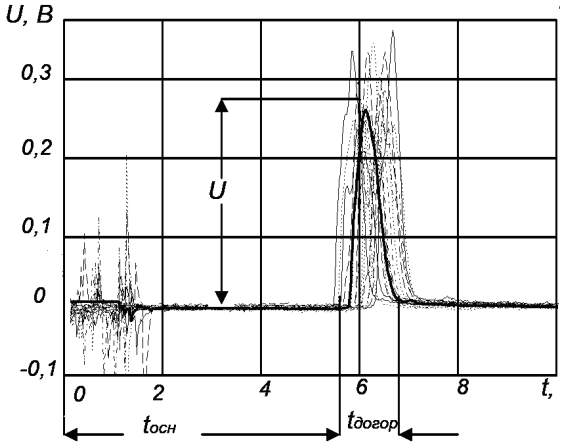


Рис.4. Осреднения осциллограмм ионного тока на одном режиме работы установки и получение «типового импульса»

Одновременно на данном режиме производилась запись осциллограмм сигнала с датчика ионизации, установленного в КС УИТ-85. Для анализа результатов измерений параметров ионного тока использовался так называемый «типовой импульс», представляющий собой результат осреднения осциллограмм ионного тока на одном режиме работы установки. Значения характеристик «типового импульса» ионного тока являются среднеарифметическими для совокупности замеров одной и той же

величины, т.е. – это есть наиболее вероятное (в серии последовательных циклов работы установки на одном режиме) положение и форма сигнала с датчика ионизации, которое принимается к изучению.

После записи необходимого числа осциллограмм перенастраивались системы подачи бензина и водорода и на новом режиме вновь производились необходимые замеры.

С целью обеспечения необходимой точности определения состава смеси, замеры времени расхода мерных объемов бензина и водорода повторялись на каждом режиме шесть раз. Для коррекции определения коэффициента избытка воздуха и массовой доли добавляемого водорода в топливе, фиксировалось атмосферное давление и температура на момент проведения испытаний.

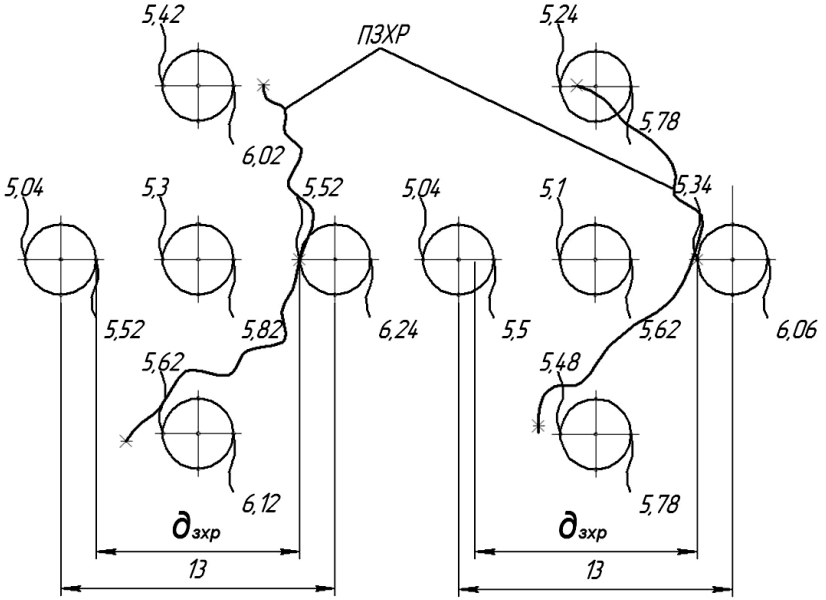


Рис. 5. Схема определения ширины зоны химических реакций горения

Зарегистрированные относительно момента подачи электрического питания на свечу зажигания промежутки времени, до появления и исчезновения ионного тока в цепи ионизационных датчиков, позволяли определять следующие характеристики электропроводности в пламени, отражающие протекание процесса сгорания в удаленной от свечи зажигания зоны камеры сгорания:

Амплитуда сигнала, соответствует средней арифметической амплитуде для 30 повторных осциллограмм ионного тока (циклов) на одном режиме.

Площадь «типового импульса», как площадь ионного тока ограниченная началом и концом осредненного сигнала датчика ионизации.

Скорость распространения пламени в полости датчика – свечи – по размеру выступающего в полость центрального электрода и временем существования ионного тока.

Скорости распространения пламени между электродами 5 и 9 – электродного датчика (на участках 6,5 мм) – по перемещению передней границы зоны химических реакций горения

Ширина зоны химических реакций горения (ЗХР) в зоне установки пяти и девяти электродного датчика у центрального (5-го) электрода определялась:

$$ШЗХР_5 = \left[\left(\Delta t_5 \cdot 6,5 \right) \Big/ \left(t_{y5} - t_{y1} \right) \right] - 1,3 \; ;$$

где Δt_5 - продолжительность сигнала на центральном электроде; 6,5 (мм) – расстояние между первым и центральным электродами; t_{y5} и t_{y1} - время ухода возникновения сигнала на центральном и первом электроде соответственно; 1,3 – диаметр электрода.

В результате проведенных экспериментальных исследований было получено, что водород активизирует процесс сгорания бензовоздушной смеси в условиях поршневого ДВС.

На рис. 6 представлено изменение ширины ЗХР в зависимости от состава смеси и количества добавляемого водорода. Из рисунка видно, что ширина ЗХР снижается при добавке 1%, 3% и 5% водорода от массы топлива в бензовоздушную смесь с 13 мм до 11,6 мм, 8,97 мм и 6,45 мм при α=1 и с 16,68 мм до 15,26 мм, 12,51 мм и 9,9 мм при α=1,2. Добавка водорода интенсифицирует протекание химических реакций горения, сокращая ширину ЗХР приблизительно на 1,3 мм на каждый процент добавляемого водорода для режима 600 1/мин. Данные выводы подтверждаются увеличением скорости распространения пламени в зоне датчика ионизации. Данная конструкция ионизационного датчика позволила определить турбулентную скорость распространения пламени. Скорость распространения пламени на расстоянии 6,5мм (за промежуток времени 0,1-0,3 миллисекунд) от стенки цилиндра представляет собой значительную величину от ~ 32,5 м/с при α=1,0 до ~ 10 м/с при α=1,2 для бензовоздушной и от 45 до 22,5 м/с соответственно, для бензоводородовоздушной смеси при 600 1/мин и добавке водорода 5% по массе топлива (бензин+водород).

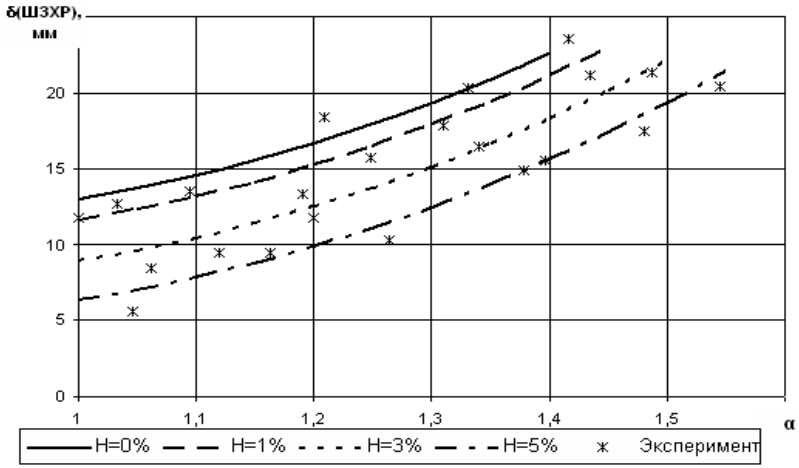


Рис. 6. Влияние добавки водорода в бензовоздушную смесь на ширину ЗХР горения в зависимости от состава смеси, для УИТ-85, режим работы n=600 1/мин, УОЗ=13°, ε=7

Для оценки протекания интенсивности процесса сгорания во фронте пламени была проведена оценка площади сигнала ионизации на центральном электроде, рис. 7.

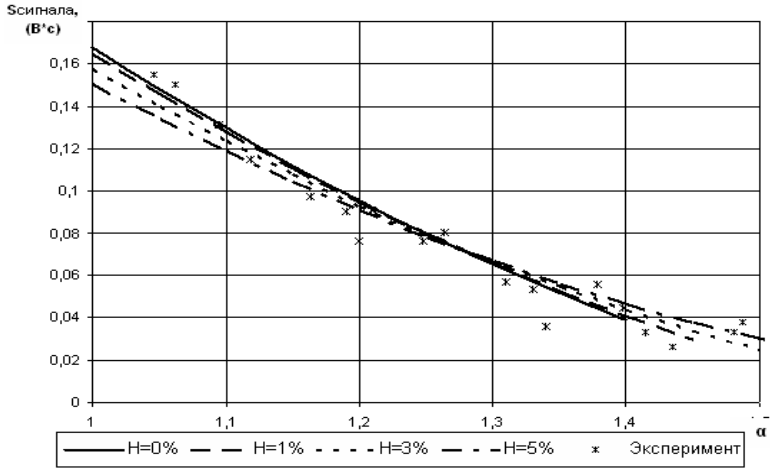


Рис. 7. Влияние добавки водорода в бензовоздушную смесь на площадь сигнала ионизации в зависимости от состава смеси, для УИТ-85, режим работы n=600 1/мин, УОЗ=13°, ε=7

Добавка в ТВС H_2, снижает долю углерода и увеличивает долю водорода в смеси. При добавке 3 и 5% водорода доля H_2 возрастает на 20,7 и 34,5%, а углерода уменьшается на 3,6 и 5,6%, соответственно. На режиме 600 1/мин при этих добавках скорость распространения пламени в полости датчика при α = 1,2 возросла на 31 и 47,5%, а амплитуда ионного тока на 39,2 и 55%. Общепринято считать, что в механизме хемиионизации основную роль играют радикалы CH. В экспериментах, несмотря на снижение доли углерода в ТВС и, следовательно, радикалов CH, произошел значительный рост величины амплитуды ионного тока. Так как турбулентность смеси при небольших добавках H_2 не меняется, то возрастание скорости распространения пламени обусловлено увеличением скорости химических реакций во фронте пламени. Следовательно, произошло увеличение нормальной скорости распространения пламени. При этом если рассматривать влияние добавки водорода в бензовоздушную смесь на площадь сигнала ионизации (рис. 7) наблюдается следующая картина: при добавке 3% и 5% водорода площадь сигнала ионизации снижается для α=1 на 6% и 10,2%, для α=1,2 на 2,84% и 4,9% и для α=1,4 увеличивается на 12% и 19,2% соответственно. Данные результаты говорят о повышении полноты сгорания во фронте пламени с добавкой водорода при обеднении смеси, что соответствует снижению токсичности по продуктам неполного сгорания в ОГ.

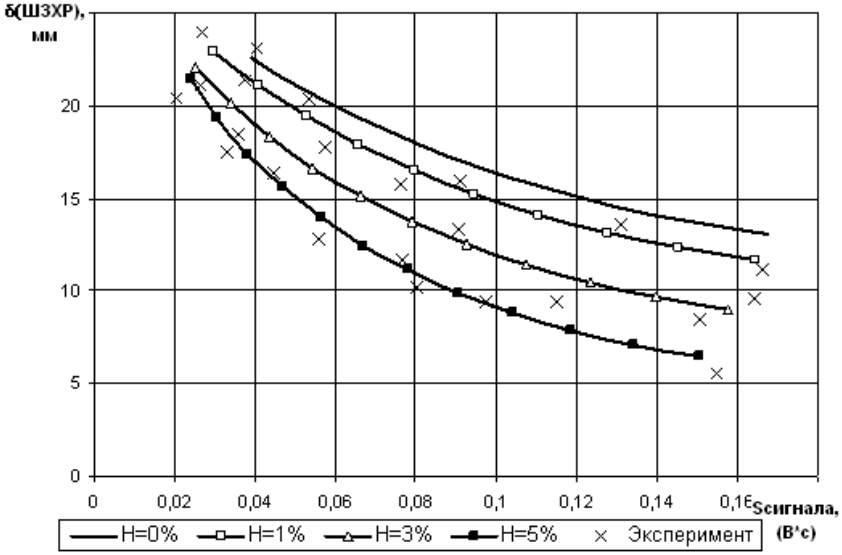


Рис. 8. Взаимосвязь ширины ЗХР горения и площади сигнала ионизации в зависимости от количества добавляемого водорода, для УИТ-85, режим работы n=600 1/мин, УОЗ=13°, ε=7

На рис. 8 представлена взаимосвязь ширины ЗХР горения и площади сигнала ионизации в зависимости от количества добавляемого водорода, показывающая возможность определения ширины ЗХР по площади сигнала ионизации при использовании одиночного датчика, например в камере сгорания двигателя ВАЗ.

Из результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. При изменении качества ТВС (добавка водорода в бензовоздушную смесь) происходит интенсификация протекания химических реакций горения, сокращается ширина зоны химических реакций горения, и, как следствие, рост нормальной и турбулентной скорости распространения пламени.

2. Добавка водорода повышает полноту процесса сгорания во фронте пламени при обеднении смеси, что отражается увеличением радикалов СН во фронте пламени, при уменьшении содержания атомов С в ТВС.

3. Площадь сигнала ионизации характеризует ширину ЗХР и полноту сгорания ТВС.

Литература

1. Соколик А.С. Самовоспламенение, пламя и детонация в газах. – М.: АН СССР, 1960.
2. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени. Пер. с англ./ Ред. Н.А. Чигир. - М.: Машиностроение, 1981.
3. Ивашин П.В. Зависимость концентрации несгоревших углеводородов в отработавших газах бензиновых ДВС от скорости распространения пламени и ионного тока. // Автореферат диссертации к.т.н., ТГУ. – Тольятти, 2004. – С. 23.
4. Коломиец П.В. Влияние скорости распространения пламени на выделения оксидов азота при добавке водорода в бензиновые двигатели// Автореферат диссертации к.т.н., ТГУ. – Тольятти, 2007. – С. 19.
5. Хайк Н. Возможность использования ионизационных датчиков в системах управления рабочим процессом ДВС. // Автореферат диссертации к.т.н., ВолгГТУ – Волгоград, 1991.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, ГК №П2557 от 25.11.2009 г.

Связь с автором: nata_smolenskaya@mail.ru

Н.М. Смоленская

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДА В ТВС НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СГОРАНИЯ

Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, Россия

Развитие автомобилестроения происходит при быстром росте цен на углеводородное топливо с одной стороны и экологическим загрязнением атмосферы отработавшими газами в крупных городах с другой стороны, что обуславливает поиски различных направлений по снижению токсичности и улучшению экономичности работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Наиболее перспективным направлением, как по снижению токсичности, так и повышению экономичности, являются различные способы воздействия на рабочий процесс направленные на повышения эффективности и полноты сгорания ТВС, а также применение альтернативных видов топлива, таких как природный газ, синтез-газ и водород, т.е. непосредственно на причины образования токсичных веществ и эффективность работы двигателя.

Вопросу использования водорода посвящено большое количество теоретических и экспериментальных работ, как в нашей стране, так и за рубежом. Показано, что при малых добавках водорода (до 5-6% от массы топлива) отмечаются такие особенности сгорания как: заметное расширение пределов воспламенения и горения топливно-воздушной смеси (ТВС), значительное снижение токсичности отработавших газов (ОГ) по оксиду углерода и несгоревшим углеводородам (СН), увеличение полноты сгорания, меньшая зависимость характеристик двигателя от угла опережения зажигания. Особенно ярко эти особенности проявляются при обеднении смеси. Отличительной особенностью водорода является значительное улучшение всех перечисленных параметров, которое не наблюдается при использовании других добавок.

Разработка двигателя работающего на бензине с малыми добавками водорода требует учета особенностей его сгорания. Начальный этап разработки – тепловой расчет рабочего процесса, позволяющий определить пути улучшения рабочих характеристик уже разработанных и проектируемых двигателей. Расчет должен быть доступным для инженера и учитывать особенности процесса сгорания при добавке водорода в ТВС. В тепловом расчете основными проблемами являются определение продолжительности воспламенения (первой фазы сгорания) и скорости распространения пламени во второй и третьей фазе, а также характеристики тепловыделения. Необходимо отметить, что точность расчета по любой из методик определяется в первую очередь, именно, характеристикой тепловыделения. В практике, как в России, так и в зарубежных исследовательских и конструкторских центрах, принята полуэмпирическая характеристика полу-

ченная И.И. Вибе. Основными её недостатками являются сложность определения, в процессе конструкторской разработки, показателя характера сгорания m и продолжительности процесса сгорания, а также отсутствие данных по влиянию на них малых добавок водорода.

Целью проводимых исследований является улучшение характеристик процесса сгорания в бензиновых двигателях за счет изменения свойств топливно-воздушной смеси при добавке водорода.

Экспериментальные исследования проводились на кафедре «Тепловые двигатели» ТГУ на одноцилиндровой исследовательской установке УИТ-85, которая представляет собой одноцилиндровый четырехтактный карбюраторный двигатель с изменяемой степенью сжатия, отношение хода поршня к диаметру цилиндра S/D = 1.35. Коленчатый вал приводится во вращение электромотором. Обороты поддерживаются постоянными – два скоростных режима: 600 и 900 мин$^{-1}$. Однородность ТВС обеспечивается конструкцией подогреваемого впускного трубопровода. Влажность воздуха и температура ТВС на впуске поддерживаются постоянными. Эти особенности конструкции позволяют максимально снизить межцикловую нестабильность работы двигателя. В камере сгорания (рис. 1) имеется штатное место, в которое устанавливается магнитострикционный или ионизационный датчик [1]. Конструкция УИТ-85 позволяет достаточно точно контролировать режимные параметры работы ДВС (температуру охлаждающей жидкости, степень сжатия, обороты, состав смеси, УОЗ) и изменять их независимо друг от друга.

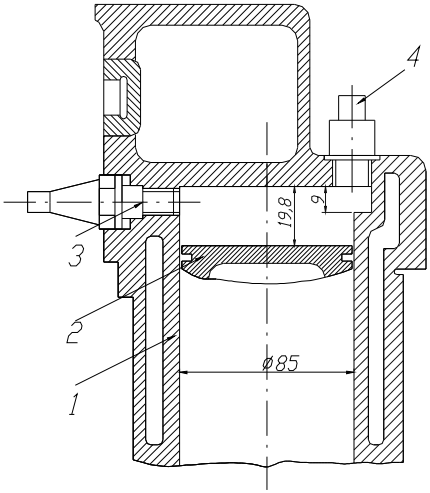


Рис. 1. Схема установки УИТ-85: 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – свеча зажигания; 4 – место для установки датчика

Рис. 2. Пятиэлектродный ионизационный датчик

Для исследования характеристики тепловыделения и продолжительности задержки воспламенения использовался штатный магнитострикционный датчик, позволяющий регистрировать изменение скорости нарастания давления в цилиндре двигателя, динамическая погрешность датчика составляет 0.05 мс.

Для проведения исследования характеристик сгорания был использован пятиэлектродный ионизационный датчик, на котором фиксируется импульс напряжения ионного тока, возникающий в момент соприкосновения фронта пламени с электродами. Ионизационный датчик, представленный на рис. 2, представляет собой многоканальную систему, состоящую из наружного корпуса и пяти электродов заключенных в нем. Для изолирования электродов от корпуса применены керамические соломки. Данная схема расположения электродов в корпусе ионизационного датчика способствует получению независимых друг от друга сигналов при подаче напряжения, а также дает возможность обзора объемной картины распространения фронта пламени в отдаленных от источника зажигания областях камеры сгорания. Для записи осциллограмм с магнитострикционного и ионизационного датчика использовался цифровой многоканальный осциллограф на базе АЦП E-440 фирмы “L-Card”, погрешность прибора составляет 0.01% по времени и 0.3% по амплитуде. Осциллограммы сигналов с магнитострикционного и ионизационного датчика синхронизировались по искровому разряду, что позволяет определять продолжительность процесса сгорания в различных фазах, характеристику тепловыделения и скорость нарастания давления в процессе сгорания.

В соответствии с решаемыми задачами, испытания проводились при степени сжатия 7 на двух скоростных режимах n = 600 и 900 мин$^{-1}$, угол опережения зажигания варьировался от 9 до 32 градусов поворота коленчатого вала, при изменении качества ТВС добавкой водорода до 6% от массы топлива. Состав смеси (α) изменялся от 1 до пределов бедного срыва. Массовая доля водорода в топливе определялась как:

$$H = G_{H2}*100\% / (G_{H2} + G_f), \qquad (1)$$

где G_{H2} – расход водорода (кг/ч), G_f – расход бензина (кг/ч).

Проведенная оценка погрешности экспериментальных данных показала, что разброс показаний ионизационного и магнитострикционного датчиков подчиняется законам нормального распределения вероятности. Поэтому записанные сигналы с датчиков усреднялись по 40 рабочим циклам на одном режиме работы в так называемый «типовой сигнал» (ТС) для данного режима, рис. 3. Погрешность ТС характеристик ионного тока: амплитуда сигнала – U = 5.65%, время начала сигнала – $t_{осн}$ = 4.64%, время продолжительности сигнала –$t_{догор}$ = 6.38%. Погрешность ТС характеристик магнитострикционного датчика: промежуток времени от искры до P_Z – t_{Pz} = 8.97%, продолжительность первой фазы t_1 = 3.6%, продолжительность всего процесса сгорания $t_{сгор}$ = 10.03%. Погрешность определения коэффициента избытка воздуха Δα = 0.023, массовой доли водорода в топливе ΔH = 0.0032.

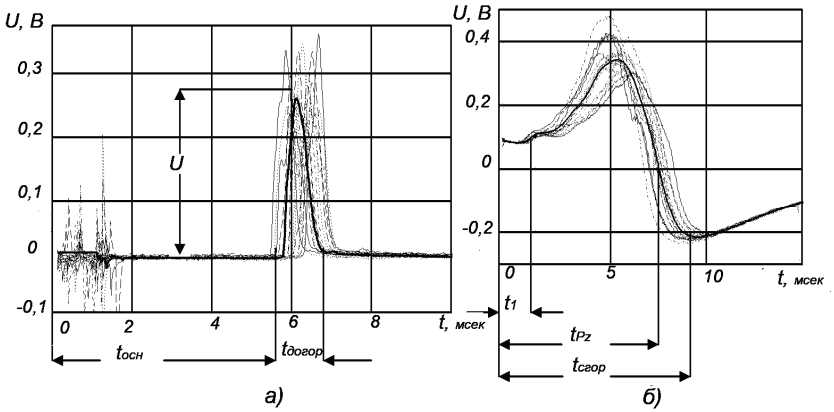
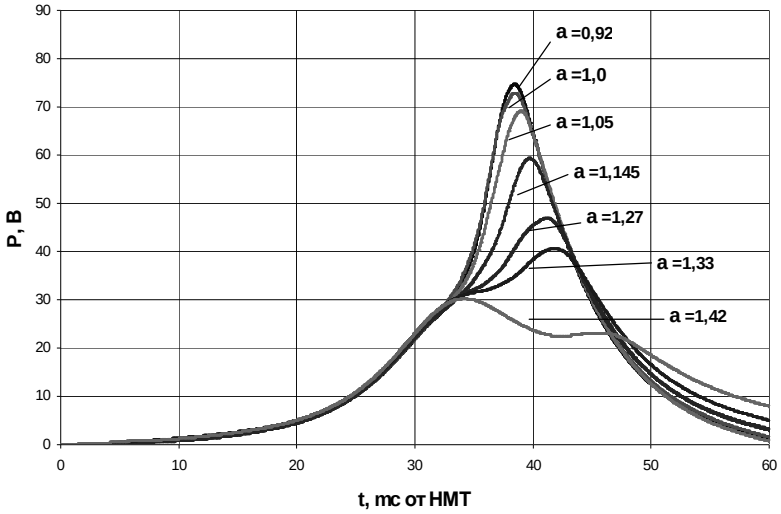


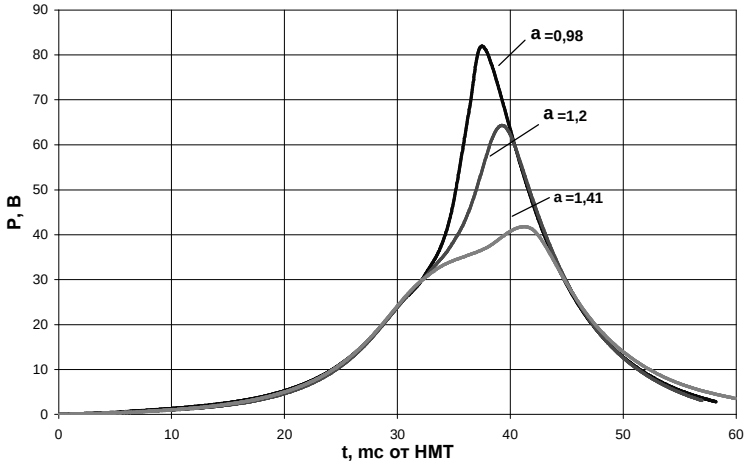
Рис. 3. Характерный вид «типового сигнал» в серии последовательных циклов, и параметры осреднения сигнала: а) датчик ионизации; б) магнитострикционный датчик

Интегрирование показаний магнитострикционного датчика позволило построить индикаторные диаграммы по давлению в вольтах, отражающие реальное изменение давления в цилиндре двигателя. На рис. 4 приведены результаты экспериментальных исследований на магнитострикционном датчике по выявлению зависимости изменения давления в цилиндре двигателя от состава смеси и влияния водорода на энергетические показатели двигателя.

Полученные результаты показывают значительное улучшение эффективности процесса сгорания при добавке 4,3% водорода. Сгорание с добавкой водорода проходит за меньшее время в меньшем объеме КС, что повышает максимальное давление в цилиндре на 3% при α = 1, на 5% при α = 1.1 и на 10% при α = 1.2, тем самым, улучшая мощностные показатели работы двигателя.



а)

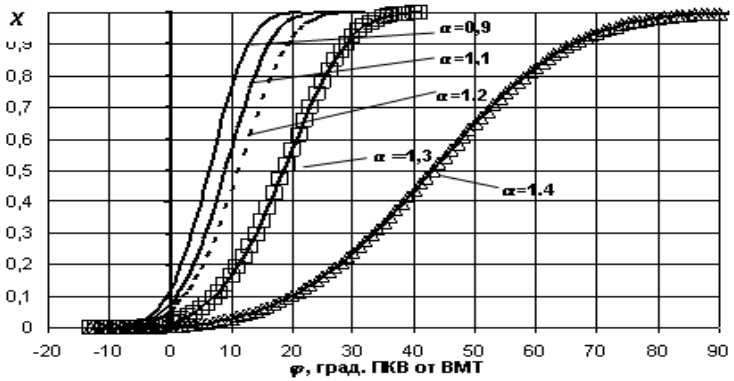


б)

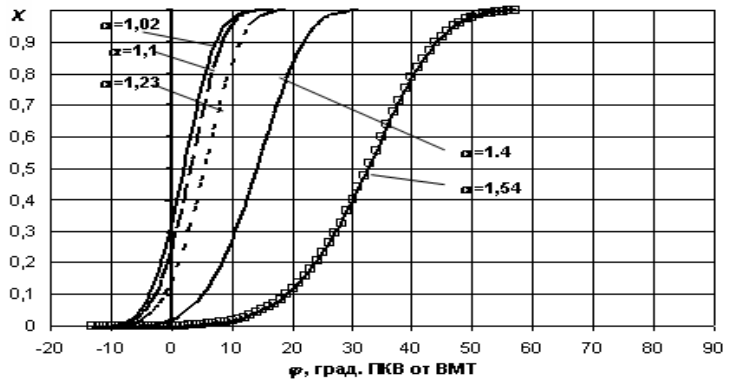
Рис. 4. Индикаторная диаграмма для УИТ-85, режим работы n = 900 мин$^{-1}$, УОЗ = 13°: а) без водорода; б) с добавкой 4.3% H_2.

Оценка влияния водорода на энергетические показатели двигателя показывает еще одну особенность процесса сгорания при добавке водорода. При добавке 4,3% водорода произошло увеличение на 18% для α = 1,2 среднего индикаторного давления в цилиндре двигателя, притом, что,

низшая теплота сгорания введенного в цилиндр топлива при добавке водорода уменьшилась на 10,58%, в тоже время для α = 1 увеличение составило 8%, при снижении вводимой с топливом энергией на 11,12%. Такое влияние добавки водорода на увеличение максимального и среднего индикаторного давления, объясняется качественным улучшением процесса сгорания. Которое происходит за счет значительного повышения интенсивности протекания химических реакций во фронте пламени, позволяющее проводить процесс сгорания с большей термодинамической эффективностью, а, следовательно, и с большим КПД.



а)



б)

Рис. 5. Характеристика тепловыделения, для УИТ-85: режим работы 900 мин$^{-1}$, УОЗ=13° ПКВ. а) без водорода; б) с добавкой 5%водорода по массе топлива

Для оценки влияния водорода на энергетические показатели двигателя на рис.5 приведены характеристики тепловыделения при изменении состава смеси α для 900 мин$^{-1}$ и УОЗ=13° без водорода (рис.5а) и с 5% добавкой водорода в ТВС (рис.5б). Из рисунков видно, что добавка водорода значительно увеличивает скорость тепловыделения, сокращает продолжительность процесса сгорания, тем самым, проводя процесс сгорания основной фазы в меньшем объеме с большим КПД. Причем, особенно ярко влияние водорода проявляется при обеднении смеси. Так добавка 5% водорода позволяет повысить скорость тепловыделения смеси с α=1.45 до скорости тепловыделения смеси с α=1.3 без водорода. Тем самым добавка 5% водорода позволяет проводить устойчиво и эффективно процесс сгорания при обеднении смеси.Для определения особенностей процесса сгорания при добавке водорода в ТВС было оценено влияния водорода на характеристику тепловыделения. По экспериментально определенной характеристике тепловыделения были определены показатели характера сгорания (m) по И.И. Вибе для каждого исследуемого режима (2). Характеристика тепловыделения (2) однозначно определяет протекание процесса сгорания, если известно два параметра продолжительность сгорания t_z и показатель характера сгорания m.

$$\chi = 1 - e^{\ln(1-\chi_z)\left(\frac{\phi}{\phi_z}\right)^{m+1}} \qquad (2)$$

Также характеристикой определяющей эффективность протекания процесса сгорания является средняя скорость распространения фронта пламени в основной фазе сгорания, которая, как показано в работах [2,3] для классических камер сгорания с 2 и 4 клапанами на цилиндр без специальных каналов, обеспечивающих вихревое движения ТВС, определяется по зависимостям, приведенным в [4,5] учитывающих помимо режимных параметров работы ДВС, также количество водорода в ТВС. Поэтому для определения показателя характера сгорания была получена модель, учитывающая среднюю скорость распространения пламени в основной фазе сгорания. Так, при математическом анализе полученных данных в программе MathCAD была получена полуэмпирическая зависимость (4) с учетом особенностей процесса сгорания при добавке водорода в ТВС, определяющая показатель характера сгорания.

$$m = \left(\frac{V_{осн}}{U_П}\right)^{\left(29{,}112\cdot\frac{V_\theta}{Va}\left(\alpha - 7{,}0483\cdot\frac{V_\theta}{Va} + 1{,}4822\right) - 5{,}609\cdot\alpha + 0{,}386\cdot\alpha^2 - 0{,}773\right)} \cdot \left(\frac{V_\theta}{Va}\right)^{-0{,}35} \cdot \alpha \qquad (4)$$

где $V_{осн}$ – средняя скорость распространения пламени в основной фазе сгорания; Uп – средняя скорость поршня; V_θ – Объем камеры в момент

подачи искры; V_a – полный объем цилиндра; α – коэффициент избытка воздуха.

Полученная формула для показателя сгорания учитывает в себе следующие параметры, влияющие на изменение показателя характера сгорания: $V_{осн}$ – средняя скорость распространения пламени в основной фазе сгорания, которая влияет на относительное время максимума скорости тепловыделения;$U_п$ – средняя скорость поршня, которая учитывает влияние скоростного режима работы, определяет интенсивность турбулентности ТВС, влияющая на протекание первой и второй фазы сгорания; $V_Θ$ /V_a – отношение объема камеры в момент подачи искры к полному объему цилиндра, которое характеризует начальные условия для воспламенения смеси, учитывает влияние степени сжатия и угла опережения зажигания на скорость распространения пламени в первой и второй фазе; α – коэффициент избытка воздуха, учитывающий влияние состава смеси на скорость пламени при изменении режимных параметров работы двигателя: УОЗ, частоты вращения, степени сжатия.

Использование полученной зависимости позволит, на стадии проектирования с минимальным числом экспериментов, определять показатель характера сгорания, а, следовательно, и характеристику тепловыделения с учетом особенностей сгорания при добавке водорода в ТВС и изменения режимных параметров работы двигателя. Что позволит еще на стадии проектирования и доводки определять мощностные показатели работы двигателя.

Из результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Добавка водорода повышает полноту и скорость протекания процесса сгорания. В результате достигается увеличение максимального давления и работы цикла при уменьшении энергии вводимой с топливом за цикл и одном коэффициенте избытка воздуха, причем, данный эффект при обеднении смеси увеличивается.

2. Получена эмпирическая зависимость для определения показателя характера сгорания m, учитывающая влияние степени сжатия, скоростного режима, угла опережения зажигания, среднюю скорость распространения фронта пламени в основной фазе сгорания, состава смеси α и учитывающая особенности процесса сгорания при добавке водорода в ТВС. Разработанная формула позволяет проводить оценочные инженерные расчеты характеристики тепловыделения на стадии проектирования и доводки новых двигателей, работающих на бензине с добавками водорода.

Литература

1. Коломиец П.В. Влияние скорости распространения пламени на выделения оксидов азота при добавке водорода в бензиновые двигатели// Автореферат диссертации к.т.н., ТГУ. – Тольятти, 2007. – С. 19.

2. Jones P. Full cycle computational fluid dynamics calculations in a motored four valve pent roof combustion chamber and comparison with experiment // SAE Paper 950286. – SAE. 1995. – С. 133 – 146

3. Khalighi, B. Computation and Measurement of Flow and Combustion in a Four-Valve Flow and Combustion in a Four-Valve / B. Khalighi, S.H. El Tahry, D.C. Haworth, M. S. Huebter // SAE Paper 950287. – SAE. 1995. – С. 147 – 180

4. Смоленский В.В. / Особенности процесса сгорания в бензиновых двигателях при добавке водорода в топливно-воздушную смесь // автореф. канд. дисс. - Тольятти, 2007 – С. 20.

5. Смоленский В.В. Влияние водорода на скорость распространения пламени и индикаторное давление в ДВС с искровым зажиганием // Проведение научных исследований в области машиностроения: сборник материалов ВНТК с элементами научной школы для молодежи. 27-28 ноября 2009. / Тольятти: Изд-во Тольяттинский государственный университет. - 2009. – С.266-272.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, ГК №П1181 от 03.06.2010 г.

Связь с автором: nata_smolenskaya@mail.ru

В.В. Смоленский

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДА НА ТУРБУЛЕНТНУЮ СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФРОНТА ПЛАМЕНИ БЕНЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В УСТАНОВКЕ УИТ-85

Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, Россия

Водород является экологически чистым и практически неисчерпаемым природным ресурсом. Современное состояние экологии, стоимость и исчерпаемость природных ресурсов требует новых подходов к проектированию и созданию современных энергоэффективных и низкотоксичных автомобильных двигателей. Эффективные режимы работы двигателя обеспечиваются за счет обеднения топливно-воздушной смеси (ТВС), которое достигается за счет усложнения организации устойчивого процесса сгорания. Осуществление работы двигателя на стехиометрическом составе смеси не позволяет обеспечить высокую эффективность работы двигателя, сравнимую с эффективностью дизеля при невозможности дальнейшего снижения токсичности отработавших газов (ОГ) более чем ЕВРО-5. Для создания высокоэффективных ДВС, выполняющих нормы

ЕВРО-6, вводимые с 2011 года в Евросоюзе и имеющих перспективы дальнейшего снижения токсичности ОГ, необходимо обеспечить эффективную работу двигателя на бедных смесях при высокой полноте сгорания топлива. В настоящее время, большое внимание уделяется добавкам водорода в основное топливо, что позволяет значительно повысить интенсивность протекания процесса сгорания и расширить пределы эффективного обеднения смеси.

Коллектив кафедры тепловые двигатели ТГУ с 1990 года проводит теоретические и экспериментальные исследования ряда актуальных проблем по вопросам воспламенения и сгорания углеводородных топлив в условиях поршневого ДВС. В основе их лежат фундаментальные разработки по изучению кинетики процесса сгорания, влияния различных режимных параметров и качества ТВС на эффективность сгорания [1]. При этом, в ходе работ, акцент делался на исследование малых добавок водорода.

Проведённые исследования позволили подробно изучить действие малых добавок водорода, количественно определить их величиной порядка 4–6% от расхода бензина на данном режиме работы двигателя. Добавка водорода позволяет, в настоящее время, работать на обедненной ТВС, до α = 1.4 – 1.6.

Для учета влияния водорода на процесс сгорания, необходимы комплексные теоретические и экспериментальные исследования, позволяющие получить информацию о процессе в различных зонах камеры сгорания (КС) с оценкой скорости распространения пламени и интенсивности протекания химических реакций во фронте пламени.

Для более глубокого анализа протекания процесса сгорания его принято разделять на фазы: [2]

1 фаза – это время от начала воспламенения до развития устойчивого фронта пламени и начала активного тепловыделения в смеси, в ней выгорает примерно 10% ТВС [2]. Отвечает за устойчивость протекания процесса сгорания. В работе продолжительность 1-ой фазы определялась как время от подачи искры до начала активного тепловыделения по магнитострикционному датчику.

2 фаза – принято считать время от окончания 1-ой фазы до выгорания основной части ТВС, т.е. 80% объема смеси. В зависимости от способов измерения окончание 2-ой фазы определяется по достижению максимального давления или температуры в КС [2]. В работе продолжительность 2-ой фазы определялась как время от конца 1-ой фазы до максимума давления (пересечение нулевой линии на магнитострикционном датчике), а среднюю скорость во 2-ой фазе сгорания определяли как расстояние между свечой и центральным электродом датчика ионизации (85 мм) деленное на время от начала 2-ой фазы до появления сигнала на центральном электроде.

3 фаза – заключительная фаза сгорания, в ней происходит догорание небольших объемов заряда в глубине зоны горения и у стенок цилиндра, выгорает примерно 10% ТВС. В работе продолжительность 3-ой

фазы определялась как время от конца 2-ой фазы до перехода на политропное расширение, а средняя скорость распространения фронта пламени в 3-ей фазе сгорания у стенок камеры сгорания, как $U_3 = D_{полости\ \ датчика} / t_{догор}$, м/с, где $D_{полости\ \ датчика} = 3{,}5$, мм – диаметр полости датчика ионизации.

Локальная скорость распространения фронта пламени в зоне датчика ионизации между электродами 5-электродного датчика (на участках 6,5 мм) определялась по перемещению передней границы зоны химических реакций горения.

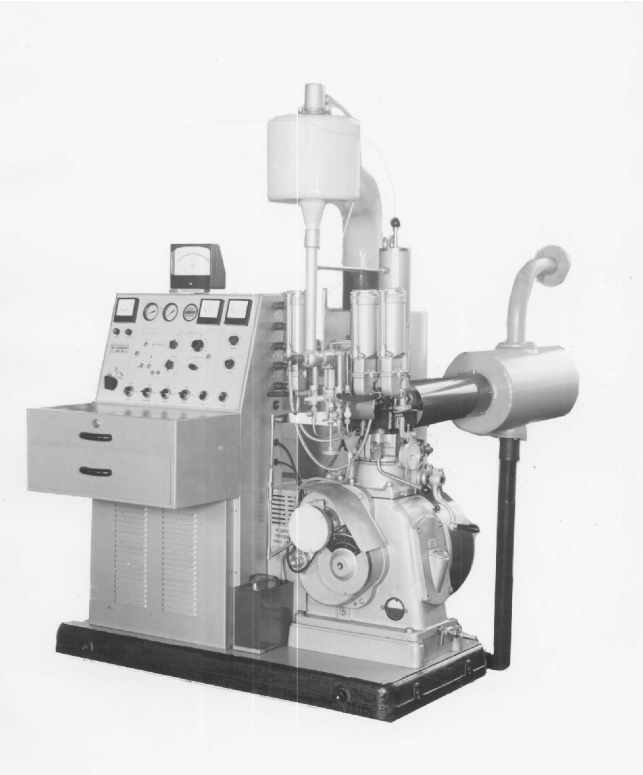


Рис.1. Одноцилиндровая исследовательская установка УИТ-85

Исследования влияния добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием проводились на УИТ-85 (рис.1), представляющей собой одноцилиндровый четырехтактный карбюраторный двигатель с изменяемой степенью сжатия от 4 до 10, двумя, поддерживаемыми электромотором, скоростными режимами 600 и 900 мин$^{-1}$. Подогреваемый впускной трубопровод обеспечивает влажность

воздуха и температуру ТВС на впуске постоянной для поддержания однородности ТВС. Конструкция УИТ-85 позволяет достаточно точно контролировать режимные параметры работы ДВС (температура охлаждающей жидкости, степень сжатия, обороты, состав смеси, УОЗ) и изменять их независимо друг от друга. Эти особенности конструкции позволяют максимально снизить межцикловую нестабильность работы двигателя, для наиболее точного определения влияния водорода на процесс сгорания бензовоздушной смеси.

Экспериментальное исследование процесса сгорания проводилось с использованием магнитострикционного и ионизационного датчиков, расположенных в КС УИТ-85. Штатный магнитострикционный датчик фиксировал скорость изменения давления в цилиндре двигателя [3], а пятиэлектродный ионизационный датчик фиксировал импульс напряжения ионного тока, возникающий в момент соприкосновения фронта пламени с электродами [4]. Синхронизация развертки осциллограммы осуществлялась по моменту искрового разряда на свече зажигания.

В проводимых исследованиях, варьируемыми факторами были степень сжатия, угол опережения зажигания, скоростной режим двигателя, состав топливно-воздушной смеси и количество добавляемого в смесь водорода, до 6% от массы топлива. Скоростные режимы испытаний определились возможностями установки, т.е. n = 600 и 900 мин$^{-1}$.

Для анализа результатов измерений с магнитострикционного и ионизационного датчика использовался «типовой импульс» (ТИ), представляющий собой результат осреднения осциллограмм тока на одном установившемся режиме работы установки. Значения характеристик ТИ являются среднеарифметическими для совокупности замеров одной и той же величины, т.е. – это есть наиболее вероятное (в серии последовательных циклов работы установки на одном режиме) положение и форма сигнала с датчика, которое принимается к изучению. Данное допущение возможно в связи с нормальным законом распределения исследуемых величин.

Анализ проведенных экспериментальных исследований показал, что средняя скорость распространения фронта пламени во второй фазе сгорания значительно зависит от состава ТВС. Так на рис. 2 представлен анализ экспериментальных исследований по выявлению влияния добавки водорода в ТВС на среднюю скорость распространения фронта пламени во 2-ой фазе сгорания, при изменении скоростного режима с 600 до 900 мин$^{-1}$ УОЗ = 13° ПКВ, и при изменении УОЗ для 900 мин$^{-1}$, на бензине Аи-95 и с добавкой 5% водорода по массе топлива.

Из рис. 2 следует, что с увеличением частоты вращения средняя скорость распространения пламени увеличивается. Так при повышении частоты вращения с 600 мин$^{-1}$ до 900 мин$^{-1}$, для α = 1 средняя скорость распространения пламени увеличилась с 15.3 м/с до 19.4 м/с, а для α = 1.3 с 10.62 м/с до 14.16 м/с соответственно. При добавке 5% водорода средняя скорость распространения пламени во второй фазе при увеличении частоты вращения составляет α = 1 с 17.1 м/с до 21.8 м/с, а для α =

1.3 с 14.8 м/с до 18.8 м/с соответственно. При этом, влияние добавки водорода увеличивается при обеднении смеси для всех исследуемых режимов работы и состава смеси. В тоже время, удельное увеличение средней скорости распространения фронта пламени на скоростном режиме 600 и 900 мин$^{-1}$ при добавке 5% водорода для одного состава смеси составляет примерно одну и туже величину, что объясняется одинаковым увеличением ламинарной скорости распространения пламени для одного состава смеси при добавке одного количества водорода. Также, наблюдается увеличение средней скорости распространения фронта пламени во 2-ой фазе при увеличении УОЗ, что объясняется её протеканием в зоне верхней мертвой точки (ВМТ) при большем давлении и температуре.

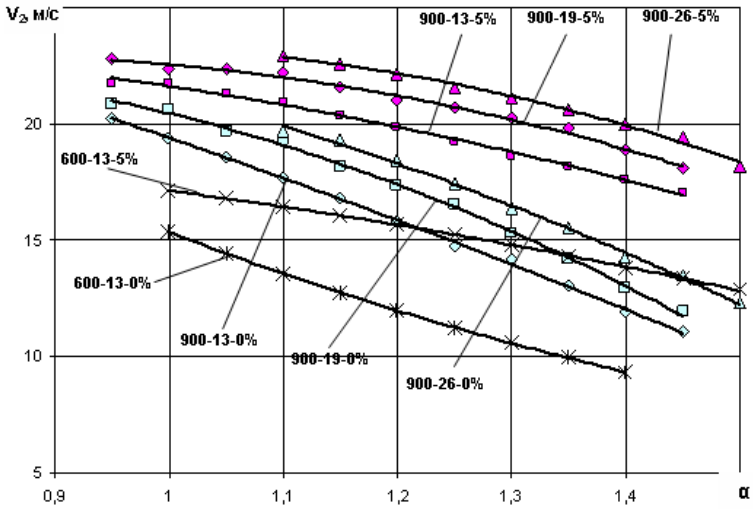


Рис. 2. Скорость распространения пламени во второй фазе, при изменении УОЗ по составу смеси α, без водорода и при добавке 5%, n = 900 мин$^{-1}$, УОЗ = 13°, 19° и 26° ПКВ

В экспериментальном исследовании [4] представлены зависимости скорости распространения пламени в полости ИД-свечи. Особенностью протекания процесса сгорания в полости датчика является ее независимость от скоростного режима работы двигателя и, следовательно, от изменения турбулентности, при увеличении оборотов с 600 до 900 1/мин. Эти данные, а также приближенная оценка порядка нормальной скорости распространения пламени по давлению и температуре в цилиндре свидетельствует в пользу того, что в полости датчика сгорание происходит по ламинарному механизму.

Изменение качества ТВС за счет добавки водорода приводит к росту скорости распространения пламени в полости датчика. Добавка в ТВС

H_2, снижает долю углерода и увеличивает долю водорода в смеси. При добавке 3 и 5% водорода доля H_2 возрастает на 20,7 и 34,5%, а углерода уменьшается на 3,6 и 5,6%, соответственно. На режиме 600 1/мин при этих добавках скорость распространения пламени в полости датчика при α = 1,2 возросла на 31 и 47,5%, а ионный ток на 39,2 и 55%. Общепринято считать, что в механизме хемиионизации основную роль играют радикалы CH. В экспериментах, несмотря на снижение доли углерода в ТВС, и, следовательно, радикалов CH, произошел значительный рост величины ионного тока. Так как турбулентность смеси при небольших добавках H_2 не меняется, то возрастание скорости распространения пламени обусловлено увеличением скорости химических реакций во фронте пламени. Следовательно, произошло увеличение нормальной скорости распространения пламени.

Скорости распространения пламени на участке между передним и центральным электродом 5-электродного датчика представлены на рис. 3, где показаны зависимости, полученные при одном УОЗ = 13°, 2-х скоростных режимах и с добавкой 5% водорода от массы топлива.

Скорость распространения пламени на расстоянии 6,5мм (за промежуток времени 0,1-0,3 миллисекунд) от стенки цилиндра представляет собой значительную величину от ~ 35м/с при α = 1,0 до ~ 10 м/с при α = 1,2 для бензовоздушной и от 55 до 28м/с, соответственно, для бензоводородовоздушной смеси при 900 1/мин и добавке 5% водорода.

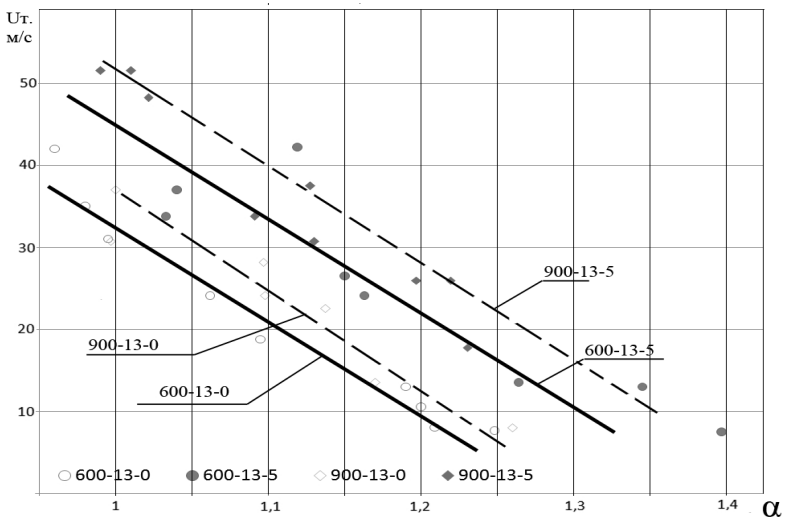


Рис. 3. Скорость распространения фронта пламени в зоне датчика ионизации при одинаковом угле опережения зажигания в зависимости от состава смеси, добавки водорода и скоростного режима работы

Исследование влияния добавки водорода на локальную скорость в удаленной части камеры сгорания в зоне датчика ионизации показали, что удельное увеличение скорости распространения пламени при добавке 5% водорода для скоростного режима 600 1/мин при одном составе смеси составляет ~ 13 м/с, а для 900 1/мин уже ~ 14,5 м/с. Тем самым, увеличение ламинарной скорости сгорания приводит к ускорению распространения турбулентного фронта пламени в условиях поршневого ДВС больше, чем величина увеличения ламинарной скорости, что соответствует теории распространения турбулентного фронта пламени предложенной Дамкелером.

В результате математической обработки результатов экспериментов полученных для одноцилиндровой установки УИТ-85, получено, что средние скорости пламени во второй фазе сгорания можно определить как турбулентное горение. Поэтому для определения полуэмпирической формулы для средней скорости распространения пламени во 2-ой фазе сгорания, была выбрана в качестве базовой формула Дамкелера – Карловица (1) [5]:

$$\frac{V_т}{U_Л} = 1 + \sqrt{\frac{2u'}{U_Л}\left[1 - \frac{U_Л}{u'}\left(1 - e^{-\frac{u'}{U_Л}}\right)\right]} \qquad (1)$$

где $V_Т$ – турбулентная скорость распространения пламени, $U_Л$ – ламинарная скорость распространения пламени, u' – турбулентность потока.

Сгорание в третьей фазе протекает при воздействии мелкомасштабной турбулентности, близкой по характеру к ламинарному сгоранию. Поэтому, в качестве критерия оценки ламинарной скорости, при получении математических зависимостей скорости распространения пламени во 2-ой фазе была принята средняя скорость распространения пламени в 3-ей фазе сгорания у стенок КС в полости датчика ионизации, эмпирическая формула для её расчета представлена в работе [6]. В тоже время, турбулентность потока пропорциональна частоте вращения, поэтому в качестве критерия оценки турбулентности потока была выбрана средняя скорость поршня $U_П = S \cdot n / 30$, где S – ход поршня, n – частота вращения двигателя. В результате, получена следующая полуэмпирическая формула, которая учитывает влияние физико-химических свойств смеси и режимных параметров работы двигателя на скорость распространения пламени во 2-ой фазе сгорания:

$$V_2 = U_П\left[(\alpha - 1)\cdot 10 \cdot \frac{H_\Sigma - H_{топл}}{H_{топл}} + \left(\frac{V_\theta}{Va}\right)^{-0,5526}\right] + \\ + U_З + U_З \cdot \sqrt{\frac{2U_З}{U_Л}\left[1 - \frac{U_Л}{U_З}\left(1 - e^{-\frac{U_З}{U_Л}}\right)\right]}, \qquad (2)$$

где $U_З$ – средняя скорость пламени в 3-ей фазе сгорания у стенок КС; $U_п$ – средняя скорость поршня; V_θ – объем камеры в момент подачи искры; V_α – полный объем цилиндра; H_Σ - суммарное содержание водорода в 1 кг ТВС; $H_{топл}$ - содержание водорода в 1 кг смеси бензина и воздуха, α – коэффициент избытка воздуха.

Полученная формула для средней скорости распространения пламени во 2-ой фазе сгорания учитывает в себе следующие параметры: $U_З$ –учитывает влияние состава смеси, α и добавки водорода на ламинарную скорость распространения пламени; $U_п$ – учитывает влияние скоростного режима работы, определяет интенсивность турбулентности ТВС во второй фазе сгорания; V_Θ / V_a – отношение объема камеры в момент подачи искры к полному объему цилиндра. Характеризует начальные условия для воспламенения смеси, учитывает влияние степени сжатия и угла опережения зажигания; $H_\Sigma - H_{топл} / H_{топл}$ – отношение количества добавляемого свободного водорода к количеству связанного водорода содержащегося в бензине, оценивает влияние свободного водорода.

Известно, что концентрация оксидов азота по механизму Я.Б. Зельдовича, [7] В.А. Звонова, J.B. Heywood, I. Andersen в ОГ определяется температурой продуктов сгорания, концентрацией свободного кислорода и азота в зоне высокой температуры, а также временем их пребывания в зоне высокой температуры. Уровень температуры продуктов сгорания, время пребывания и процесс расширения, главным образом, определяются средней скоростью распространения пламени во 2-ой фазе.

Из результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Добавка водорода повышает скорость распространения турбулентного фронта пламени бензовоздушной смеси, как во второй фазе сгорания, так и в зоне датчика ионизации, за счет увеличения ламинарной скорости сгорания и площади турбулентного фронта пламени, а также из-за высокой диффузионной активности водорода, при уменьшении толщины фронта.

2. На основе обобщения особенностей сгорания ТВС при малых добавках водорода получено полуэмпирическое уравнение для определения средней скорости распространения пламени во 2-ой фазе сгорания. Полученная математическая зависимость позволяет определить влияние режимных параметров работы двигателя и количества добавляемого водорода в ТВС на условия образования NO, а также определять условия, обеспечивающие экономичность двигателя.

Литература

1. Русаков М.М., Бортников Л.Н. / Оценка экономических и экологических показателей поршневых ДВС с искровым зажиганием при их работе на смеси «бензин-водород» // Автомобильная промышленность, М., 2008, №2, с.12-15. №3, с.11-14

2. Иноземцев Н.В., Кошкин В.К. / Процесс сгорания в двигателях// Под Общ. ред. Н.В. Иноземцева, М., изд-во 1-я тип. Машгиза в Лгр., 1949.
3. Майоров Ф.В. / Магнитострикционный метод и приборы для измерения давлений // Труды ЦАГИ выпуск №445, 1939.
4. Ивашин П.В. Зависимость концентрации несгоревших углеводородов в отработавших газах бензиновых ДВС от скорости распространения пламени и ионного тока. // Автореферат диссертации к.т.н., ТГУ. – Тольятти, 2004.
5. Основы горения углеводородных топлив. / Пер. с англ. Под ред. Л.Н. Хитрина и В.А. Попова. - М.: ИЛ, 1960.
6. Смоленский В.В. Влияние водорода на скорость распространения пламени и индикаторное давление в ДВС с искровым зажиганием // Проведение научных исследований в области машиностроения: материалs ВНТК 27-28, 10.2009. / Тольятти: Изд-во ТГУ. - 2009. – С.266-272.
7. Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменский Д.А., Окисление азота при горении - АН СССР, 1947.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, ГК №П1322 от 09.06.2010 г.

Связь с автором: biktor.cm@mail.ru

В.В. Смоленский

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПЛАМЕНИ НА ТОКСИЧНОСТЬ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ В ПОРШНЕВОЙ УСТАНОВКЕ ПРИ ДОБАВКЕ ВОДОРОДА В БЕНЗОВОЗДУШНУЮ СМЕСЬ

Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, Россия

Для уменьшения вредного воздействия двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на окружающую среду необходимо постоянное совершенствование его конструкции, направленное на снижение эмиссии вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами (ОГ). Современные исследования в этой области в основном направлены на поиски способов эффективной работы двигателя на бедной топливно-воздушной смеси (ТВС), благодаря чему достигается снижение токсичности ОГ и повышается топливная экономичность двигателя. Однако при этом встречается ряд трудностей, в числе которых невозможность количественного прогнозирования эмиссии вредных веществ для определенного режима работы двигателя ввиду отсутствия в литературе соответст-

вующих расчетных зависимостей и доступных по цене методов и алгоритмов определения токсичности транспортных ДВС.

Проведены экспериментальные исследования на одноцилиндровой установке УИТ-85 с целью определения влияния ширины зоны химических реакций (ЗХР) и электропроводности пламени на концентрацию токсичных компонентов процесса сгорания СН и NO в ОГ в поршневой установке при добавке водорода в бензовоздушную смесь. Эксперименты проводились при частоте вращения вала установки n=600 min^{-1} и n=900 min^{-1}. Состав смеси (α) варьировался от стехиометрического до пределов бедного срыва. Угол опережения зажигания (УОЗ) изменялся в широком диапазоне значений. Эксперименты проводились отдельно для каждого значения степени сжатия (в диапазоне от 5 до 8 единиц).

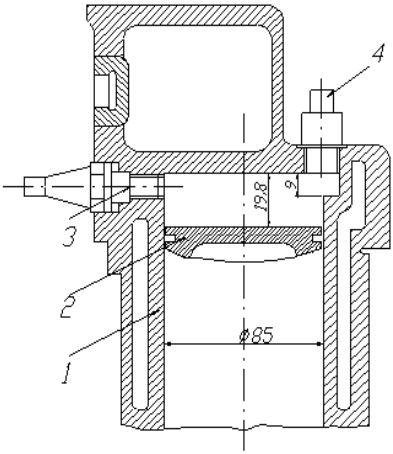


Рис.1. Схема УИТ-85 с установкой датчиков: 1 - цилиндр; 2 - поршень; 3 - свеча зажигания; 4 - датчик ионизации

Для определения концентрации СН в ОГ установки использовался газоанализатор EIR-2105 фирмы "Yanaco" (Япония). Погрешность определения СН, согласно паспортным данным газоанализатора, составляет 3% от максимального показания шкалы. Для определения концентрации NO в ОГ использовался микропроцессорный газоанализатор "АВТОТЕСТ-02 CO-CO_2-CH-O_2-NO_x-α-Т" фирмы "МЕТА" (Россия), который работал параллельно газоанализатору EIR-2105. Погрешность определения NO газоанализатором "АВТОТЕСТ-02", согласно паспортным данным, составляет 5% от верхнего предела измерений.

Регистрация перемещения фронта пламени внутри цилиндра установки УИТ-85 (рис. 1) осуществлялась с помощью датчика ионизации (ДИ) [1] (рис.2), установленным в наиболее удаленную от свечи зону камеры сгорания.

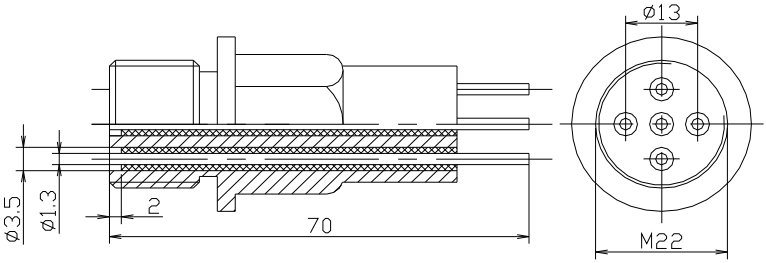


Рис. 2. Пятиэлектродный датчик ионизации

Сигнал с ДИ записывался многоканальным АЦП в память персонального компьютера. Запись осциллограмм ионного тока на каждом экспериментальном режиме проводилась непрерывно в течение 35-40 рабочих циклов, а затем параметры этой многоцикловой последовательности осциллограмм обрабатывались в соответствии с ГОСТ 8.207-76 "Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения" для определения среднего значения результатов наблюдений и оценки погрешностей экспериментальных данных.

В результате проведения комплекса экспериментальных исследований, были получены параметры осциллограмм ионного тока, отражающие продолжительность основной и заключительной фаз процесса сгорания, ширину ЗХР, скорость распространения пламени в зоне датчика ионизации, а также значения концентрации CH и NO в ОГ установки для различного сочетания режимных факторов – состава смеси (α), частоты вращения коленчатого вала (n), угла опережения зажигания (θ) и степени сжатия (ε).

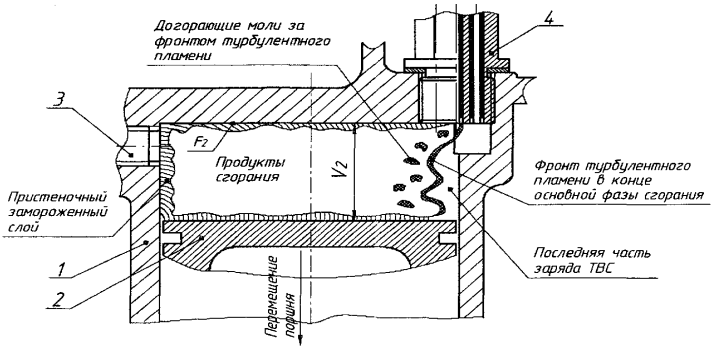


Рис. 3. Схема внутрицилиндрового пространства в конце основной фазы сгорания: 1 - цилиндр; 2 - поршень; 3 - свеча зажигания; 4 - датчик ионизации

Добавка водорода в бензовоздушную смесь является промоутером процесса сгорания, сокращая ширину ЗХР, повышая интенсивность протекания процесса сгорания во фронте пламени, повышая среднюю скорость распространения пламени в основной и второй фазе сгорания, а также в удаленной от свечи зажигания зоне камеры сгорания, где установлен ионизационный датчик, что приводит к сокращению объема внутрицилиндрового пространства в конце основной фазы сгорания [2], который в экспериментальных исследованиях (обозначен как V_2, на рис. 3) определялся в момент появления сигнала на ДИ, т.е. в тот момент, когда фронт пламени, охватив весь заряд ТВС, подходит к ДИ где сгорает последняя часть ТВС, что соответствует завершению основной фазы сгорания [3]. Объем внутрицилиндрового пространства в конце сгорания (V_3 на рис. 4) определялся в момент исчезновения сигнала с ДИ, что соответствует погасанию пламени в пристеночном слое, т.е. завершению заключительной фазы сгорания [3].

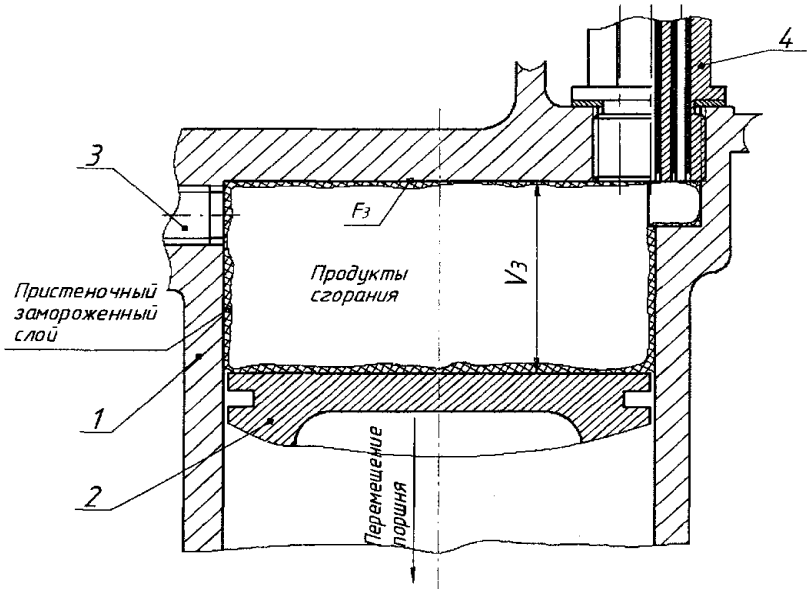


Рис. 4. Схема внутрицилиндрового пространства в конце заключительной фазы сгорания: 1 - цилиндр; 2 - поршень; 3 - свеча зажигания; 4 - датчик ионизации

Как показано в работе [2], изменение объема внутрицилиндрового пространства при сгорании в поршневом ДВС с искровым зажиганием значительно влияет на токсичность ОГ. Что обуславливается тем, что в реальности процесс сгорания занимает некоторый промежуток времени (порядка нескольких миллисекунд [4]), в течение которого из-за движения

поршня происходит изменение объема цилиндра. Так что фактически сгорание протекает в суммарном объеме, включающим в себя постоянную (заданную конструктивно) величину объема камеры сгорания (V_c) и переменный объем цилиндра, зависящий от текущего положения поршня (V_x). Однако, концентрация несгоревших углеводородов в пристеночном замороженном слое, зависит не только от его площади, но также зависит и от его толщины, которая во многом определяется шириной ЗХР и интенсивностью протекания процесса сгорания во фронте пламени, которая определяется по характеристикам электропроводности пламени в конце процесса сгорания (амплитуда ионного тока и площадь сигнала ионизации).

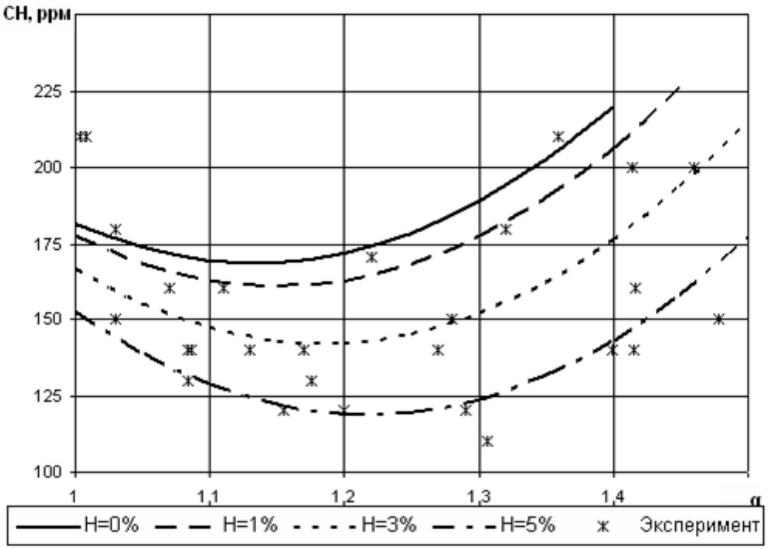


Рис. 5. Зависимость концентрации СН в ОГ от состава смеси при различных добавках водорода в бензовоздушную смесь для УИТ-85, режим работы n=600 1/мин, УОЗ=13°, ε=7

На рис. 5 приведена зависимость концентрации СН в ОГ от состава смеси при различных добавках водорода в бензовоздушную смесь для УИТ-85, показывающая снижение токсичности по СН при добавке водорода и смещение минимума по токсичности в область бедной смеси, так минимум для бензовоздушной смеси соответствует α=1,13, при добавке 1%, 3% и 5% он смещается до α=1,155, α=1,2, α=1,25 соответственно. Что говорит о повышении полноты сгорания при добавке водорода на бедных смесях.

Увеличение угла опережения зажигания для скоростного режима 900 1/мин приводит к росту скорости распространения пламени, что свидетельствует о протекании процесса сгорания при меньшем объеме камеры сгорания и, как следствие, при более высокой температуре.

Экспериментальные данные, полученные по определению скоростей распространения пламени вблизи стенок цилиндра, по величине ионного тока и ширине ЗХР, позволяют сделать анализ их влияния на концентрацию несгоревших СН в ОГ.

На рис. 6 представлена зависимость концентрации несгоревших СН в ОГ от ширины зоны химических реакций горения при различных добавках водорода в ТВС.

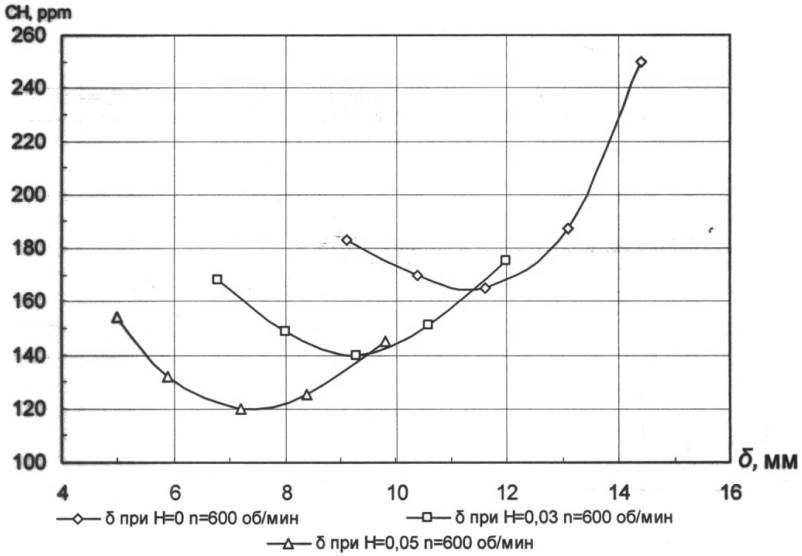


Рис. 6. Концентрация несгоревших СН в ОГ

Получены качественно похожие зависимости для различных добавок водорода в ТВС. Точки на графике соответствуют следующим коэффициентам избытка воздуха: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4. Сначала при уменьшении ширины ЗХР происходит уменьшение несгоревших СН. На этом участке с уменьшением коэффициента избытка воздуха α от 1,4 до 1,2 увеличение скорости химических реакций горения происходит более быстрыми темпами, чем сокращение ЗХР. При дальнейшем снижении α картина меняется, и уменьшение ЗХР происходит быстрее, чем увеличивается скорость протекания химических реакций горения. В итоге в ОГ возрастает концентрация несгоревших СН.

Опыты по определению взаимосвязи концентрации оксидов азота в ОГ производились с измененной системой регистрации и записи ионного

тока, в частности изменилось напряжение источника питания с 14 до 9 В, а также сопротивление осциллографа.

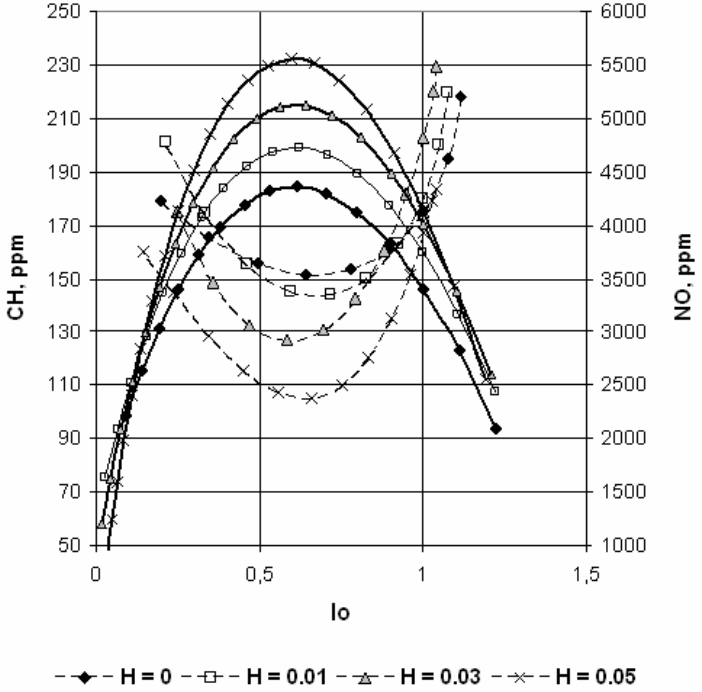


Рис. 7. Зависимость концентрации NO и CH в ОГ от амплитуды приведенного сигнала, при разных добавках водорода (доля добавляемого водорода от массы топлива), сплошные линии – NO, пунктирные – CH

Поэтому дальнейший анализ был проведен с использованием приведенных значений ионного тока. За единицу приняты значения характеристик сгорания при работе на стехиометрической смеси с данной добавкой водорода в ТВС. В результате получено, что максимум концентрации NO соответствует приведенному значению ионного тока примерно равному 0.55 – 0.7, что показано на рис. 7.

Величина ионного тока, соответствующая максимуму концентрации NO в ОГ, соответствует также минимальному содержанию CH в ОГ, причем при добавках водорода в ТВС эти значения остаются примерно постоянными. Исходя из полученной взаимосвязи изменений ионного тока и концентрации CH и NO в ОГ возможно регулирование рабочего процесса по минимальной токсичности. Например, на двигателе оптимально по

токсичности будет смещение состава смеси в сторону обеднения, и регулирование Io в области 0.2 – 0.3.

Из результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Характер протекания процесса сгорания вблизи стенки цилиндра двигателя, ширина зоны химических реакций, турбулентная и нормальная скорость распространения пламени, определяют концентрацию несгоревших углеводородов в отработавших газах.

2. В области бедной ТВС, α>1,2, сокращение зоны химических реакций, приводит к уменьшению концентрации несгоревших СН.

3. С обогащением ТВС, α<1,2, несмотря на сокращение зоны химических реакций и рост скорости распространения пламени, начинается увеличение концентрации несгоревших СН, что соответствует увеличению плотности пристеночного замороженного слоя за счет повышения давления, в процессе сгорания проходящего в меньшем объеме и большей интенсивности, причем увеличение плотности больше чем уменьшение площади пристеночной зоны гашения.

4. Концентрация несгоревших СН и NO в ОГ имеет взаимосвязь с электропроводностью пламени, получена зависимость концентрации СН и NO в ОГ от относительной величины ионного тока (величина ионного тока при данном режиме к величине ионного тока при α=1), где показано, что токсичность по СН и NO имеют характерные максимумы и минимумы при оценке относительной величины ионного тока, что справедливо при изменении качества ТВС (добавка водорода в ТВС), а, следовательно, и для других видов топлива.

Литература

1. Коломиец П.В. Влияние скорости распространения пламени на выделения оксидов азота при добавке водорода в бензиновые двигатели / Автореферат диссертации к.т.н., ТГУ. – Тольятти, 2007. – С. 19.
2. Шайкин А.П., Баринов В.В., Шайкина Н.А. Переменный объем сгорания и его влияние на токсичность бензинового двигателя при работе на бедной смеси / Известия Самарского центра РАН, спец. выпуск, том 2, секция «машиностроение» и «экология», Самара. – 2008. – с. 19-27.
3. Соколик А.С. Основы теории процесса нормального сгорания в двигателях с искровым зажиганием. – М.: АН СССР, 1951. – С. 428.
4. Воинов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 278.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы, ГК №П907 от 26.05.2010 г.

Связь с автором: biktor.cm@mail.ru

А.Н. Степутин, В.Ю. Садыгов

МЕТОД СОПОСТАВЛЕНИЯ СИГНАТУР И СХЕМА ПОСТОЦЕНОЧНОЙ ОБРАБОТКИ

Санкт-Петербургский государственный университет Телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
г. Санкт-Петербург, Россия

На точность позиционирования оказывают влияние множество физических явлений [1], поэтому есть необходимость в применении технологий, уменьшающих их негативное влияние. Методы повышения точности позиционирования должны быть направлены как на совершенствование стандартизированных методов, так и разработку принципиально новых альтернативных методов. Выводы о целесообразности использования того или иного метода необходимо проводить на основе экспериментальных данных совместно с оценкой точности позиционирования.

Принцип функционирования метода

Для многих методов позиционирования многолучевое распространение являлось негативным фактором, при оценке точности позиционирования. В методе сопоставления сигнатур многолучевое распространение является источником получения данных о пришедшем сигнале, таких как амплитуда, время и фаза, которые образуют PDP (англ. Power delay profile - профиль задержки мощности), а он в свою очередь уникален для различных расположений мобильного абонента на местности. Создав базу данных, содержащую предварительно измеренные образцы PDP с соответствующим ему расположением UE (англ. User Equipment – мобильная станция) можно осуществить локализацию путем вычисления коэффициента корреляции текущего профиля с профилем базы данных по следующей формуле:

$$R_{x,y} = \frac{\mathrm{cov}(X,Y)}{\sqrt{DX * DY}}, \qquad (1)$$

где $\mathrm{cov}(X,Y)$ – ковариация текущего профиля и образца;DX*DY - дисперсии вышеуказанных величин.

Наибольшее значение коэффициента говорит о наибольшем соответствии. Для проведения необходимых измерений достаточно одной базовой станции.

В случае приема целой серии последовательных отпечатков от мобильного терминала, точность позиционирования может быть улучшена с использованием схемы постоценочной обработки (см. рис. 1).

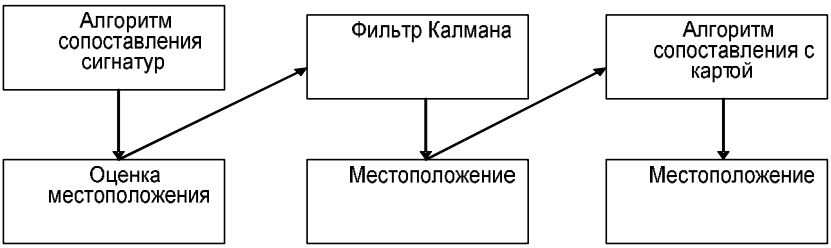


Рис.1. Схема постоценочной обработки

Фильтр Калмана - дискретный рекурсивный линейный фильтр, основная задача которого, получение точных, постоянно обновляемых оценок местоположения и скорости UE по результатам временного ряда неточных измерений его местоположения.

Итерации фильтра Калмана подразделяются на два этапа: экстраполяция и коррекция. Во время экстраполяции фильтр принимает предварительную оценку состояния системы на текущий этап по итоговой оценке состояния с предыдущего этапа. Эту предварительную оценку еще называют априорной оценкой состояния, т.к. для её получения не используются наблюдения соответствующего шага. На этапе коррекции априорная экстраполяция дополняется соответствующими текущими измерениями для коррекции оценки. Данная оценка также называется апостериорной оценкой состояния. Обычно эти два этапа чередуются: экстраполяция производится по результатам коррекции до следующего наблюдения, а коррекция производится совместно с полученными на следующем шаге наблюдениями, и т.д. Однако возможна следующая ситуация, когда наблюдение оказалось недоступны. В данном случае фаза коррекции может быть пропущена и произведена экстраполяция по нескорректированной оценке.

Помимо результатов оценки локализации в фильтр поступают следующие параметры:

- Временной шаг проведения итерации
- Дисперсия ошибки локализации для каждой координаты (м)
- Максимальная оцениваемая скорость UE (м/с)
- Среднее оцениваемое ускорение UE (м/с*с)

Для установления весов поступающих измерительных данных требуются статистические характеристики их ошибок, а также уравнения, предоставляющие связь переменных, определяющих текущее состояние системы, с измерениями и между собой [2]. Таким образом, фильтр Калмана является инструментом, позволяющим на основе математической модели системы построить оптимальные оценки системных переменных по выполненным измерениям. К достоинствам алгоритма следует отнести его рекуррентную природу, эффективно проявляющуюся при работе в

реальном времени, а также возможность априорной оценки точности получаемых результатов средствами самого алгоритма.

Алгоритм сопоставления с картой заключается в сравнении полученных результатов положения UE с цифровой картой и привязка к местности, исходя из следующих условий:

Есть высокая вероятность, что UE движется вдоль дороги. Например, в условиях города, где движение чаще всего происходит вдоль улиц.

Точность локализации после обработки в фильтре Калмана должна быть достаточно высокой из-за высокой плотности улиц, для правильной привязки (см. рис. 2).

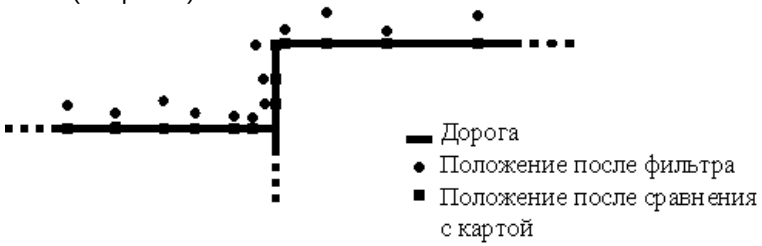


Рис.2. Принцип сопоставления с картой

Самый простой метод сопоставления с картой связан с применением алгоритма “от точки к кривой”, принцип которого заключается в нахождении ближайшего участка дороги для каждой оценки местоположения прошедшей через фильтр Калмана, рассчитывая перпендикуляр d между оценкой местоположения (Xp, Yp) и ближайшей точкой участка дороги (Xr, Yr) (см. рис.3). Цифровая карта содержит начальную (Xs,Ys) и конечную (Xe,Ye) координаты для всех участков дороги, поэтому d можно рассчитать по следующей формуле:

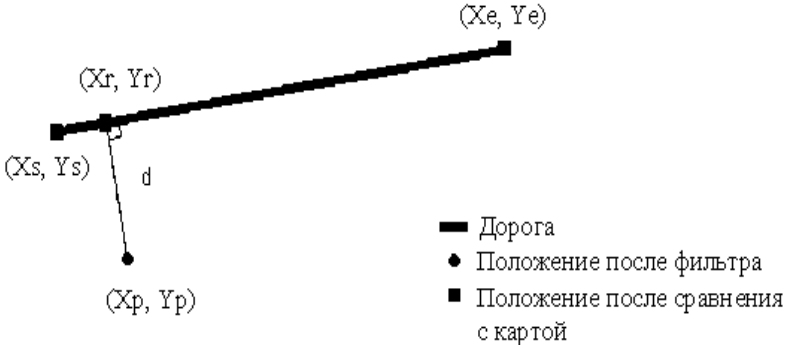


Рис.3. Принцип алгоритма “от точки к кривой”

$$d = \frac{\sqrt{(Y_s - Y_e)X_p + (X_e - X_s)Y_p + (X_s X_e - X_e Y_s))^2}}{(Y_s - Y_e) + (X_e - X_s)^2} \qquad (2)$$

Однако данный алгоритм имеет недостаток и ближайший участок дороги не всегда аппроксимирует истинное положение лучшим образом. Как видно из рис.4 в точке 4 мобильный абонент никак не может находиться в ходе движения, так и в точке 6, в результате неправильного выбора участка дороги.

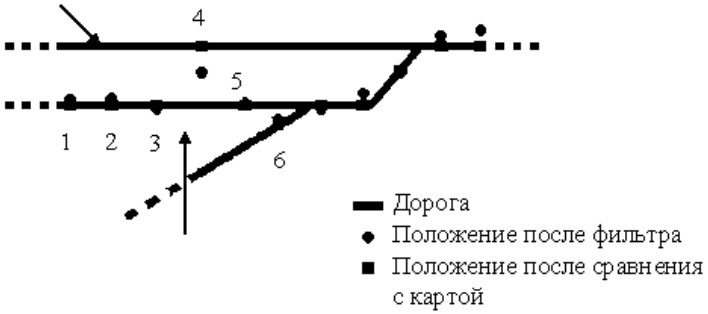


Рис.4. Недостаток алгоритма “от точки к кривой”

Для устранения этого недостатка предложен алгоритм “отслеживания маршрута”, состоящий из трех частей:

Нахождение ближайших участков дороги для каждой оценки положения прошедших через фильтр Калмана, используя последовательно вышеуказанный алгоритм. Все участки дорог входящие в доверительный регион сохраняются для дальнейшего использования. Доверительный регион определяется как Евклидово расстояние между оценкой местоположения и ближайшей точкой дороги. Идея ограничения количества проверяемых участков дорог, находящихся внутри доверительного региона делает алгоритм более быстрым.

Формирование вероятного маршрута, проверяя связь с предыдущими сохраненными участками дорог. Участки дорог соединяются друг с другом, если они имеют общую конечную точку. Расчет величины ошибки для каждого маршрута, основываясь на расчетах расстояния d.

Расчет суммарной величины ошибки для каждого вероятного маршрута и его выбор с наименьшим значением.

Процесс поиска ближайшего участка дороги должен осуществляться для каждой итерации фильтра Калмана, в то время как формирование вероятных маршрутов и выбор лучшего вероятного маршрута могут выполняться, только когда есть в этом необходимость. Таким образом, если наилучшая аппроксимация для пройденного маршрута известна в конце расчета, то можно провести эти две операции только один раз в конце, когда все оценки местоположения после фильтра Калмана уже известны.

Если формирование вероятных маршрутов произошло безуспешно (например, если не достигнута связь между участками дороги), то выбор лучшего вероятного маршрута пройденного пути совершается до точки обрыва. После прохождения точки обрыва поиск вероятных маршрутов возобновляется.

После нахождения наилучшего (или наборов фрагментов маршрута, если есть точка обрыва) маршрута, оценки положения после фильтра Калмана аппроксимируют в ближайший участок дороги этого маршрута. Применение алгоритма “отслеживания маршрута” показывает лучшие результаты при тестировании, чем алгоритм “от точки к кривой” на 30%.

Результаты испытаний, проведенных в г. Хелсинки (Финляндия) [3] с использованием схемы постоценочной обработки и без нее приведены в таблице.

Таблица

Точность позиционирования для различных сценариев

Сценарий	Точность локализации, м	
	с вероятностью 67%	с вероятностью 95%
UMTS	96	450
GSM	77	274
UMTS+GSM	58	157
UMTS+GSM+Kalman	62	98
UMTS+GSM+Kalman+MM	50	87

Таким образом, проведенный анализ метода сопоставления сигнатур со схемой постоценочной обработки показал повышение точности позиционирования мобильных объектов, что делает данный метод перспективным для внедрения в сети мобильной связи либо как отдельный метод локализации, либо в качестве дополнения к существующим методам позиционирования.

Литература

1. Jakub Marek Borkowski, Perfomance of Cell ID+RTT Hybrid Positioning Method for UMTS, Master of scientic thesis, Tampere university of Technology departament of information technology, 2003.
2. Ларри Леви. Применение фильтра Калмана в навигационной аппаратуре. Larry J. Levy, The Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory. Перевод выполнен "Навгеоком" / Режим доступа: http://www.geogarant.ru/cgi-bin/content.pl?p=123.
3. Paul Kemppi. Database Correlation Method for Multi-System Location. Helsinki University of Technology, 2005

Связь с автором: put_in@list.ru

А.А. Харин, О.Е. Никитина

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства
г. Москва, Россия

В настоящее время в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. Российским государственным университетом инновационных технологий и предпринимательства начато выполнение НИР «Расчетно-экспериментальное исследование возможности разработки вспомогательной авиационной силовой установки на базе топливных элементов, использующих жидкое углеводородное топливо».

Результаты проведения первого этапа работы показали, что современные энергетические и вспомогательные силовые установки, выполненные на основании технологий, разработанных в XX веке, достигли своих максимальных возможностей. Дальнейший рост эффективности энергетических установок, их эксплуатационных и технико-экономических параметров возможен только при разработке и внедрении в серийное производство новейших технологий, в частности технологий, связанных с широким использованием топливных элементов для транспортных силовых установок и наземных энергетических установок.

Исходя из текущих тенденций развития гражданской авиационной техники, можно предположить, что в среднесрочной перспективе произойдет переход от использования сравнительно малоэффективных тепловых машин в качестве вспомогательной силовой установки (ВСУ) к электрохимическим источникам энергии, основанным на «холодном» горении водорода или других горючих элементов. Этот переход будет обусловлен изменением идеологии самолета как комплекса взаимосвязанных систем. Если сейчас в систему управления самолетом входят гидравлическая, пневматическая и электрическая системы, то к 2015-2020 году, с учетом перспектив развития топливных элементов, станет возможным создание полностью электрифицированного самолета.

Используемые в настоящее время на самолетах гражданской авиации газотурбинные ВСУ по своим основным показателям не соответствуют перспективным целям развития: они имеют сравнительные низкие КПД (20-25%) и удельную мощность. Поэтому в качестве нового источника электроэнергии на борту самолета предлагается использовать батарею топливных элементов (ТЭ), которая будет работать на синтез-газе, состоящем из смеси окиси углерода, водорода и азота, который получается путем неполного окисления жидкого авиационного топлива в специальном малоразмерном реакторе-конверторе [1].

В качестве потенциальных источников электрической энергии на борту самолета предполагается рассмотреть малоразмерные твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ), работающие на жидком авиационном углеводородном топливе.

Топливный элемент представляет собой электрохимическое устройство, преобразующее водород напрямую в электричество и тепло без процесса горения и имеющее высокий коэффициент преобразования химической энергии в электричество. Прямое электрохимическое преобразование топлива очень эффективно и привлекательно с точки зрения экологии, так как в процессе работы выделяется минимальное количество загрязняющих веществ, а также отсутствуют сильные шумы и вибрации.

С практической точки зрения топливный элемент напоминает обычную гальваническую батарею. Отличие заключается в том, что изначально батарея заряжена, то есть заполнена «топливом». В процессе работы «топливо» расходуется и батарея разряжается. В отличие от батареи топливный элемент для производства электрической энергии использует топливо, подаваемое от внешнего источника [2].

Кроме этого, топливные элементы энергетически более эффективны, так как для них нет термодинамического ограничения коэффициента использования энергии. Коэффициент полезного действия топливных элементов составляет около 50%, в то время как КПД двигателей внутреннего сгорания составляет 20–25%, а КПД паротурбинных энергетических установок не превышает 40%. При использовании тепла и воды эффективность топливных элементов еще больше увеличивается.

Для производства электрической энергии может использоваться не только чистый водород, но и другое водородосодержащее сырье, например, природный газ, аммиак, метанол или бензин. В качестве источника кислорода, также необходимого для реакции, используется обычный воздух.

Существует проблема получения и хранения водорода, что несет за собой создание специальной инфраструктуры для его выработки и транспортировки. Существует множество способов производства водорода, но в настоящее время около 50% водорода, производимого во всём мире, получают из природного газа. Другие способы на сегодняшний день дорогостоящи.

Таким образом, достоинствами топливных элементов являются доступность топлива, долговечность и простота эксплуатации.

Наряду с бесспорными плюсами топливные элементы имеют ряд недостатков, основным из которых является сравнительно высокая стоимость, но этот недостаток может быть вскоре преодолен компаниями при организации массового производства постоянно совершенствующихся коммерческих образцов топливных элементов.

Еще одна особенность топливных элементов состоит в том, что они наиболее эффективны при использовании одновременно как электрической, так и тепловой энергии. Однако возможность использования тепло-

вой энергии есть не на каждой энергетической установке. В случае использования топливных элементов только для выработки электрической энергии их КПД уменьшается, хотя превышает КПД «традиционных» установок.

Первоначально, топливные элементы применялись лишь в космической отрасли, в настоящее время они используются как стационарные электростанции, автономные источники тепло- и электроснабжения зданий, двигатели транспортных средств, источники питания ноутбуков и мобильных телефонов.

По итогам выполнения первого этапа научно-исследовательской работы была разработана методика оценки массогабаритных параметров авиационной вспомогательной силовой установки с максимальной мощностью 500 кВт. Установлено, что оптимальным вариантом авиационной ВСУ является гибридная энергетическая установка, состоящая из топливной батареи на основе ТОТЭ, совмещенной по процессу автотермического риформинга с реактором синтез–газа, и с газотурбинным блоком, использующим тепловую энергию электродных газов, поступающих из батареи ТОТЭ для получения дополнительной электрической энергии. Максимальная электрическая мощность, получаемая от топливной батареи, составляет 300 кВт, а максимальная мощность газотурбинного блока – 200 кВт. Масса топливной батареи цилиндрической формы при максимальной мощности 300 кВт составит по предварительным оценкам 30 кг при габаритных размерах: диаметр 30 см и длина 60 см, а масса газотурбинного блока, включая массу электрогенератора, – 160 кг. Расчетный эффективный КПД энергетической установки 42% [3].

Установлено также, что замена атмосферного воздуха, подаваемого в топливный элемент, на чистый кислород позволяет увеличить удельную мощность топливной батареи примерно в два раза, что позволяет рассматривать применение чистого кислорода для кратковременного увеличения электрической мощности авиационной ВСУ.

Литература

1. Антонов В.Ф. Биофизика. - М.: Владос, 2000. - 288с.
2. Багоцкий В.С. Скундин А.М. Химические источники тока. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 360с.
3. Научно-технический отчет: отчет о выполнении 1 этапа НИР «Расчетно-экспериментальное исследование возможности разработки вспомогательной авиационной силовой установки на базе топливных элементов, использующих жидкое углеводородное топливо»: РГУИТП; рук. Завалишин И.В.; исполн.: Никитина О.Е [и др.]. – М., 2010. – 75 с.

Связь с автором: lelynikitina@mail.ru

М.С. Черемушкина, А.Н. Скамьин

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Санкт-Петербургский государственный горный институт (ТУ)
г. Санкт-Петербург, Россия

Определение оптимального уровня автоматизации является наиболее сложной задачей. Критерием целесообразности применения микропроцессорных систем управления должен быть экономический эффект от их использования. Автоматизацию можно считать оправданной, если она обеспечивает повышение надежности, эффективности использования механизма, энергосбережение, а также упрощает обслуживание и ремонт электромеханического оборудования.

Наиболее общим и эффективным методом обеспечения указанных требований является реализация иерархичности и блочно-модульной структуры в системах автоматизации [1]. Наличие четкой иерархии в структуре системы управления позволит перейти от рассмотрения общих алгоритмов к ряду частных. Для электромеханических комплексов конвейерного транспорта характерно пять уровней иерархии:

- уровень общего управления, на котором оператор выбирает режим работы комплекса конвейерных линий, система контролирует выполнение начальных условий;
- уровень группового управления, на котором производится включение обслуживающих элементов конвейерного транспорта, участвующих в работе систем;
- уровень выбора топологии, на котором производится управление соответствующей коммутационной аппаратурой;
- уровень индивидуального управления, на котором система контролирует готовность первичных источников и включает соответствующие автоматические выключатели;
- уровень воздействия, на котором производится включение выключателей соответствующих преобразователей, производится контроль действия на соответствие заданию и, как результат, осуществляется индикация готовности схемы к работе, что дает разрешение оператору на работу.

При таком построении системы управления локальные средства автоматизации отдельных узлов целесообразно перевести на реализацию системы с микропроцессорными средствами, основываясь на необходимости взаимосвязи между ними и управления ими от единого программируемого логического контроллера (ПЛК) верхнего уровня.

Система электропривода конвейера является многодвигательной. В систему в общем случае входят два и более электродвигателя с полупроводниковыми преобразователями. Рассматриваемый в работе конвейер, приведен на рис. 1. Ядром системы управления является промышленный компьютер, который выполняет следующие функции: обработка информации (загрузка начальной информации, задание режима, формирование отчёта, обмен данными с подсистемами и т.д.), визуализация состояния и парамет-

ров работы узлов объекта для обслуживающего персонала, связь с внешними устройствами (АСУ верхней ступени иерархии), формирование заданий локальным системам управления. Роль ведомых устройств в промышленной сети выполняют контроллеры отдельных систем – системы управления приводом, системы контроля за натяжением ленты, мониторинга нагрузки и т.д.

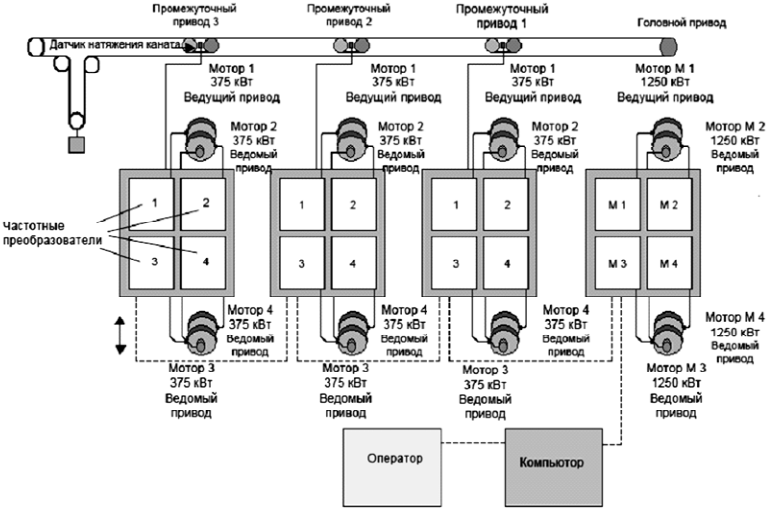


Рис.1. Система управления конвейером

В общем случае требования к системе управления многоконвейерной линией можно сформулировать в следующем виде:

- многоцелевой характер задачи управления (обеспечение различных функций);
- многорежимная задача управления (обеспечение различных режимов при выполнении каждой функции);
- оптимизация работы конвейеров в каждом из возможных режимов;
- необходимость согласованного управления несколькими конвейерами, входящими в состав многоконвейерной линии, с целью оптимизации энергетических и функциональных характеристик.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» за 2009-2013 гг.

Литература

1. Черемушкина М.С., Козярук А.Е. Структура и алгоритмы управления и автоматизации при использовании мощных электромеханических комплексов с полупроводниковыми преобразователями // Записки Горного института. Том 177. СПб, 2008, стр.69-74.

Связь с автором: margo999@yandex.ru

А.В. Шагидуллина, Е.И. Грачева

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Россия

В настоящее время на российский рынок все настойчивее стали вторгаться иностранные фирмы. Активны в этом отношении французская фирма «Мерлин – Жерин» (аппараты фирмы «Telemecanie Electrice»), французская фирма «Schneider Electric», немецкая «Siemens», Шведско-швейцарская компания «ABB», Французский концерн Legrand, польская фирма «Relpol» с аппаратами итальянской фирмы «Ловато» и австрийской фирмы «Шрак», датская фирма «Данфосс», тайванская фирма «Бонхеп» и другие. Все эти зарубежные фирмы вытесняют российские автоматические выключатели с торгового рынка. В данной работе представлены результаты исследования эксплуатационных характеристик российской и зарубежной аппаратуры (низковольтных автоматических выключателей и контакторов), показаны результаты сравнительного анализа аппаратуры различных стран-изготовителей, рассмотрены основные методы исследования надежности низковольтных электрических аппаратов и приведены результаты изучения параметров, определяющих их работоспособность. В ходе сравнительных исследований были рассмотрены выключатели французской фирмы “Schneider Electric” серии Compact NS, Шведско-швейцарской компании ABB, германской фирмы Siemens AG и российские выключатели серии ВА57 производства ОАО “Дивногорский завод низковольтных автоматов” и АЕ производства завода «Электроаппарат» г.Тирасполь - ЗАО "Тираспольский электроаппаратный завод" (см. табл.1). [3,4,5]

Оценим параметры надежности автоматических выключателей различных фирм-производителей. Для этого вычислим значения основных параметров надежности выключателей для условий их работы режиме АС-3. Расчетным методом доказано, что частота отказов, интенсивность отказов и вероятность отказов у зарубежных выключателей меньше, чем у российских, вероятность безотказной работы у зарубежных выключателей больше, и значит, срок службы у первых значительно больше (сравнение дается для автоматических выключателей серии ВА 57 и NS, Tmax, 3VL на номинальный ток 100А, для автоматических выключателей АЕ и S 230, 5SX2 на номинальный ток 63 А). [6,7]

Для расчета показателей надежности учитываем, что в процессе эксплуатации 100 однотипных автоматических выключателей с In=100A и In=63A в течение 5000 ч их работы в режиме АС-3 без замены и ремонта на протяжении 5 лет фиксировалось число выходов их из строя Δn_x (число отказов в i-интервале) в каждом году Δt.

Таблица 1

Технические характеристики НВА различных фирм-производителей

Параметр	Серия АВ Производитель	Номинальный ток In, А	Количество циклов В-О (мех/эл в режиме АС-3)	Частота срабатыва-ний за час, раз	Потери мощности на полюс, Вт	Стоимость, рублей
ДЗНА	ВА57-31(100)	6,10,16 25; 31,5; 63 80, 100	25000/16000	240 240-150 150	4 6,5-7 10,12	845–1150
	ВА57-35(250)	125, 160 200, 250	16000/4000	120 120	25, 40 50, 60	1190–1660
ТЭЗ	АЕ 1031	6, 10, 16, 20, 25	19000/10000	240	3,5-5	40-82
	АЕ 2044	10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	16000/4500	240	4-12	117-302
Schneider Electric	NS100	6, 10, 16, 20, 25, 32, 50, 63, 80,100	50000/30000	500	3-10	7069–14720
	NS160	25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	40000/20000	500	9-25	12480–19251
	NS250	125, 160, 200, 250	20000/10000	400	20-35	25018-27907
ABB	S 230	6-63	20000/10000	240	3-10	315 - 1592
	Tmax (T3)	63-250	20000/8000	180	9-47	12470-22808
Siemens	5SX2	0,3-63	15000/10000	240	1,3-10	253 - 1680
	3VL 250	80, 100, 160, 200,250	20000/10000	120	14-60	610 - 2450

Общее число отказов в течение заданного срока службы определяется по выражению [1]:

$$\Delta n_X(t) = \Delta n_{Xi}\,, \qquad (1)$$

где Δn_{xi} – число отказов в i-интервале времени, t – общее время эксплуатации автоматических выключателей.

Частота отказов в периоды времени между серединами интервалов, принятых равными 1000 ч определяется по выражению [1]:

$$a(t) = \Delta n_x / n \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где Δn_x – число отказавших автоматических выключателей в интервале времени от (t-0,5Δt) до (t+0,5Δt), n – первоначальное число автоматических выключателей, за которыми производится наблюдение при эксплуатации, Δt – интервал времени в часах.

Интенсивность отказов λ_i определяется по выражению [1]:

$$\lambda(t) = \Delta n_x / n_x \cdot \Delta t, \quad (3)$$

где $n_x = 0{,}5(n_{k-1} + n_k)$, где n_{k-1}, n_k – число исправно работающих автоматических выключателей в начале (n_{k-1}) и в конце (n_k) интервала времени Δt.

Вероятность безотказной (исправной) работы определяется по выражению [1]:

$$P(t) = 1 - \lambda t = 1 - \Delta n_x / n, \quad (4)$$

где n – первоначальное общее число автоматических выключателей, за которыми производится наблюдение при эксплуатации, Δn_x - число отказов за наработку t.

Также в результате вычислений определена вероятность безотказной работы в период нормальной эксплуатации (при неполной загрузке $K_з$=0,6 в течении 5000 часов) автоматических выключателей при условии, что ВА 57 с In=100А отработал в среднем 16000 циклов, что соответствует 10 ч непрерывной его работы при испытаниях с частотой включения и отключения 27 циклов в минуту, Compact NS отработал в среднем 25000 циклов, что соответствует 10 ч непрерывной его работы при испытании с частотой включения и отключения 42 цикла в минуту и т.д. В работе сделаны расчеты основных характеристик надежности автоматических выключателей различных фирм-производителей представлены (см. табл. 2).

В результате исследований эксплуатационных характеристик можно сделать вывод о том, что автоматические выключатели российских производителей марок ВА 57-31, ВА 57-35, ВА 57-39 и АЕ1031, АЕ2044 имеют практически аналогичные показатели надежности как и зарубежные аппараты фирмы «Schneider Electric» серии NS, фирмы «ABB» серии Tmax, S230 и фирмы «Siemens» серии 5SX2, 3VL.

Таблица 3

Сравнительный анализ параметров надежности НВА

Фирма	Автоматический выключатель	P(t) (прогноз) при $K_з$=1	P(t) (прогноз) при $K_з$=0,6	Количество коммутаций в минуту	Интенсивность отказов	Срок службы: (расчетное), лет
ДЗНА	ВА57-31(100)	0,88	0,9	27	$0{,}034 \cdot 10^{-3}$	20 (20-25)
ТЭЗ	AE2044	0,89	0,9	22	$0{,}027 \cdot 10^{-3}$	24 (20-25)
Sch.El.	NS100	0,902	0,911	42	$0{,}0152 \cdot 10^{-3}$	38 (35-40)
ABB	S 230	0,89	0,903	23	$0{,}0196 \cdot 10^{-3}$	31 (30-35)
	Tmax (T3)	0,9	0,907	25	$0{,}015 \cdot 10^{-3}$	38 (35-40)
Siemens	5SX2	0,9	0,909	21	$0{,}0178 \cdot 10^{-3}$	35 (35-40)
	3VL 250	0,87	0,901	25	$0{,}015 \cdot 10^{-3}$	38 (35-40)

При этом стоимость отечественных аппаратов оказывается на порядок ниже, чем у зарубежных производителей, что говорит о высокой конкурентоспособности НВА российского производства. В результате исследований установлено, что с увеличением коэффициента загрузки аппаратов от 0,6 до 1,0, вероятность безотказной работы снижается незначительно, а также установлено, что автоматические выключатели отечественных и зарубежных фирм-производителей имеют высокие показатели надежности (см. табл. 2).

Литература

1. Сахаров П.В.. Проектирование электрических аппаратов. М.: «Энергия», 1971. 560 с с ил.
2. Сагарадзе Е.В., Мандравин В.Е. Состояние и перспективы развития низковольтной коммутационной аппаратуры. «Электротехника» №7, 2000.

3. Автоматические выключатели низкого напряжения. Schneider Electric. Каталог. 2008.
4. Сайт "СнабЭлектро". Каталог - Автоматические выключатели. 2008.
5. Автоматические выключатели ВА 57 (ВА 57-31, ВА 57-35, ВА 57ф35, ВА 57-39). Каталог ДЗНВА. 2009.
6. Розанов М.Н. Надежность электроэнергетических систем. М.: «Энергия», 1974.
7. Егоров Е.Г. Испытание и исследование низковольтных коммутационных аппаратов. Чебоксары, 2000.

Связь с автором: severwhite@mail.ru

Н.М. Шаулева, А.Г. Захарова, К.И. Завражин, М.В. Даменцев

МНОГОФАКТОРНЫЕ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ

Кузбасский государственный технический университет
г. Кемерово, Россия

Наиболее удобной формой представления статистических связей между аварийностью и различными факторами, влияющими на работу ВЛ, являются регрессионные зависимости, которые позволяют установить тесноту связей и получить математические модели (уравнения регрессии), позволяющие с определенной точностью прогнозировать характер изменения аварийности ВЛ в зависимости от исследуемых факторов.

Парные корреляционные зависимости позволяют судить о тесноте связей между отдельными факторами и выполнять необходимые расчеты прогнозного характера. При этом влияние различных параметров ВЛ на аварийность рассматривается изолированно. В [1, 2] на основе парного корреляционного анализа была установлена степень влияния погодно-климатических условий, технико-эксплуатационных и конструктивных факторов на уровень аварийности СЭС разрезов. В реальных условиях факторы действуют совокупно.

Исходной позицией является предположение о том, что на каждом разрезе надежность СЭС находится в зависимости от большого числа факторов. Влияние одних является случайным и их действие в генеральной совокупности элиминируется, действие же других проявляется систематически и отчетливо и может быть выражено в виде корреляционной связи между исследуемыми параметрами.

Наличие линейных парных корреляционных связей дает основание принять гипотезу о том, что уравнение множественной регрессии для числа отказов также будет линейным [3], вида

$$N_0 = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \mathbf{K} + b_{n-1}x_{n-1} + b_nx_n ,$$

где N_0 – число аварийных отключений; a – постоянная составляющая уравнения регрессии; $b_1 \mathbf{K} b_n$ – коэффициенты регрессии; $x_1 \mathbf{K} x_n$ – числовые значения соответствующих параметров ВЛ, влияющих на надежность.

На основе статистических данных об аварийных отключениях, полученных в течение трех лет на трех угольных разрезах Кузбасса, разработаны многофакторные регрессионные модели надежности ВЛ. Для обработки отобраны шесть факторов: длина передвижной части ВЛ, угол встречи передвижной части ВЛ с преобладающим ветром, количество передвижных угловых опор, количество отпаек, количество экскаваторов и число потребителей на фидере.

К исследованию были приняты три модели надежности. В первой модели учитывались: длина передвижной части ВЛ, угол встречи передвижной части ВЛ с преобладающим ветром, количество передвижных угловых опор и количество отпаек. Во вторую модель вместо количества отпаек вводили количество экскаваторов, в третью – число потребителей.

Для первой модели получено уравнение множественной регрессии вида

$$N_o = -2,09 + 0,15\alpha_п + 0,48L_п + 0,69N_{уоп} + 2,21N_{отп} .$$

Взаимосвязь между числом отказов и всеми влияющими факторами оказалась положительной. Действительно, при увеличении длины передвижной части ВЛ увеличивается вероятность возникновения отказа из-за временного характера сооружения ВЛ, при этом линии возводятся без учета требований ПУЭ [4], и имеют высокую повреждаемость при взрывных работах. Увеличение числа отказов при возрастании угла встречи с преобладающим ветром происходит из-за более частых захлестов и обрывов проводов, которые происходят вследствие увеличения нагрузки на провода. Рост аварийности при увеличении количества передвижных угловых опор объясняется тем, что у передвижных ВЛ в качестве угловых используются обычные деревянные промежуточные опоры, которые не приспособлены выдерживать нагрузки, возникающие при изменении трассировки ВЛ и при этом невозможно натянуть провода, как этого требуют [4].

Для второй модели получено уравнение

$$N_o = -1,89 + 0,13\alpha_п + 0,24L_п + 0,82N_{уоп} + 2,26N_э .$$

Как и в первой модели, связь между влияющими факторами и аварийностью оказалась положительной для всех факторов. Положительная взаимосвязь между числом отказов и количеством экскаваторов закономерна, так как при увеличения числа фидеров с экскаваторной нагрузкой возрастает вероятность механического повреждения ВЛ, отключений вследствие перегруза.

В третьей модели, аналогично первым двум, к рассмотрению были приняты длина передвижной части ВЛ, угол встречи передвижной части ВЛ с преобладающим ветром и количество передвижных угловых опор, а в качестве четвертого фактора было выбрано количество потребителей, присоединенных к одному фидеру. Для третьей модели было получено уравнение

$$N_о = -1,79 + 0,15\alpha_п + 1,32L_п + 0,77N_{уоп} + 0,29N_{пот} .$$

Для удобства сравнения все уравнения и соответствующие им коэффициенты детерминации сведены в табл. 1, где, кроме этого, указаны их коэффициенты множественной корреляции r, а также значения критерия Фишера.

Таблица 1

Параметры для сравнения значимости уравнений регрессии

Уравнения регрессии	R^2	r	F
$N_о = -2,09 + 0,15\alpha_п + 0,48L_п + 0,69N_{уоп} + 2,21N_{отп}$	0,41	0,64	10,316
$N_о = -1,89 + 0,13\alpha_п + 0,24L_п + 0,82N_{уоп} + 2,26N_э$	0,53	0,72	10,106
$N_о = -1,79 + 0,15\alpha_п + 1,32L_п + 0,77N_{уоп} + 0,29N_{пот}$	0,34	0,58	7,670

Самое высокое значение R^2 = 0,53 имеет вторая модель, где в качестве изменяемого фактора используется число экскаваторов. Это означает, что в 53% случаев аварийность ВЛ можно объяснить с помощью указанной модели. Для первой модели (изменяемый фактор – количество отпаек) R^2 = 0,41, для третьей статистической модели (изменяемый фактор – число потребителей) R^2 = 0,34. Относительно невысокие значения R^2 в исследуемых моделях можно объяснить сравнительно малым объемом выборки, а также влиянием неучтенных факторов (погодно-климатических условий, уровня квалификации обслуживающего персонала и т.д., изолированное влияние которых рассматривалось в [1]).

Полученные математические статистические модели могут быть использованы при проектировании систем электроснабжения, выборе трассировки ВЛ, планировании графиков ТО и ППР, для оптимизации структуры и улучшения режимов работы СЭС, при прогнозировании надежности ВЛ и для расчета экономического ущерба от ненадежности СЭС и их элементов.

Литература

1. Шаулева Н. М. Влияние погодно-климатических факторов на эксплуатационную надежность распределительных сетей угольных разрезов / Н. М. Шаулева, Захарова А. Г., Стариченко Д. К. // Вестн. КузГТУ, 2010. – № 1. – С. 114-116.

2. Захарова А. Г. Влияние конструктивных и технико-эксплуатационных факторов на надежность воздушных линий электропередачи угольных разрезов / А. Г. Захарова, Н. М. Шаулева // Вестн. КузГТУ, 2010. – № 1. – С. 110-113.
3. Сигел Э. Практическая бизнес-статистика.: Пер. с англ. // М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1056 с.
4. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. 3-й выпуск. – Новосибирск.: Сиб. унив. изд-во, 2006. – 854 с.

Связь с автором: zavrazhin_kirill@mail.ru

А.Н. Щемелев, Ю.Б. Давыденко

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Армавирский механико-технологический институт
г. Армавир, Россия

Одним из важных факторов экономного использования электроэнергии является точный технический и коммерческий учет электроэнергии. На современном этапе индукционные счетчики (которые неплохо зарекомендовали себя в процессе эксплуатации, но морально устарели) массово выводятся из эксплуатации и заменяются на электронные счетчики.

Перспектива создания автоматизированных систем контроля и управления энергопотреблением (АСКУЭ) связана с использованием именно электронных счетчиков. АСКУЭ позволяет повысить эффективность контроля и регулирования электропотребления за счет повышения точности и оперативности учета электроэнергии.

При всем разнообразии типов и типоразмеров выпускаемых электронных счетчиков принцип их работы, устройство и условия эксплуатации являются примерно одинаковыми для различных регионов России (с поправками на климатические условия). Однако опыт эксплуатации приборов учета в условиях Южного Федерального округа выявил ряд проблем.

Авторами было проведено теоретическое и экспериментальное исследование режимов работы электронных счетчиков в условиях высоких температур. По результатам исследований предложено три варианта технического решения означенной проблемы.

Связь с авторами: da-yula@yandex.ru

А.А. Язовский, И. Н. Щепочкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА АДАПТИВНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКИ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ НЕГАУССОВСКИХ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВОЙСТВ СПЕКТРОВ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА И ПОМЕХИ

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
г. Екатеринбург, Россия

Проблема помехозащиты существующих и проектируемых телекоммуникационных систем является одной из самых острых на современном этапе развития технологий связи и передачи информации. Известно множество методов подавления или значительного снижения влияния взаимных помех, организованных мешающих воздействий, относящихся к классу негауссовских помех с коррелированными отсчетами [1,2].

В работах [3,4] приведено описание адаптивного метода амплитудного подавления негауссовских помех, приведены результаты математического моделирования алгоритма цифровой обработки. Показана эффективность метода μ в сравнении с применением линейной обработки на входе приемного тракта, а также зависимость μ от степени «негауссовости» распределения мгновенных отсчетов помехи и от отношения сигнал/шум q на входе приемного устройства.

Ранее предложено [4] дополнить метод адаптивного амплитудного подавления последовательностью преобразований – нормализации распределения помехи, «обеления» спектра, восстановления исходного распределения – для получения независимых отсчетов помехи.

Для исследования выбран частотно-модулированный сигнал, а помеха представляет собой аддитивную смесь коррелированного гауссовского шума и частотно-модулированной помехи. Моделирование проведено в среде MathCAD.

Представляет интерес исследование зависимости эффективности метода от ширины спектра помехи и взаимного расположения центральных частот.

Рассматривались ситуации при различных значениях параметра γ, численно равного отношению ширины спектра помехи Δ_X к ширине спектра полезного сигнала Δ_S и характеризующего относительную степень корреляции помехи:

1 $\gamma >> 1$, что соответствует независимым отсчетам помехи [3];

2 $\gamma \approx 1$, что соответствует отсчетам помехи с умеренной корреляцией;

3 $\gamma << 1$, что соответствует отсчетам помехи с высокой степенью корреляции.

На рисунках 1 и 2 приведены модули спектров сигнала и помехи для двух величин γ.

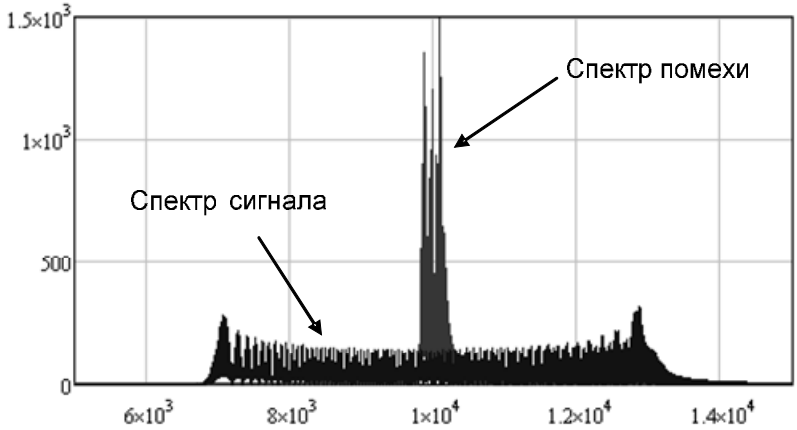


Рис. 1. Спектры сигнала и помехи при γ=0,09

На рисунке 3 приведен график зависимости μ(γ) при отношении сигнал/шум q= –30 дБ. Из приведенных результатов видно, что с ростом степени корреляции отсчетов помехи эффективность метода практически не изменяется.

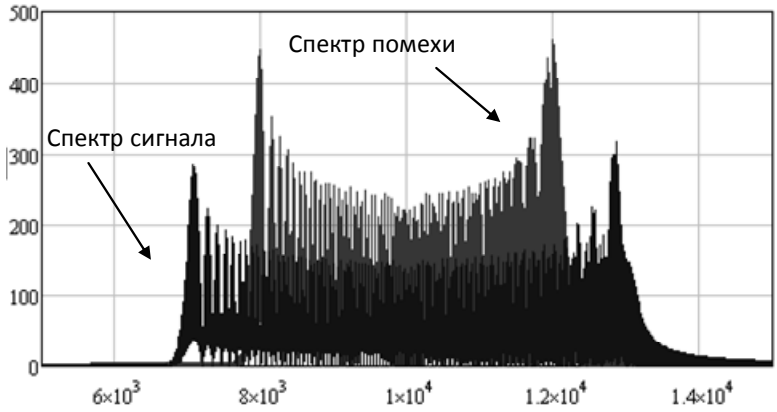


Рис. 2. Спектры сигнала и помехи при γ=0,65

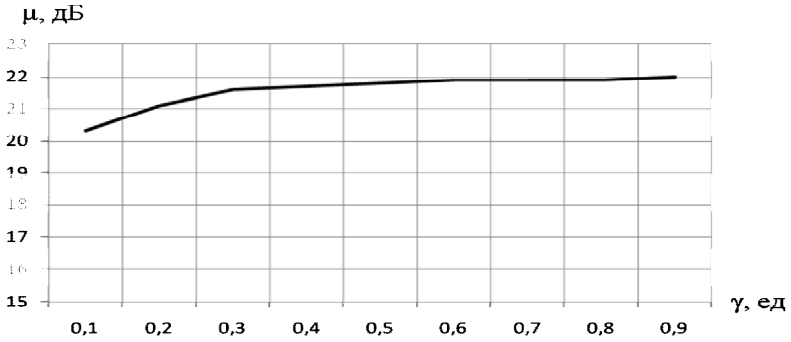


Рис. 3. График зависимости μ(γ)

Получена зависимость показателя эффективности от взаимного расположения центральных частот спектров полезного сигнала и помехи – $\omega_{0сиг}$ и $\omega_{0пом}$ соответственно при γ=0,05 и $\omega_{0сиг}=10^4$ рад/с.

На рисунке 4 приведены два граничных случая – перекрытие помехой области нижней границы спектра сигнала и его центральной частоты.

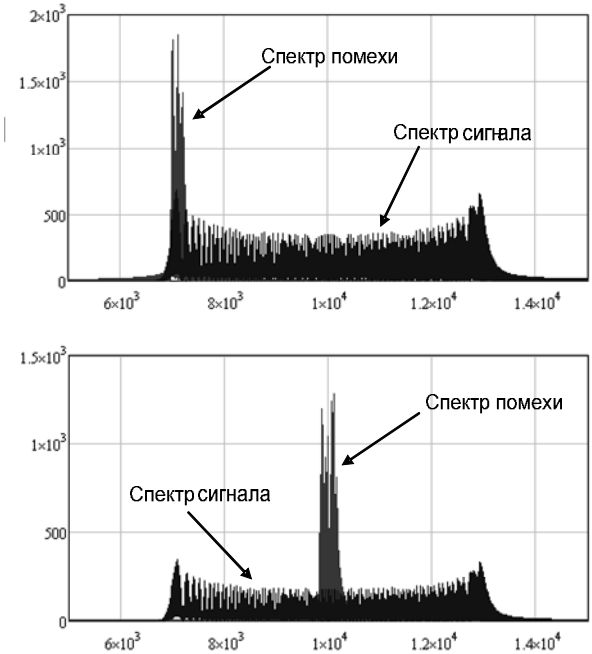


Рис. 4. Виды взаимного расположения спектров

На рисунке 5 представлены результаты исследования зависимости эффективности метода в зависимости от взаимного расположения центральных частот спектров сигнала и помехи. Из графика видно, что изменение эффективности при наличии помехового воздействия на различных частотах незначительны и составляют величину порядка 2 дБ.

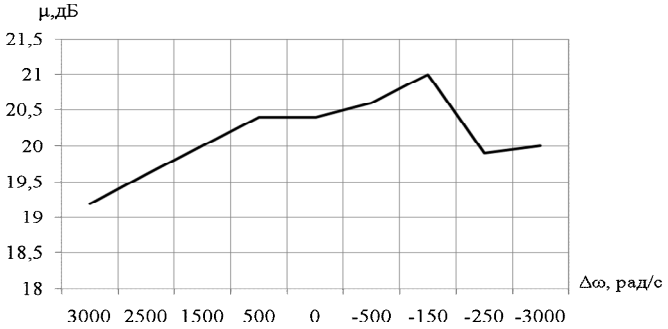


Рис. 5. Зависимость показателя эффективности μ(Δω)

Подведем итоги. В настоящей статье рассмотрен метод адаптивной нелинейной обработки слабых сигналов на фоне коррелированных негауссовских помех. Разработана математическая модель, реализующая последовательность преобразований, предусмотренную методом. Получены результаты исследований зависимости эффективности метода от ширины спектра помехи и взаимного расположения центральных частот, которые показывают, что предложенный метод сохраняет высокую эффективность в изменяющейся помеховой обстановке.

Литература

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989.
2. Теория обнаружения сигналов / П.С.Акимов [и др.]; под ред. П.А.Бакута. М.: Радио и связь, 1984. 440 с.
3. Язовский А.А., Язовская Ю.А. Методы обнаружения сигналов при широкополосных негауссовских помехах // Актуальные вопросы современной техники и технологии. Сборник докладов Международной научной заочной конференции (Липецк, 24 апреля 2010 г.), 2010. с. 72-77.
4. Язовский А. А., Щепочкин И. Н. Метод нелинейной обработки слабых сигналов на фоне негауссовских коррелированных помех // Актуальные вопросы современной техники и технологии. Сборник докладов Международной научной заочной конференции (Липецк, 24 апреля 2010 г.), 2010. с. 69-72.

Связь с автором: jazovsky@mail.ru , scorpion91@e1.ru

А.А. Язовский, Ю.А. Язовская

МЕТОД НЕКОГЕРЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ПРИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ НЕГАУССОВСКИХ ПОМЕХАХ

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина
г. Екатеринбург, Россия

В системах связи и радиолокации одной из основных задач является обнаружение полезного сигнала на фоне помех. К таким помехам относятся шумы приемника, мешающие отражения, взаимные помехи, организованные помехи и т.д. Помехи, действующие на приемник, имеют случайный характер. Таким образом, обнаружение полезного сигнала сводится к принятию решения о его наличии (γ=1) или отсутствии (γ=0) в наблюдаемых данных.

В основе известных алгоритмов обнаружения лежит вычисление логарифма отношения правдоподобия (ЛОП) [1]:

$$z = \ln \frac{W_y\left(y_1, y_2, \ldots y_n / г = 1\right)}{W_y\left(y_1, y_2, \ldots y_n / г = 0\right)} \qquad (1)$$

и сравнение его с некоторым порогом C. Если z ≥C, то принимается решение о наличии сигнала; если же z<C, то принимается решение об отсутствии сигнала. Значение порога определяется правилом принятия решения.

При негауссовских помехах алгоритмы, основанные на отношении правдоподобия, выражаются громоздкими вычислительными процедурами, малопригодными для технической реализации [2]. Поэтому актуальна задача поиска простых и эффективных алгоритмов обнаружения сигналов при негауссовских помехах. Разработке такого алгоритма, а также исследованию его эффективности, и посвящена наша работа.

Простота реализации этого алгоритма и его эффективность достигаются благодаря использованию аппарата характеристических функций [3]. Наиболее просто предлагаемый алгоритм реализуется в цифровом виде. При этом считаем, что все необходимые условия применимости теоремы Котельникова выполнены, а динамический диапазон и шаг квантования аналого-цифрового преобразователя согласованы с сигналом и помехой. Помеху предполагаем стационарной и эргодической, а её отсчёты независимыми. Тогда ЛОП можно выразить через одномерные плотности вероятности (ПВ) помехи $W_x(x)$ и сигнала $W_S(s)$:

$$z = \sum_{i=1}^{n} f(y_i) \text{ , где } f(y) = \ln\left(\frac{\int_{-\infty}^{\infty} W_x(y-s)\cdot W_S(s)\,ds}{W_x(y)}\right) \qquad (2)$$

– амплитудная характеристика (АХ) нелинейного преобразователя.

Заметим, что обработка (2) является некогерентной, т.е. не требует знания отсчётов сигнала и момента его появления. Неопределённость относительно параметров сигнала или их случайный характер учитываются одномерной ПВ его мгновенных значений, которую в большинстве реальных ситуаций можно считать известной.

В реальной обстановке ПВ помехи, как правило, неизвестна, следовательно, алгоритм обработки (2) должен быть адаптивным. В основе построения адаптивного алгоритма − идея, что любую гистограмму помехи можно рассматривать как низкочастотный сигнал, маскируемый широкополосным шумом. Причём форма такого сигнала повторяет форму ПВ помехи. Такая интерпретация позволяет применить известные способы частотной фильтрации в области характеристических функций (ХФ) и получить сглаженную оценку ПВ, как было показано ранее в [3].

Для оценки одномерной ПВ помехи $W_x(x)$ используем её дискретный аналог – гистограмму P(k), представляющую собой распределение частот попадания N отсчётов процесса x(t) в интервал квантования с номером k, где $k = \overline{1,L}$.

Без потери общности мы можем считать гистограмму периодическим сигналом и применить к ней дискретное преобразование Фурье (ДПФ) для получения дискретной ХФ:

$$G_Y(v) = \sum_{k=1}^{L} P(k)\exp\left\{\frac{j2pvk}{L}\right\}, \text{ где } v = \overline{1,L} . \qquad (3)$$

В частотной области сглаживание означает умножение ХФ $G_Y(v)$ на комплексно-сопряжённую передаточную функцию фильтра $\overline{H(v)}$:

$$H(v) = \exp\left\{-\frac{y^2}{2}\left[p - \left|\frac{2pvk}{L} - p\right|\right]^2\right\} , \qquad (4)$$

где σ – определяет степень сглаживания, которая выбирается с учётом количества интервалов L и объёма выборки N.

Выражение для АХ (2) также содержит свёртку ПВ помехи и сигнала, которая может быть представлена через произведение характеристических функций ПВ сигнала $G_S(v)$ и помехи. В адаптивном варианте вместо ХФ помехи используем её оценку, полученную сглаживанием гистограммы отсчётов наблюдаемых данных. С учётом этого получим:

$$f(k) = \ln \frac{\sum_{v=1}^{L} G_S(v)\overline{G_Y(v)\overline{H(v)}} \exp\left\{-\frac{j2pvk}{L}\right\}}{\sum_{v=1}^{L} G_Y(v)\overline{H(v)} \exp\left\{-\frac{j2pvk}{L}\right\}} \qquad (5)$$

Для количественной оценки эффективности полученного алгоритма будем использовать показатель подавления помехи μ, предложенный нами ранее в [3]. Исследования эффективности проводились на примере некогерентного обнаружения сигнала на фоне широкополосной фазомодулированной помехи синусоидального типа.

Результаты исследований в виде значений показателя подавления помехи μ для различных значений отношения сигнал-помеха на входе *q* и параметра α представлены в Табл.1 (в децибеллах). По выборке объёмом *N*=5000 вычислялся её размах. Затем по заданному числу интервалов $L=2^{10}$ определялась ширина каждого интервала. Далее вычислялась гистограмма и соответствующая ей дискретная ХФ (3). Далее по формуле (5) определялась АХ нелинейного преобразователя, рассчитывалась статистика обнаружения и показатель подавления помехи. Усреднение проводилось по 200 реализациям. Параметр фильтра подбирался для достижения максимального эффекта.

Таблица 1

Зависимость показателя μ от параметров сигнала и помехи

q / α	-30	-20	-10	0
30	49,9	31,9	19,5	10,8
20	50,5	33,8	16,3	10,9
10	46,7	24,7	14,2	9,4
0	60,1	41,5	12,1	5,4

Подведём итоги. Разработан новый адаптивный нелинейный алгоритм некогерентного обнаружения сигналов на фоне широкополосных помех с произвольной ПВ. Алгоритм прост в реализации и эффективен при изменении параметров сигнала и помехи. Простота реализации достигается использованием аппарата характеристических функций, а его эффективность – оценкой ПВ помехи по сглаженной гистограмме наблюдаемых данных.

Литература

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989.
2. Теория обнаружения сигналов / П.С.Акимов [и др.]; под ред. П.А.Бакута. М.: Радио и связь, 1984. 440 с.

3. Язовский А.А., Язовская Ю.А. Методы обнаружения сигналов при широкополосных негауссовских помехах // Актуальные вопросы современной техники и технологии. Сборник докладов Международной научной заочной конференции (Липецк, 24 апреля 2010 г.), 2010. с. 72-77.

Связь с автором: jazovsky@mail.ru , juljaz@e1.ru

Д.С. Якушев

ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ ЛОКАЛЬНЫХ РОЗНИЧНЫХ СЕТЕЙ

Уральский гуманитарный институт
г. Екатеринбург, Россия

С развитием потребительского рынка в России одним из главных звеньев реализации хозяйственных и социальных задач призвана стать розничная торговля. Не исключение составляет и одна из форм розничной торговли – локальные розничные сети (ЛРС). Рыночные отношения, которые в значительной степени формируются в условиях неопределенности и неустойчивости среды, в которой находятся ЛРС, требуют высокоэффективных методов планирования транспортно-грузовых потоков (ТГП) в этих сетях для повышения качества обслуживания торговых точек (ТТ) и экономии ресурсов сетей.

Оперативное планирование ТГП ЛРС – это систематическое принятие планово-управленческих решений в отношении физического перемещения по определенному маршруту транспортных средств (ТС) с грузом от распределительных центров (РЦ) к ТТ. В ходе планирования ТГП ЛРС возникают следующие проблемы (см. табл. 1).

Основным исполнителем процесса планирования ТГП является диспетчерская группа (ДГ). Ее сотрудники заключают договора транспортными предприятиями, передают заявки на доставку партий товара (ПТ), составляют оперативные сменно-суточные планы, осуществляют оперативное руководство движением ТГП, составляют суточные отчеты, анализируют выполнение планов. ДГ должна также выполнять первичную обработку путевых листов, товарно-транспортных документов, экспедиторских расписок и осуществлять оперативный учет выполнения планов (по ТТ ЛРС и номенклатуре, заказам, отдельным водителям ТС).

Первой особенностью оперативного планирования ТГП ЛРС является то, что оно требует подготовки сменно-суточного плана, разработка которого повышает надежность транспортного обеспечения логистики ЛРС благодаря формализации транспортной задачи, выбору оптималь-

ных маршрутов. Также этот план позволит снизить затраты при больших объемах транспортной работы.

Таблица 1

Проблемы планирования ТГП ЛРС и причины их возникновения (таблица составлена на основе анкетирования экспертов ЛРС г. Тюмени)

№ п/п	Проблема	Причина
1	Несвоевременное начало движения ТГП на РЦ	Изменения в заявках на доставку груза с РЦ на ТТ
		Подача на РЦ ТС под загрузку с незапланированной грузовместимостью/грузоподъемностью
		Несвоевременная подача ТС на РЦ под погрузку
		Нарушение параметров процесса погрузки/разгрузки ТС на РЦ
		Несоответствие параметров груза при погрузке/разгрузке ТС заблаговременно предоставленной информации о грузе
2	Уменьшение скорости, увеличение времени достижения ТГП ТТ	Нарушение параметров процесса погрузки/разгрузки ТС в ТТ
		Усложнение дорожной ситуации
		Внештатные ситуации (ДТП, поломка ТС на маршруте)

Второй особенностью оперативного планирования является то, что оно требует формирования оптимальных кольцевых развозочных маршрутов, что представляет собой сложную экономико-математическую проблему, которая охватывает два взаимосвязанных вопроса – формирование маршрутов ТГП и определение порядка объезда ТТ. При этом планирование маршрутов сопряжено с необходимостью учета большого количества факторов и обработки исходной информации значительного объема. Таким образом, в процессе оперативного планирования возникает задача построения маршрутов, при которых не превышалась бы грузоподъемность ТС, а суммарная протяженность или суммарная продолжительность всех маршрутов была бы минимальной. Разработка таких рациональных маршрутов возможна только при достаточной детализации экономико-математической модели и исходных данных, характерных для оперативного планирования.

Третьей особенностью оперативного планирования является то, что доставки мелких ПТ являются значительно более дорогостоящими, чем доставка массовых грузов. Так, при 2% общей транспортной работы, приходящейся на перевозки мелких ПТ, на их долю приходится более 32%

транспортных затрат. Высокая себестоимость транспортного процесса в ЛРС объясняется в первую очередь отсутствием грамотного планирования маршрутов ТГП. Если потерями от нерационального выбора маршрутов считать величину возможного сокращения транспортных затрат от маршрутизации, то тогда эти потери, связанные с перепробегом ТС, следует оценить в размере до 25% общей суммы транспортных затрат на перевозку мелких ПТ. При этом 25% величины максимально возможного сокращения транспортных затрат на перевозку мелких ПТ зависит от маршрутизации.

Четвертой особенностью оперативного планирования является то, что в балансе времени работы ТС в ЛРС значительную долю занимает время на погрузо-разгрузочные операции и относительно меньше времени – собственно перемещение грузов. Кроме того, интенсивность городского движения и фактор загруженности транспортной сети оказывают существенное влияние на оперативное планирование.

Связь с автором: andrei-petrov@yandex.ru

СЕКЦИЯ 4

«Информатика, вычислительная техника и управление»

Д.Э. Круглова, С.Д. Салманова, Б.Ю.Гаматаева,*
А.М. Гасаналиев, К.Д. Курбанмагомедов*

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ИЗУЧЕНИЯ ТРОЙНОЙ ВЗАИМНОЙ СИСТЕМЫ LI, SR // F, CO_3

Институт (филиал) ГОУ ВПО «Московский государственный
открытый университет» в г.Махачкале
*НИИ общей и неорганической химии Дагестанского государственного
педагогического университета
г. Махачкала, Россия

Особое место в решении вопроса разработки физико-химических технологий и новых многофункциональных материалов отводится многокомпонентным системам (МКС). Данные системы являются основой различных технологических процессов в широком диапазоне температур при поиске материалов с регламентируемыми свойствами.

Центральной проблемой этого направления является создание комплексного подхода в изучении МКС, определение оптимальных режимов технологических процессов и условий синтеза новых материалов. Использование взаимных систем для разработки композиций разнообразного назначения с регламентируемыми свойствами обусловливает развитие топологии и теоретических методов их исследования для получения необходимой информации по фазовому комплексу, физико-химическому взаимодействию, определению низкоплавких областей и поверхности ликвидуса.

Составными элементами МКС являются тройные взаимные системы [1]. Их изучение на основе топологии с учетом особенностей фазовых диаграмм, применения методов геометрии и термодинамических характеристик является важным аспектом для получения максимально возможной информации о взаимодействии компонентов и изменения факторов равновесия и свойств [2-3].

Цель настоящей работы – комплексное изучение тройной взаимной системы Li, Sr // F, CO_3 и оценка теплоаккумулирующих свойств ее эвтектических составов.

Данную систему исследовали комплексом методов физико-химического анализа: проекционно-термографическим (ПТГМ), визуально-политермическим (ВПМ), дифференциально-термическим (ДТА), рентгенофазовым (РФА) и комплексным ДТА [4-8].

Предварительное планирование ПТГМ заключалось в выборе рациональных внутренних разрезов диаграммы, состояния которых позволили бы выявить составы, соответствующие нонвариантным равновесиям, и ограничить, поля кристаллизующихся фаз с нанесением изотермических кривых.

Согласно тепловому эффекту реакции взаимного обмена, рассчитанного по энтальпии плавления исходных солей, данная тройная взаим-

ная система является необратимо-взаимной системой диагонального типа. Стабильность внутренних диагоналей подтверждена:

- по разнице сумм теплоты образования исходных солей и продуктов реакции;
- дифференциально-термическим анализом (по соответствию температур вторичных кристаллизаций и изучением точек конверсии);
- рентгенофазовым анализом конверсионных точек.

Стабильная диагональ и конгруэнтно плавящееся соединение состава $Li_{18}Sr(CO_3)_{10}$, образующееся на ограняющей, бинарной стороне, триангулирует квадрат состава системы на три фазовых единичных блока (ФЕБа). Совокупность выявленных ФЕБов тройной взаимной системы используется для составления древа фаз и древа кристаллизации (рис.1). Анализ соотношения температур исчезновения жидких фаз методом априорного прогноза фазового комплекса позволяет сделать вывод о наличии в системе семи нонвариантных точек, три из которых эвтектического характера и четыре перитектического.

Для подтверждения данного прогноза исследованы одномерные политермические разрезы. Методом ДТА найдены составы и температуры проекций нонвариантных точек эвтектического и перитектического характера (рис.2, табл.1) [9].

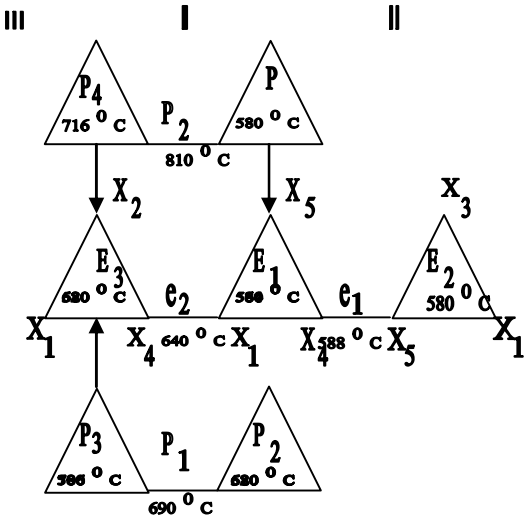


Рис.1. Древо кристаллизации тройной взаимной системы Li, Sr // F,CO_3

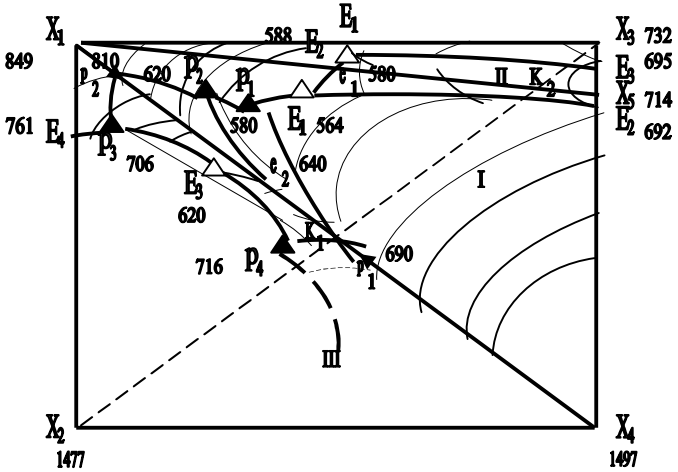


Рис . 2. Диаграмма состояния тройной взаимной системы Li, Sr // F, CO_3

Таблица 1

Характеристика нонвариантных точек взаимной системы Li, Sr // F,CO_3

Обозначения	t,^{0}C	Составы, мол.%				Характер точек
		LiF	Li_2CO_3	SrF_2	$SrCO_3$	
ΔE_1	564	45	46	-	7	эвтектика
ΔE_2	580	50	48	-	2	эвтектика
ΔE_3	620	66	-	3	31	эвтектика
▲P_1	580	47,5	37,5	-	15	перитектика
▲P_2	620	57,5	25	-	17,5	перитектика
▲P_3	706	84	-	9	8	перитектика
▲P_4	716	50	-	9	41	перитектика

Для оценки теплоаккумулирующих способностей эвтектических расплавов, исследуемой системы, изучены их термодинамические свойства (табл.2). Сравнительный анализ показал, что они характеризуются высоким содержанием энергоемких компонентов (LiF, Li_2CO_3), низкими (по сравнению с исходными компонентами) температурами плавления (564^0-640^{0}C), широким температурным интервалом химической и термодинамической устойчивости (>1000^{0}C), высоким теплосодержанием (173,58 – 451,7кДж/кг) [10].

Полученные экспериментальные данные являются основой при решении прикладных задач. Выявленные эвтектические композиции перспективны в качестве теплонакопителей для создания среднетемпературных теплоаккумулирующих фазопереходных материалов. Большое содержание карбонатов (46-48%) указывает на их перспективность в качестве электролитов для электрохимического нанесения тугоплавких про-

тивокоррозионных карбидных покрытий и для получения электролитов [11].

Таблица 2

Термодинамические свойства нонвариантных составов тройной взаимной систмемы Li, Sr // F, CO_3

Характер точек	Состав				t,^{0}C	T,K
	LiF	Li_2CO_3	SrF_2	$SrCO_3$		
E_1	45	46	-	7	564	837
E_2	50	48	-	2	580	853
e_2	67	-	-	37	640	913

	$\Delta H_{пл.}$, кДж/кг	$\Delta S_{пл.}$, Дж/кг·К	$\rho_{тв.ф.}$, кг/м^3	$\Delta H \cdot \rho_{тв.ф.}$ МДж/м^3	C_p, Дж/кг·К
E_1	173,58	201,1	2484,3	431,22	694,1
E_2	285,04	334,0	2969,2	846,34	677,6
e_2	451,7	494,75	3004,5	1357,1	898,36

Данные топологические модели, их экспериментальное подтверждение и изучение термодинамических свойств позволили спланировать и провести информативный эксперимент с минимальными затратами труда и времени, а также выявить принципиальные особенности фаз и химических превращений в системе Li, Sr // F, CO_3.

Литература

1. Бергман А.Г., Бухалова Г.А. Топология комплексообразования и обменного равновесие в тройных взаимных системах. М.:АН СССОР, 1947, Ч.1, 131с.
2. Диагенов Г.Г. О характере взаимодействия солей в тройных взаимных системах. ЖНХ, №6,1994, С. 1023-1031.
3. Киреев В.А. Методы практических расчетов в термодинамики химических реакций. М.: 1970. 536с.
4. Трунин А.С. , Космынин А.С. Проекционно-термографический метод исследования гетерогенных равновесий в конденсированных многокомпонентных системах. Деп. В ВИНИТИ АН СССР №1372; от 12.07.77, с.68
5. Бергман А.Г. Политермический метод изучения сложных солевых систем. // Всесоюзный Менделеевский съезд по теории и прикладной химии. Харьков. ГНТИ, 1935.
6. Уэндланд У. Термические методы анализа. (Пер. с англ. Под ред. Ситепанова В.А., Берштейна В.А.). М.: Мир, 1978. 526с.
7. Берг Л. Введение в термографию. М.: Наука, 1969. 395с.
8. Берг Л.Г., Бурмистрова Н.П. Термографическое исследование солей с одновременной записью двух свойств – термодинамических эффек-

тов и электропроводности// Журнал неорган. химии. 1960. Т.5.№3.С.676-683.
9. Бекова Д.Э. Фазовое равновесие и химическое взаимодействие в пятерной взаимной системе. Автореф...Дисс. канд. хим. наук. Махачкала: ДГУ,2001.
10. Гасаналиев А.М., Гаматаева Б.Ю. Методологические основы теплового аккумулирования с использованием расплавов. СПб,48с. Деп. ВИНИТИ 21.06.99. №1969-В99.
11. Гасаналиев и др. … Применение расплавов в современной науке и технике. Махачкала, 1991. 160с. Деп. ВИНИТИ. Черкассы 04.10.92. №454-92.

Связь с авторами: Dimgou_nir@mail.ru

О.Н. Лобарев, И.В. Завалишин

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕНЕФТЯНЫХ ТОПЛИВ В СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ РЕАКТИВНОЙ АВИАЦИИ

Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства
г. Москва, Россия

В настоящее время для производства моторных топлив в основном используется сырье из невозобновляемых природных источников, такое как нефть, природный газ, бурый и каменный угли. Однако уровень мирового потребления нефти с каждым годом неуклонно возрастает.

В связи с этим актуальным становится вопрос замены нефтяных топлив на альтернативные топлива, синтезированные из других видов сырья.

Одной из причин, обуславливающих необходимость получения жидких моторных топлив на основе сырья из возобновляемых источников, является сдерживание повышения концентрации CO_2 в атмосфере. При сгорании биотоплива также образуется углекислый газ, но это тот углекислый газ, который был ранее поглощен растением из воздуха, поэтому общее содержание CO_2 в атмосфере не увеличивается.

Проведенные исследования позволили оценить современное состояние производства топлив из возобновляемых видов сырья. Альтернативные топлива уже показали свою эффективность и промышленную применимость. Внедрение биотоплива в работу газотурбинных установок для авиации уже началось: компания CFM International 18 июня 2007 г. успешно провела испытания авиадвигателя CFM 56-7B, работающего на смеси авиакеросина и биотоплива. Испытания прошли на заводе фирмы

SNECMA под Парижем. В топливо Jet A-1 было добавлено 30% биодизеля, полученного из растительных жиров.

Проведенный анализ материалов ряда крупных и регулярных научных конференций (за последние 3 года) в области проблем воздушно-реактивных двигателей, стационарных и мобильных наземных и морских энергетических установок и инженерной защиты окружающей среды также свидетельствует о том, что на исследование проблем производства альтернативных авиабиотоплив направлены основные усилия специалистов Европы, США, Японии.

В России работы по созданию и применению биотоплива находятся еще в начальной стадии. В настоящее время Российским государственным университетом инновационных технологий и предпринимательства завершен 1 этап выполнения поисковой научно-исследовательской работы "Разработка научно-технологических основ создания и применения альтернативных топлив в газотурбинных энергетических и транспортных установках" в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Целью данной работы является создание научных и инженерных основ применения новых (альтернативных керосину) жидких топлив из каменного угля, природного газа и биосырья для перспективных авиадвигателей, исследование их физико-химических и эксплуатационных свойств и построение химико-физических и математических моделей для расчета систем топливопитания, охлаждения и смазки АД.

На текущем этапе проведения исследований установлено, что основополагающим направлением деятельности в области проблем применения синтетических углеводородных топлив из биосырья в авиации является решение ряда задач по созданию их рецептур, определению физико-химических и эксплуатационных свойств и оценке совместимости с конструкционными и уплотнительными материалами.

Связь с автором: rassiec@mail.ru

А.М. Мунасыпов

ИНГИБИРУЮЩИЕ И ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ АЗОТ-, ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ СОЛЕЙ

Уфимский государственный нефтяной технический университет
Филиал в г. Стерлитамаке
г. Стерлитамак, Россия

Оборудование нефтяных скважин и системы нефтегазосбора многих месторождений интенсивно корродируют вследствие соприкосновения с сильноагрессивными технологическими средами. Скорость коррозии в

этой отрасли изменяется от 0,3 до 3 и более миллиметров в год. Это ведет к большим затратам на ремонт оборудования и нарушению установленных нормативных сроков амортизации. Согласно статистическим данным 17÷20 % общего количества аварий на нефтепромыслах связано с коррозией. В результате таких аварий теряется большое количество и добываемого продукта, и металла.

Таким образом, проблема коррозии довольно актуальна в настоящее время. Ингибиторы коррозии находят широкое применение в химической, нефтегазодобывающей промышленности, системах отопления, водоснабжения и др., но не все они синтезируются из недорогого доступного сырья и не все отличаются высокими защитными свойствами. В связи с этим возникла необходимость в разработке более эффективных и недорогих ингибиторов кислотной коррозии.

Разработанный нами ингибитор коррозии представляет собой смесь ортофосфорной кислоты, воды и третичного амина [1].

Нами был получен продукт, состоящий из 0,1 % раствора триэтаноламина, 85 % раствора ортофосфорной кислоты и воды, взятых в мольном соотношении 1:0,5:10 соответственно. Полученный раствор тщательно перемешивали.

Синтезированный нами ингибитор применим для защиты от коррозии в минерализованных водах, нефтепромысловых средах и системах отопления и водоснабжения.

В качестве модельной среды был использован имитат пластовой воды (ИПВ) следующего состава: 17 г/л $NaCl$; 0,8 г/л $NaHCO_3$; 0,2 г/л $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; 0,2 г/л $CaCl_2$.

Для исследования защитных свойств ингибитора коррозии использовали электрохимический метод на измерителе скорости коррозии «Моникор-2М». Циркуляционную ячейку через боковой отвод заполнили ИПВ. В ячейку, заполненную ИПВ, установили электрод с преобразователем, подключенным к индикатору скорости коррозии «Моникор-2М», включали мешалку для создания циркуляции среды и добавляли ингибитор в концентрациях 5 мл, 10 мл, 15 мл на 1000 мл среды. Для испытаний использовали электроды цилиндрической формы длиной 25 мм и диаметром 6 мм, изготовленные из стали Ст3. Замеры проводили в течение 30 часов. Рабочую поверхность электродов зачищали и перед экспериментом обезжиривали ацетоном. Данные о скорости коррозии фиксировались и обрабатывались с помощью электронной компьютерной программы monicor.exe. Результаты лабораторных исследований сведены в таблицу (см. табл. 1).

Данные таблицы 1 показывают, что синтезированное азот-, фосфорсодержащее соединение эффективно защищает оборудование от сероводородной коррозии и не уступает существующим аналогам. Уже при небольших концентрациях продукт стал проявлять ингибирующие свойства. Оптимальной с экономической и технологической точки зрения является концентрация 10 мл ингибитора, взятых на 1000 мл среды.

Таблица 1

Защитная эффективность ингибитора коррозии

№ пп	Мольное соотношение триэтаноламин : ОФК : вода	Дозировка мг/мл	Защитная эффективность, %	Скорость коррозии, г/м2·ч
1	1,0 : 0,5 : 10,0	30	95	0,0002
		25	94	0,0003
		20	94	0,0004
		15	90	0,0005
		10	88	0,0005
		5	85	0,0006
2	1,0 : 1,0 : 20,0	30	94	0,0002
		25	92	0,0003
		20	92	0,0004
		15	90	0,0006
		10	87	0,0006
		5	85	0,0007
3	1,0 : 1,0 : 30,0	30	93	0,0004
		25	92	0,0005
		20	92	0,0006
		15	86	0,0007
		10	85	0,0008
		5	84	0,0008

При практическом использовании данного ингибитора могут быть получены следующие технико-технологические и социальной направленности результаты: применение инновационной совершенной технологии получения ингибиторов коррозии, основанной на синтезе азот-, фосфорсодержащих соединений; получение относительно дешевого и более эффективного антикоррозионного средства; исключение из технологии получения ингибитора труднодоступных полиаминов; существенное упрощение технологии получения ингибиторов коррозии.

Помимо ингибирующих, разработанное нами соединение проявляет и мощные дезинфицирующие свойства.

В связи с все нарастающей проблемой борьбы с инфекционными заболеваниями вопрос разработки систем профилактических и противоэпидемических мер предупреждения актуален. Дезинфекция является одним из основных мероприятий в комплексе мер по борьбе с инфекционными заболеваниями.

В настоящее время наиболее широкое распространение получил химический метод дезинфекции. Химические дезинфектанты позволяют быстро и надежно обеззараживать различные предметы, воду, поверхности в помещениях, санитарно-техническое оборудование, отходы, воздушную среду и т.д. [3].

Для дезинфекции разрешены к применению дезинфицирующие средства отечественного и зарубежного производства из следующих основных химических групп: хлорсодержащие, средства на основе активного кислорода, на основе спиртов, альдегидов, катионных поверхностно-активных веществ (четвертичные аммониевые соединения), третичные амины, производные гуанидина [3].

Третичные амины являются довольно универсальными веществами. Они обладают моющими свойствами, используются для предстерилизационной очистки, дезинфекции, смачивания, умягчения. Средства из этой группы не повреждают инструменты и оборудование, малотоксичны, не оказывают раздражающего действия, не имеют запаха [1].

Данную композицию мы получили именно на основе третичного амина. Синтезированное нами азот-, фосфорсодержащее соединение прошло лабораторные исследования по определению эффективности по отношению патогенных, условно-патогенных, санитарно-показательных микроорганизмов в ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в РБ» в г. Стерлитамак [2].

Дезинфицирующие свойства определяли, помещая в стерильную дехлорированную водопроводную воду взвесь микроорганизмов: кишечной палочки, клебсиелл, сальмонелл, шигелл, колифагов и др. После чего добавлялось синтезированное нами соединение. Начальная концентрация микроорганизмов в исследуемом объеме воды составляла 1×10^6 КОЕ/мл, время экспозиции – 30 минут.

По окончании опыта обезвреживания из исследуемых проб воды делались высевы на плотные питательные среды для определения количества жизнеспособных микроорганизмов. Контролем служили пробы воды, в которые средство не вводилось. Результаты испытаний представлены (см. табл. 2).

Таблица 2

Бактерицидные свойства дезинфектанта

Количество наблюдений	Процент гибели микроорганизмов (от контроля) Воздействие на микроорганизмы 3-4 групп патогенности (10^6 КОЕ/мл)			
	Шигелла Зонне	Шигелла Бойда	Сальмонелла энтеритидис	Сальмонелла брюшного тифа
6	100	100	100	100

Окончание табл. 2

Количество наблюдений	Воздействие на микроорганизмы 3-4 групп патогенности (10^6 КОЕ/мл)				
	Кишечная палочка	Золотистый стафилококк	Протей	Клебсиелла	Колифаг
6	100	100	100	100	100

Таким образом, полученное нами азот-, фосфорсодержащее соединение оказывает 100%-ное бактерицидное действие на патогенные, условно-патогенные, санитарно-показательные микроорганизмы. По показателям безопасности в соответствии с требованиями НД. Кроме того, данное соединение может храниться до 2-х лет, не теряя своей активности и внешних показателей.

Согласно Приказу №720 от 31.07.78 полученное нами соединение рекомендовано для улучшения медицинской помощи больным с гнойными хирургическими заболеваниями и усиления мероприятий по борьбе с внутрибольничной инфекцией [2].

При практическом использовании полученного нами дезинфицирующего средства могут быть получены следующие технико-технологические и социальной направленности результаты: применение инновационной совершенной технологии получения дезинфицирующих средств, основанной на синтезе азот-, фосфорсодержащих соединений; получение относительно дешевого и более эффективного антисептического и дезинфицирующего средства; исключение из технологии получения дезинфицирующего средства труднодоступных бензилхлорида и бензилового спирта; существенное упрощение технологии получения дезинфектантов.

Предварительные испытания разработанного нами азот-, фосфорсодержащего соединения на поверхностно-активные и моющие свойства дали положительный результат. Кроме того, полученное вещество способно эффективно бороться с ржавчиной на поверхности металлических изделий и металлоконструкций.

Литература

1. А.А. Абрамзон, В.В.Бочаров, Г.М.Гаевой и др. Поверхностно-активные вещества :справочник / под ред. А.А.Абрамзона и Г.М.Гаевого. – Л.-: Химия, 1979. – 376 с.
2. Протокол лабораторных исследований №1302 от 25 февраля 2010 г.
(Испытательный лабораторный центр. Филиал ФГУЗ «ЦГ и эпидемиологии в РБ, г. Стерлитамак).
3. Справочник «Дезинфицирующие средства», 2006 г. Изд. ТК «Бинго-Гранд», -М, 2006. – С.406.

Связь с автором: arthurik001@mail.ru

С.Д. Салманова, Д.Э. Круглова, А.М. Гасаналиев,*
К.Д. Курбанмагомедов

ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ СИСТЕМА LIF-SRWO$_4$-CAWO$_4$

Институт (филиал) ГОУ ВПО «Московский государственный
открытый университет» в г. Махачкале
*НИИ общей и неорганической химии Дагестанского государственного
педагогического университета
г. Махачкала, Россия

При разработке технологических процессов получения вольфрама и вольфрамовых покрытий все большее внимание исследователей привлекает гальванотехника в расплавленных электролитах, содержащих галогениды щелочных металлов и соединения вольфрама [1,2]. В связи с этим представляет интерес процесс выявления растворимости и химического взаимодействия природного минерала шеелита ($CaWO_4$) в трехкомпонентной системе из фторидов и вольфраматов лития, кальция и стронция. В данной работе приводятся результаты термического анализа трехкомпонентной системы LiF-$SrWO_4$-$CaWO_4$, являющейся стабильным треугольником четверной взаимной системы Li, Ca, Sr//F,WO_4 (рис. 1).

Экспериментальные исследования проводили методом дифференциально-термического анализа (ДТА) [3] с использованием проекционно-термографического метода (ПТГМ) [4], в платиновых тиглях, измерителем температуры служили Pt-Pt/Rh-термопары. Для записи кривых ДТА применяли потенциометрическую установку ЭПР-09 М3. В качестве усилителя термо-ЭДС дифференциальной термопары использовали фотоусилитель Ф116/7. Измерения выполняли в атмосфере воздуха. В работе использовали соли квалификаций «ч.д.а.» и «х.ч.», температуры плавления которых приведены на рисунке 1. Все составы выражены в мольных процентах, а температуры – в градусах Цельсия.

Трехкомпонентная система LiF-$SrWO_4$-$CaWO_4$ является стабильным треугольником четверной взаимной системы Li,Ca,Sr//F,WO_4. В элементы ее ограничения входят три двухкомпонентные системы – LiF-$SrWO_4$, LiF-$CaWO_4$, $SrWO_4$-$CaWO_4$ (рис. 2). Характерной особенностью ограняющей системы $SrWO_4$-$CaWO_4$ является наличие непрерывного ряда твердых растворов состава $Ca_xSr_{(1-x)}WO_4$. Двухкомпонентные системы LiF-$SrWO_4$, LiF-$CaWO_4$ относятся к системам эвтектического типа. Данные по нонвариантным точкам (НВТ) этих систем представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные по НВТ двухкомпонентных систем

Система	НВТ	t,^{0}C	Состав, моль.%		Литература
			I	II	
LiF-$SrWO_4$	e	788	90	10	[5]
LiF-$CaWO_4$	e	765	77	23	[6]

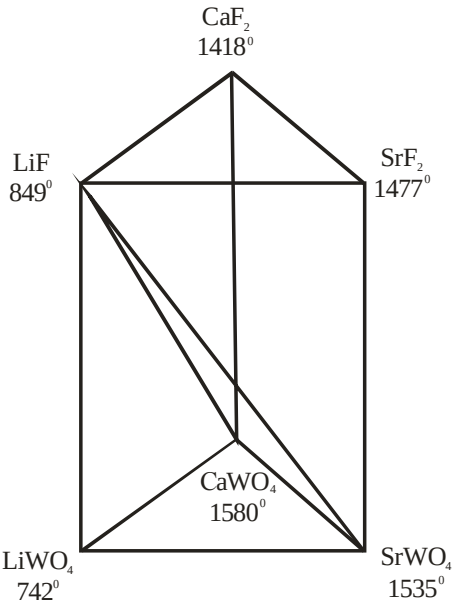


Рис. 1. Призма составов системы Li,Sr,Ca//F,WO_4

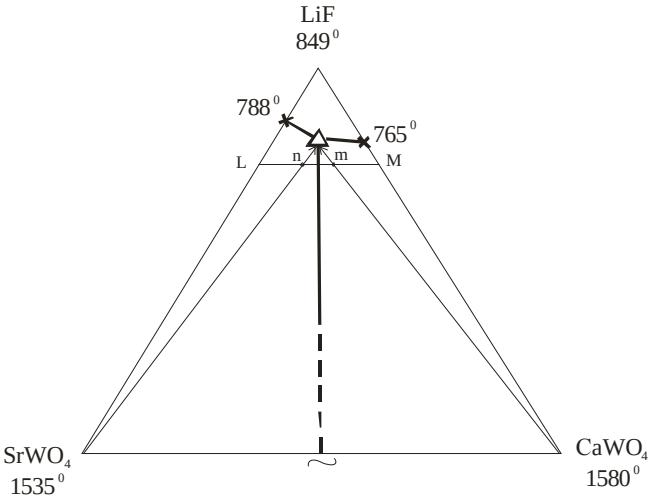


Рис. 2. Диаграмма составов системы LiF-$SrWO_4$-$CaWO_4$
и расположение политермического разреза LM

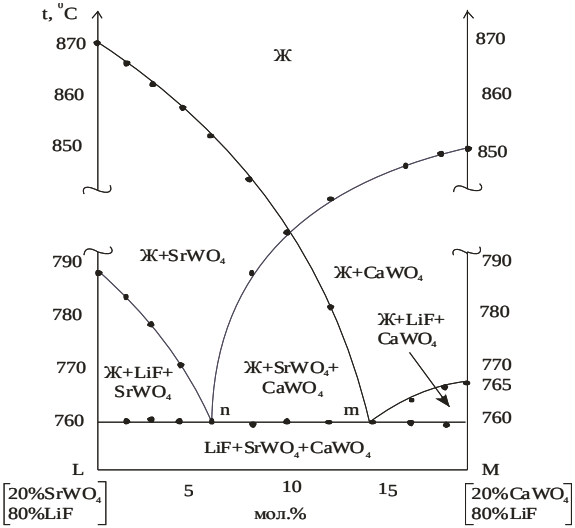


Рис. 3. Диаграмма состояния политермического разреза LM системы LiF-$SrWO_4$-$CaWO_4$

При исследовании трехкомпонентной системы была поставлена цель: выявление характера процессов кристаллизации. Планирование эксперимента проводилось с использованием ПТГМ: был выбран политермический разрез LM (L - 20% $SrWO_4$ + 80% LiF, M - 20% $CaWO_4$ + 80% LiF) (рис. 2). Данные этого разреза позволили выявить проекцию эвтектической точки ($\bar{E}$) с двух полюсов кристаллизации (точки m и n на рис. 3). Изучение лучевых разрезов $CaWO_4$ à m ($\bar{E}$) à E и $SrWO_4$ à n ($\bar{E}$) à E позволило определить состав тройной эвтектики. Следует отметить, что в данной системе бинарные твердые растворы, состава $Ca_xSr_{(1-x)}WO_4$, распадаются под влиянием третьего компонента (LiF) с образованием НВТ. Эвтектика имеет состав: 89% LiF, 6% $SrWO_4$, 5% $CaWO_4$ и плавится при температуре 760^0C.

Топологический анализ диаграммы состояния системы LiF-$SrWO_4$-$CaWO_4$ позволяет сделать вывод о перспективности найденной низкоплавкой смеси для электрохимического получения вольфрама и вольфрамовых покрытий. Содержание LiF, являющегося неорганическим растворителем, значительно понижает температуры плавления смесей, что выгодно экономически и технологически.

Литература

1. Шурдумов Б.К., Каров З.Г., Шурдумов Г.К. //Химия и технология молибдена и вольфрама. Нальчик, 1971. Вып. 1. С.87.

2. Гасаналиев А.М., Гаркушин И.К., Дибиров М.А., Трунин А.С. Применение расплавов в современной науке и технике. Махачкала, 1991, 179 с.
3. Берг Л.Г. Введение в термографию. М.: Наука, 1969, 395 с.
4. Трунин А.С., Космынин А.С. Проекционно-термографический метод исследования гетерогенных равновесий в конденсированных многокомпонентных системах. Деп. в ВИНИТИ АН СССР № 1372; от 12.07.77, с. 68.
5. Салманова С.Д., Гасаналиев А.М., Гаматаева Б.Ю. Ограняющие элементы пятерной взаимной системы Li,Na,Ca,Sr//F,WO_4. Деп. в ВИНИТИ №2569-В00 от 9.10.00. – 13с.
6. Айвазова М.Б. Объемные изображения при исследовании фазовых равновесий в многокомпонентных солевых системах: Автореф. канд. дисс. Махачкала, 1999. С. 20.

Связь с авторами: Dimgou_nir@mail.ru

СЕКЦИЯ 5

«Техника и технология в строительстве»

М.М. Ахметшин, И.Л. Кузнецов

ОБЛЕГЧЕННЫХ ПАНЕЛИ С ВНЕШНИМ КАРКАСОМ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Россия

В статье рассматривается новый тип панелей, в которых каркас выполнен из стальных тонкостенных С-образных элементов, полки которых втоплены в слой утеплителя из пенополистирола. Элементы каркаса установлены с некоторым шагом с внешней и внутренней стороны панели и образуют единую несущую и ограждающую конструкцию. Подобные панели известны в нашей стране как система «Радослав» [4] и используются в качестве несущих конструкций стен легких зданий. Конструктивное отличие рассматриваемых панелей от известных [1,2,3] не позволяет использовать существующие методики расчета. Отсутствуют также данные о действительной их работе. Поэтому практическая реализация рассматриваемых панелей возможна при проведении дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Для исследования действительной работы панелей было рассмотрено два образца, конструктивная схема и параметры которых приведены на рис.1.

Панель (рис.1) состоит из внешних и внутренних элементов каркаса 1 выполненных из С-образных оцинкованных тонкостенных стальных профилей, полки которых втоплены в массив утеплителя 3 из пенополистирола. По низу и верху элементы каркаса при помощи самосверлящих винтов соединены обрамляющими уголками 2. Для повышения прочности соединения элементов каркаса с утеплителем в процессе изготовления на втопленные участки элементов каркаса наносится слой из пенополиуретанового клея.

Как следует из приведенного конструктивного решения панели, внешние и внутренние элементы каркаса 1 и обрамляющие уголки 2 связаны между собой только слоем пенополистирола.

Во втором варианте панели между внешними и внутренними элементами каркаса с шагом 660 мм устанавливались дополнительные связи из деревянных брусков сечением 50х50х135 мм. (узел 1, рис.1).

Для определения теоретической несущей способности панели рассматривался ее фрагмент, включающий внешний и внутренний пояса связанные слоем пенополистирола толщиной 135мм и шириной по краям 60 мм. Указанный фрагмент панели заменялся эквивалентным решетчатым стержнем с треугольной решеткой с углом наклона раскосов 60°.

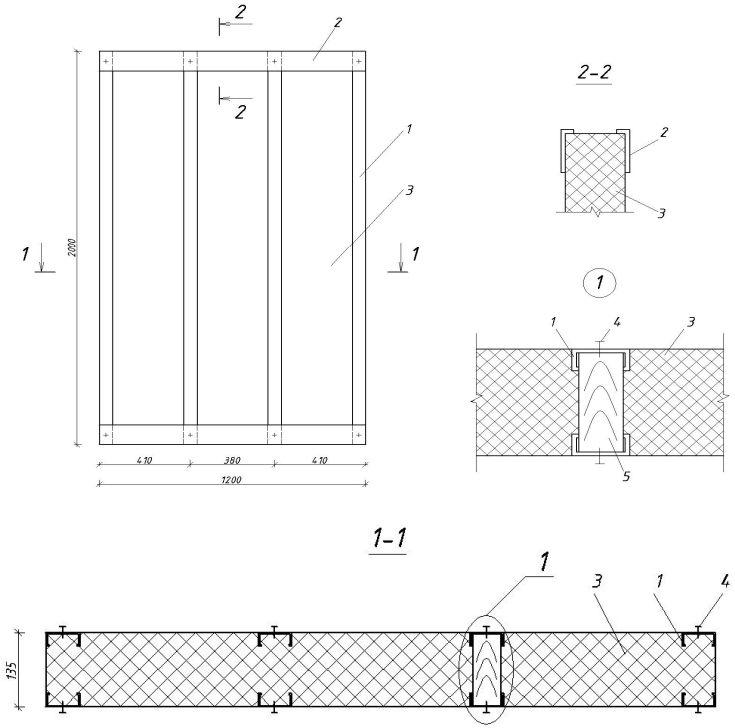


Рис.1. Конструктивная схема панели: 1- тонкостенный стальной профиль ПП60х27х0,7; 2- обвязка торцевого элемента из уголка 100х20х0,7мм; 3- пенополистирол толщиной 135мм; 4- самосверлящий винт Ø4; 5- распорки из древесины сечением 50х50 мм

Для поясов решетчатого стержня принималось $EF = 1890$т и $EI_y = 0{,}1621 \text{т} \cdot \text{м}^2$, где E-модуль упругости, а F и I_y, соответственно, площадь и момент инерции С-образного тонкостенного профиля. Площадь раскоса решетчатого стержня A_p определялась из равенства угла сдвига участка пенополистирола с модулем сдвига $G = 10 \text{кг/см}^2$ и равнялалось $A_P = 0{,}00103 \text{см}^2$. Критическая сила потери устойчивости эквивалентного решетчатого стержня определялась по программе «Лира 9.4» и составила 1,28т, а для панели в целом при равномерном распределении нагрузки по верху панели соответственно 3,85т.

Как отмечалось выше для оценки фактической несущей способности панели были проведены испытания двух натурных образцов, с параметрами приведенными на Рис.1.Испытания проводились на специально изготовленном стенде сосредоточенной нагрузкой, приложенной через траверсу. Нагрузка прикладывалась этапами по 250кг до разрушения панели. На каждом этапе нагружения снимались показания тензодатчиков, наклеенных по концам и в середине каждого элемента каркаса и подключаемых к измерителю деформаций «АИД-4».

Эксперименты показали, что деформации в элементах каркаса имеют линейную зависимость от величины нагрузки.

Для первой панели, не имеющей дополнительных связей между элементами каркаса разрушение произошло при нагрузке 3,4т. Максимальное напряжение в элементах каркаса равнялось $775 кг/см^2$. Характер работы и разрушение второй панели, включающей дополнительные связи, аналогичен первой панели. При этом величина разрушающей нагрузки составила 4,5т.

Анализ данных теоретических и экспериментальных исследований показал, что действительная несущая способность первой панели составляет 88%, а второй панели 67% от теоретической.

Данные расхождения объясняются видимо в основном приближенной расчетной схемой фрагмента панели. Свой вклад вносит и неравномерное распределение прикладываемой испытательной нагрузки между несущими элементами каркаса, что обусловлено конечной жесткостью траверсы.

Выводы

Проведенные исследования показали, что конструктивная форма панели обладает достаточно высокой несущей способностью, при этом тонкостенные элементы каркаса и монолитный утеплитель работают как составная конструкция. Поэтому может рассматриваться как несущий и ограждающий элемент стен легких зданий, для чего необходимо: во-первых, разработать методику расчета панелей на вертикальные и горизонтальные нагрузки; во-вторых, определить область их эффективного использования и найти конструктивные решения всей несущей системы здания с применением данных панелей.

Литература

1. Тамплон Ф.Ф. «Металлические ограждающие конструкции». Л.: Стройиздат, 1988г, 248с.
2. Кузнецов И.Л., Зинченко Ю.В., Хуснутдинов К.Б. «Плита покрытия». АС № 1337494 от 14.10.85. «Бюллютень» №34 15.09.87.
3. Кузнецов И.Л., Халиуллин М.И., Чупрунов В.А. «Плита покрытия». Патент РФ № 2305160 от 29.12.2005. «Бюллютень» №24 от 27.08.2007.
4. Альбом технических решений конструкций на основе термоструктурных панелей из пенополистирола системы СП «Радослав» в сочетании с различными материалами обеспечивающими их огнезащиту (для гра-

жданского строительства).М.: АО «Инрекон», СП «Радослав», ЦНИИСК им. Кучеренко, 1997г, 32 с.

Связь с автором: ahmetshin-marat@mail.ru

О.В. Давыденко

ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Ставропольский государственный университет
г. Ставрополь, Россия

Общая протяженность наружных трубопроводных сетей различного назначения в Российской Федерации превышает 15 млн. км. При этом большая часть сетей выполнена из металлических труб, многие из которых к настоящему моменту полностью выработали свой ресурс [1, с. 30]. Прокладка новых трубопроводов на месте изношенных старых весьма дорога, как и методы ремонта, основанные на использовании готовых полимерных изделий.

В то же время, наиболее широко используемый в настоящее время метод восстановления трубопроводов путем нанесения цементно-песчаной смеси на их внутреннюю поверхность неприменим для трубопроводов с высокими показателями физического износа, поскольку не обеспечивает эффективного тампонирования свищей диаметром более 8 мм, а также продольных и поперечных трещин [2, с. 126]. Для устранения недостатков, свойственных распространенным методам центрифугирования и центробежного набрызга цементно-песчаной смеси, ранее была предложена оригинальная торовая технология [3, с. 2].

Торовая технология представляет собой качественно новое решение, позволяющее достигать равномерного давления на внутреннюю поверхность покрытого трубопровода. Нанесенный строительный композит твердеет в замкнутом объеме при всестороннем сжатии, а такие изделия на основе цемента обладают высокими эксплуатационными свойствами: долговечностью, адсорбционной способностью, низким коэффициентом диффузии и истираемостью, надежными защитными свойствами по отношению к металлическим стенкам трубопровода, высокой химической стойкостью и стабильностью объема [4, с. 7].

Используемая в рамках торовой технологии покрытия цементно-песчаная смесь является высококлассным материалом, имеющим целый ряд положительных свойств, однако последние десятилетия двадцатого века ознаменовались значительными достижениями в теории и технологии бетона, позволившими ему сохранить ведущее положение среди известных вяжущих. Очевидно, что дальнейшее развитие технологий вос-

становления трубопроводов предусматривает тесную интеграцию с последними разработками в этой области.

Одним из перспективных материалов, получившим в последнее время достаточно широкое распространение, являются фиброцементные композиции различных составов. Они активно применяются в промышленном и гражданском строительстве, имеются разработки по их применению в области производства труб [5, с. 4]. Однако восстановление трубопровода является весьма специфической задачей, прежде всего ввиду строго заданных условий нанесения покрытия. Ни одна из технологий нанесения цементно-песчаной смеси, кроме разработанной торовой, не может быть удовлетворительно применена для нанесения фиброцементных композиций, ввиду неизбежно происходящего нарушения структуры фиброволокна. Более того, разработанная технология позволяет формировать фиброцементное покрытие в условиях всестороннего сжатия, что положительно сказывается на эксплуатационных характеристиках конструкции.

Применяемая фибра может быть металлической, базальтовой или полипропиленовой (ППВ), которая и получила наибольшее распространение. Количество, тип и длина используемых волокон зависит от требований проекта. При дозировке 0,1-1% ППВ не обеспечивает первичного армирования. Теория показывает, что количество волокна, которое выдерживает нагрузку после растрескивания - критический объем волокна - для ППВ составляет примерно 2% по объему. Однако уже дозировка 0,1-1% ППВ по объему дает определенные преимущества бетону как в пластичном, так и в затвердевшем состоянии. Повышается сцепление бетонной смеси, фиброволокно препятствует оседанию крупных, тяжелых частиц при уплотнении и облегчает подачу бетонной смеси рукавом. ППВ повышает способность бетона к деформации без разрушения в критический период схватывания, что мешает образованию микротрещин внутри застывшего бетона, а также сдерживает расширение видимых поверхностных трещин, возникших при пластической усадке.

Использование фиброцементных композиций для восстановления трубопроводов позволяет не только сократить затраты на ремонт и восстановление трубопроводов, но и существенно улучшить их качество, а также увеличить срок службы.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2009 году». – М.: МЧС России; ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2010. – 240 с.
2. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. – М.: Прима-Пресс, 2002.
3. Заявка 2010105458 РФ. Способ восстановления трубопровода и устройство для его осуществления, устройство для тампонирования и по-

крытия трубопровода, способ очистки трубопровода и устройство для его осуществления. Шишкин В.В., Давыденко О.В., Акиншина А.В.
4. Каприелов С. С., Батраков В. Г., Шейнфельд А. В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. – 1999. – № 6. – С. 6-10.
5. Бабков В.В. Сталефибробетон в производстве и применении конструкций засыпных арочных мостов и водопропускных труб на автодорогах / В.В.Бабков, Ш.Х.Аминов, И.Б.Струговец, П.Г.Комохов, И.В.Недосеко, Р.Р.Сахибгареев и др. // Строительные материалы. – М, 2008. - №6. – С.2-5.

Связь с автором: labeta@mail.ru

В.М. Земсков, Н.В. Краснолудский, И.С. Михельсон

ВЫБОР МОДЕЛИ ГРУНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРОПРОКОЛА ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКЕ КОММУНИКАЦИЙ

Балаковский институт техники, технологии и управления
Саратовского государственного технического университета
г. Балаково, Россия

Интенсивный рост городского строительства в последние годы обусловил необходимость модернизации и развития городских коммуникаций и трубопроводного транспорта коммунальной инфраструктуры. При этом состояние действующих коммуникационных сетей жизнеобеспечения городов России достигло критической отметки. По различным статистическим данным инженерные сети изношены на 70% и более. Эксплуатация изношенных трубопроводов ухудшает социальную, экономическую и экологическую обстановку в городах. Решение проблемы замены аварийных коммуникаций и прокладки новых траншейными методами требует значительных затрат, а иногда в условиях плотных городских застроек замена трубопроводов открытым способом просто невозможна. В таких условиях единственный выход заключается в применении бестраншейных технологий прокладки и ремонта подземных коммуникаций. Анализ способов бестраншейной прокладки показывает, что для замены и строительства коммуникаций диаметром до 300 мм, наиболее простой с конструктивной точки зрения и дешевый с экономической, это способ прокола. Одним из путей повышения эффективности процесса бестраншейной прокладки трубопроводов способом прокола является применение вибрации.

На кафедре «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины» БИТТУ в лабораторных условиях был проведён опыт по протаскиванию в массиве грунта конусного рабочего наконечника со встроенным вибратором круговых колебаний [1]. В результате проведения экс-

периментов было установлено снижение напорных усилий до 10-15 раз по сравнению со статическим проколом. По классификации способов образования скважин при бестраншейной прокладке коммуникаций данный способ относится к вибропроколу с колебаниями рабочего наконечника перпендикулярно оси образуемой скважины.

При вибропроколе грунтовых горизонтальных скважин (см. рис. 1) конусным рабочим наконечником со встроенным вибратором круговых колебаний грунт уплотняется в стенки скважины за счёт пористости грунта, или так называемой сжимаемости грунта. При этом колебания конусного рабочего наконечника в плоскости перпендикулярной направлению прокола способствуют снижению сопротивления внедрения наконечника в грунт, так как в зоне структурных деформаций снижаются сцепление частиц грунта и внутреннее трение в грунте, которые определяют величину напорного усилия Р.

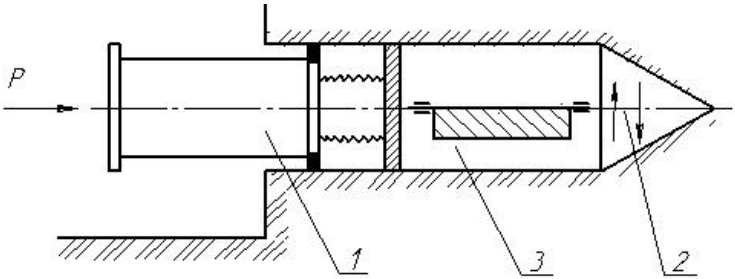


Рис. 1. Схема вибрационного прокола с колебаниями перпендикулярно оси образуемой скважины: 1 – прокладываемая труба; 2 – конусный рабочий наконечник; 3 –вибратор круговых колебаний

Исследование процесса вибропрокола с колебаниями конусного рабочего наконечника перпендикулярно оси образуемой скважины следует проводить в системе «наконечник-грунт» и, прежде всего, начинать с построения расчётной модели грунта. Несмотря на то, что в зависимости от характера рассматриваемых задач используются различные модели грунта, все они могут быть разбиты на два основных класса [2]: модели сплошной среды и модели дискретной среды. Характер колебаний конусного рабочего наконечника носит волновой характер, что отображается в грунте. Волновой характер движения среды, будь то ограниченная её часть, обычно описывается уравнением механики сплошной среды [3].

Вследствие различного гранулометрического состава, влажности, минералогического состава и плотности один и тот же грунт уплотняется при образовании скважины неодинаково. Очевидно, что учесть все свойства грунта в одной модели невозможно. Необходимо учитывать лишь важнейшие для данного исследования свойства грунта. С точки зрения образования скважины при проколе в грунте наблюдается остаточная (необратимая) деформация, которую ещё принято называть пластиче-

ской. Кроме того в опытах [4] обнаружено плавное уменьшение напряжений в массиве грунта после внедрения конусного рабочего наконечника при статическом проколе, что является следствием пластических, упруго-пластических и упругих деформаций, большого влияния сил внутреннего трения и отставанием деформаций от напряжений как при приложении, так и после снятия внешних нагрузок. Также к настоящему моменту установлено, что внедрение в грунт какого-либо элемента начинается лишь при достижении некоторого критического давления p_0. При меньшем давлении никакого погружения не происходит. С другой стороны, профессор К.Терцаги установил, что при протаскивании стальной ленты через слой грунта сопротивление первому измеримому движению зерён гораздо меньше, чем сопротивление действительному скольжению. При протаскивании через грунт ленты сила сопротивления пропорциональна скорости протаскивания. Всё это свидетельствует о наличии определённых вязкостных свойств грунтов. Таким образом, при проколе горизонтальных скважин грунт проявляет упругие, вязкостные и пластические свойства.

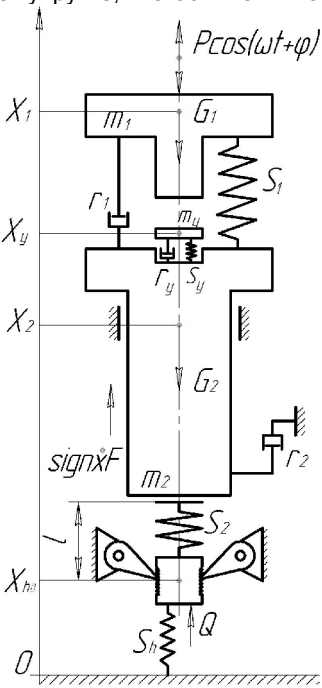


Рис. 2. Модель грунта при вибропогружении свай и оболочек

Рассмотрим модели, учитывающие упруго-вязко-пластические свойства. Одна из сложных моделей, представленная на рис. 2., используемых при исследованиях процессов виброударного и вибрационного погружения свай и оболочек предложена Ю.И. Неймарком, а затем несколь-

ко видоизменена и дополнена И.К. Пчелиным и А.М. Ашавским [5]. Модель учитывает упруго-вязко-пластические свойства при помощи кулонова терния $F\,\mathrm{sign}\,\dot{x}$, вязкого трения $r_2\dot{x}_2$, а также лобового сопротивления Q, выражающегося кусочно-линейным графиком упруго-пластической деформации. Осадка грунта в пределах величины $l = \frac{Q}{S_2}$ является линейно-упругой, при $x_2 < 0$ остаточной.

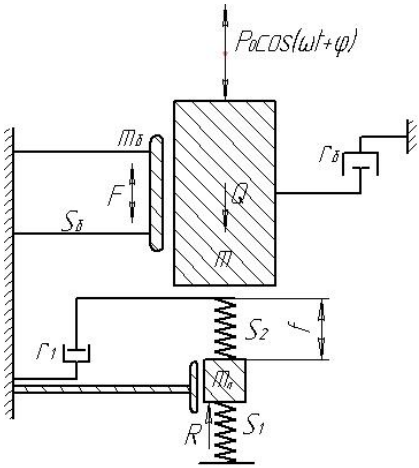


Рис. 3. Схема взаимодействия сваи и грунта

Лобовое сопротивление $Q(x_2, \dot{x}_2)$ в пределах одного цикла деформации выражается в следующем виде:

$$Q(x_2, \dot{x}_2) \begin{cases} 0 \text{ при } x_{ho} + l \; x_2, \\ S_2\left(x_{h0} + l - x_2\right) \text{ при } x_{ho} < x_2 < x_{ho} + l, \\ Q_o + S_h\left(x_{ho} - x_2\right) \text{ при } x_2 \;\; x_{ho} \text{ и } x_2 \;\; 0, \\ Q_o + S_h\left(x_{ho} - x_2\right) - S_2\left(x_2 - x_{ho}\right) \text{ при } x_2 < x_{ho} + l \text{ и } x_2 \;\; 0 \end{cases} \qquad (1)$$

Данная модель хорошо соответствует упругим свойствам грунта: при нагружении упругость задаётся коэффициентом упругости S_h+S_2, при разгружении только S_2. Однако при всей её близости к реальности модель не может охватить всех многообразных свойств грунтов и требует корректировки в зависимости от конкретных грунтовых условий и технологического назначения машины. Так при уплотнении песчаных грунтов незначительной влажности вязким сопротивлением можно пренебречь,

что значительно упростит все расчёты. Если боковая поверхность контакта рабочего органа с грунтом имеет незначительную площадь, то можно пренебречь кулоновым трением при взаимодействии со связным грунтом.

Для исследования процесса вибропрокола определённый интерес представляет модель грунта, предложенная А.С. Головачёвым [5], представленная на рис. 3.

По боковой поверхности сваи действует вязкое трение $r_б$ и кулоново трение, представленное в виде прижатой к свае колодки массой $m_б$, поддерживаемой упругими консольными балками с жёсткостью $S_б$. Модель предусматривает как совместное движение колодок со сваей, так и проскальзывание относительно сваи. Величина жесткости $S_б$ и кулонова трения меняются в зависимости от грунтовых условий и глубины погружения сваи. Модель учитывает упругие и инерционные свойства бокового сопротивления грунта. Схема лобового сопротивления учитывает упруго-пластические свойства деформации грунта с упрочнением. Пружина S_1 моделирует лобовое сопротивление. Нарастание упругого сопротивления с глубиной моделируется пружиной S_2. Учитывается также масса уплотнённого грунтового ядра, остаточная осадка которого происходит при преодолении силы R - трения об условную грунтовую стенку. Гистерезисные потери ввиду несовершенства упругости грунта учитываются демпфером с коэффициентом вязкого сопротивления r_1, который учитывает также потери энергии от скорости деформации грунта. Недостатками описанной модели является то, что величина присоединённой боковой массы и массы уплотнённого грунтового ядра имеют фиксированное значение. Фактически же они изменяются при увеличении глубины погружения и при увеличении плотности грунта, если рассматривать уплотняющую машину. Эти присоединённые массы дают нелинейность уравнениям движения машины и значительно усложняют решение. При горизонтальной проходке указанные недостатки исключаются, а при изменении направления воздействия возмущающей силы $P_o \cos(\omega t + \varphi)$ приведенная модель достаточно точно определяет процесс взаимодействия рабочего наконечника с грунтом при вибропроколе.

Модель грунта, предложенная Двораком и Петером, представленная на рис. 4 и описанная в [5], также учитывает упруго-вязко-пластические свойства грунта. Вязкие свойства моделируются демпфером. Авторы считают, что демпфированием можно пренебречь ввиду малых скоростей деформаций, что вызывает сомнение, так как при уплотнении песчаных грунтов большой влажности в основном действует вязкое трение. Упругие свойства грунта смоделированы пружинами C_1 и C_2, причем $C_1 > C_2$. В модель введён гаситель трения R, который работает, только при действии силы, превышающей какое-то критическое значение. Когда сила K, действующая на модель, меньше его критического значения K_p, деформация происходит в упругой области.

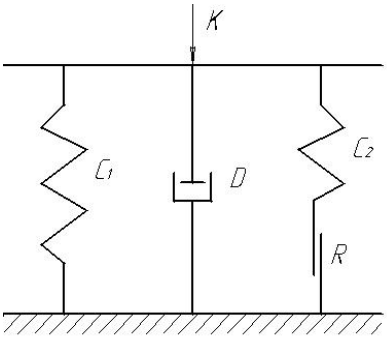


Рис. 4. Модель грунта, предложенная Двораком и Петером

При силе $K > K_p$ происходит смещение плоскостей элемента R на величину:

$$\bar{\zeta} = \frac{K - K_p}{C_1} \qquad (2)$$

Критическая сила для всей модели равна:

$$K_p = \frac{C_1 + C_2}{C_2} R \qquad (3)$$

В процессе разгрузки амортизатор трения в работе модели не участвует, разгружаются лишь пружины, имитируя тем самым упругую часть деформации грунта. Гаситель трения, таким образом, моделирует пластические свойства грунта. Пружина C_2 вытягивается пружиной C_1, так как $C_1 > C_2$ на величину $\bar{\zeta}_m$ и поэтому действует постоянная сила трения R. Остаточная деформация, соответствующая сжатию пружины C_1, после разгрузки может быть найдена:

$$z = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \bar{\zeta} \qquad (4)$$

Модель Дворака и Петера достаточно реально отображает характер процессов, протекающих в грунте при его уплотнении. Однако расчёты машин при пользовании описанной моделью грунта достаточно сложны. Если учесть демпфирование, приведённые выше зависимости значительно усложняются. Пренебречь же демпфированием при уплотнении связных грунтов нельзя, так как не будут учтены гистерезисные потери из-за несовершенства упругих свойств грунта и вязкие свойства грунта.

Наиболее близко процесс взаимодействия рабочего наконечника с грунтом при вибропроколе с колебаниями перпендикулярно оси образуе-

мой скважины отображает модель Головачёва А.С., со следующими изменениями. Во-первых, величина присоединённой боковой массы и массы уплотнённого грунтового ядра при горизонтальной проходке практически на всей длине имеют фиксированное значение. Во-вторых, массой уплотнённого грунтового ядра можно пренебречь, так как она не оказывает большого сопротивления в направлении проходки. В-третьих, величина силы Q при вибропроколе горизонтальных грунтовых скважин будет определяться напорным усилием P.

Литература

1. Ромакин Н.Е. Направления в развитии конструкций оборудования для бестраншейной прокладки трубопроводов способом вибропрокола / Н.Е.Ромакин, Н.В.Краснолудский, Н.В.Малкова // Совершенствование конструкций и методов расчёта строительных и дорожных машин и технологий производства работ. Межвуз.науч.сб. - Саратов: СГТУ, 2006. – С.69-72.
2. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов / М.Н.Гольдштейн. – М.: Стройиздат, 1971. – 366 с.
3. Калюжнюк М.М. Сваебойные работы при реконструкции / М.М.Калюжнюк, В.К.Рудь.-Л.: Стройиздат, 1989. – 160 с.
4. Полтавцев И.С. Специальные землеройные машины и механизмы для городского строительства / И.С.Полтавцев, В.Б.Орлов, И.Ф.Ляхович. - Киев.: Будівельник, 1977. – 136 с.
5. Диссертация Кобзева А.П. Исследование по определению оптимальных параметров кулачковых вибрационных катков: дис.: канд.техн.наук / А.П.Кобзев; Сарат.полит.ин-т. - Саратов, 1970. – 220 с.

Связь с автором: zevlam@yandex.ru

А.Э. Фахрутдинов, И.Л. Кузнецов

ЛЕГКИЕ АРОЧНЫЕ ЗДАНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПРОЛЕТА И ОЧЕРТАНИЯ

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
г. Казань, Россия

Современный подход к строительству зданий подсобно-вспомогательного назначения (гаражи, склады, укрытия и т.д.) заключается в реализации множества объемно-планировочных решений различными конструктивными решениями, что приводит к удорожанию изготовления и монтажа конструкций в целом. В настоящей статье рассматривается иной подход к строительству таких зданий по принципу «открытой» типизации, использующий при их реализации минимальное количество

конструктивных элементов [1]. Предлагается новое конструктивное решение арочного здания, несущие конструкции которого собираются из одного типа унифицированного элемента. При этом конструкция узла унифицированных элементов обеспечивает соединение их между собой под произвольным углом, что, в свою очередь, изменяя число унифицированных элементов, позволяет возводить здания произвольного пролета и очертания.

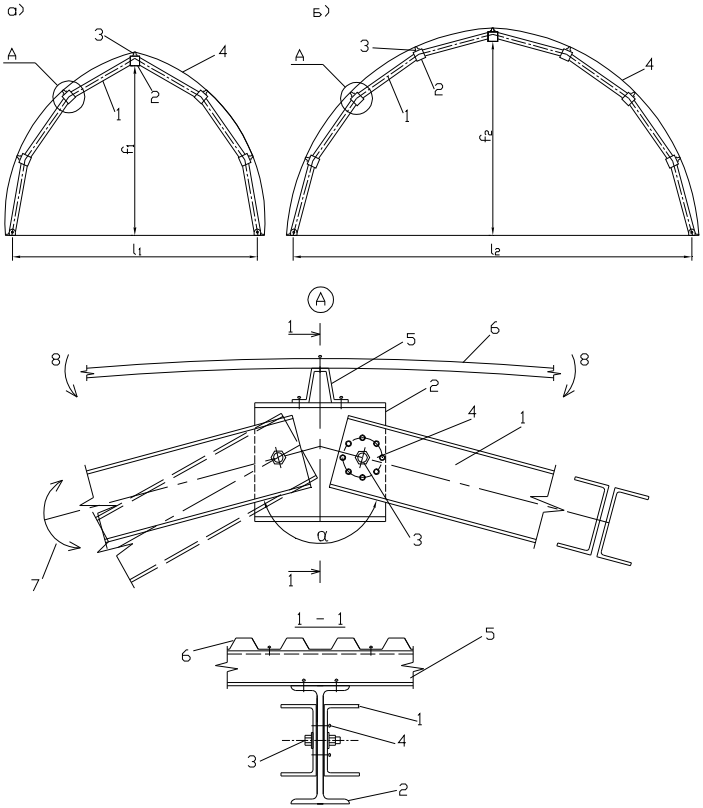


Рис.1. Общее конструктивное решение и узлы арочных зданий из унифицированных элементов: а) арка из шести элементов пролетом l_1 и стрелой подъема f_1; б) арка из восьми элементов пролетом l2 и стрелой подъема f_2; 1 – унифицированный элемент из парных швеллеров; 2 – узловая фасонка; 3 – центральный болт; 4 – самосверлящийся болт; 5 – прогон; 6 – профилированный настил; 7 – направление поворота элемента при установке рационального очертания оси арки; 8 – направление принудительного изгиба ограждения из профилированного настила

В предлагаемом решении унифицированные элементы, выполненные из тонкостенных холодногнутых профилей открытого сечения, соединяются между собой при помощи узловых фасонок. На фасонки, в свою очередь, устанавливаются прогоны, по которым путем загиба укладывается профилированный настил либо поликарбонат (рис.1). При этом окончательное соединение выполняется на самосверлящихся болтах. При монтаже данной конструкции в горизонтальном положении собирается шарнирная цепь из унифицированных элементов, соединенных между собой узловыми фасонками на центральных болтах, при этом количество унифицированных элементов назначается исходя из требуемого пролета арки и пределов изменения стрелы ее подъема. Далее данной цепи придается необходимое очертание, в том числе может быть реализовано и оптимальное [2], и производится жесткое закрепление унифицированных элементов к узловым фасонкам путем установки самосверлящихся болтов. Затем собранная арка устанавливается в вертикальное положение и соединяется с соседними арками связями и прогонами. По установленным прогонам путем принудительного изгиба укладывается профилированный настил или поликарбонат.

При необходимости изменения технологического процесса, следовательно, пролета и габаритной высоты здания, каркас арки разбирается, в зависимости от новых габаритов изменяется число унифицированных элементов в шарнирной цепи и арка вновь устанавливается. Приращение усилий в арках при этом компенсируется изменением шага их установки.

Кроме указанных преимуществ достигается уменьшение расхода стали на каркас здания путем придания аркам оптимального очертания, включения ограждения в совместную работу с арками и использования неразрезной схемы прогона.

Литература

1. Кузнецов И.Л., Пеньковцев С.А. Несушие стальные конструкции инвентарных зданий из унифицированных элементов. // Строительство и архитектура. Сер.8. Строительные конструкции. Экспресс-информация. – М.:ВНИИНТПИ, 1989. – с.2-5.
2. Кузнецов И.Л. Расчет и конструирование легких арок. - Казань: КГАСА, 1998. – 144с.

Связь с автором: faxrutdinoff@yandex.ru

СЕКЦИЯ 6

«Техника и технология легкой промышленности, лесного и сельского хозяйства, продуктов питания»

И.Г. Васильева

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ НА ОБЪЕКТАХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Чебоксарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации
г. Чебоксары, Россия

В целях развития конкурентоспособного внутреннего рынка российского продовольствия необходимо оптимальное сочетание и стимулирование всех его видов и форм. На это направлено сегодня широкое использование института кооперации. Оно позволяет использовать передовые технологии и технику, обеспечить доступ к инфраструктуре первичной переработки, хранению и транспортировки продукции, товаропроводящим сетям [1].

С этой точки зрения проблема сохранения качества сельхозпродуктов имеет важное народно-хозяйственное значение. Многие производители пищевой продукции сталкиваются с проблемами ее преждевременной порчи или потери свежести в процессе хранения, выраженной в усушке, росте микроорганизмов в продукции, ухудшении вкусовых свойств и т.д. [2].

Поддержание и улучшение качества собранного урожая становится все более актуальной и важной задачей. Потребность рынка в наличии свежих фруктов и овощей отличного качества постоянно возрастает [3].

Особую актуальность имеет использование высококачественного экологически чистого сырья, современных технологий и хранилищ, обеспечивающих максимальную сохранность питательных веществ, органолептические достоинства продукта, а также повышение сроков его хранения.

В связи с этим назрела проблема преждевременной порчи сельскохозяйственной продукции, необходимость в технологической модернизации или разработки инновационной материально – технической базы хранения [4].

Разработанное автором устройство для хранения картофеля (см. рис.) относится к сельскохозяйственному производству и может быть использована крупными компаниями для осенне-зимне-весеннего хранения продовольственного картофеля и обеспечения населения страны картофелем высокого качества [2].

На приведенном рисунке представлено устройство для хранения картофеля в осеннее – зимнее – весеннее время. Корпус хранилища 1 устанавливается в грунте 31, сверху тоже закрывается грунтом. Передняя стенка корпуса хранилища 1 изготавливается из теплоизолированного материала. Такая конструкция корпуса хранилища 1 позволяет сохранить теплоту при низких температурах окружающего воздуха. Дверь 4 и окно 5

должны быть герметизированными. Окно 5 служит для впуска свежего заряда воздуха в корпус хранилища 1.

В корпусе хранилища 1 содержится пульт управления 2 и теплое помещение 3, которое служит для подогрева картофеля перед его отправкой к потребителю. Требуемая температура помещения 3 достигается от термоэлектрического охладителя – нагревателя (ТОН) 10, работающего в режиме «нагрев», и электронагревателя 11.

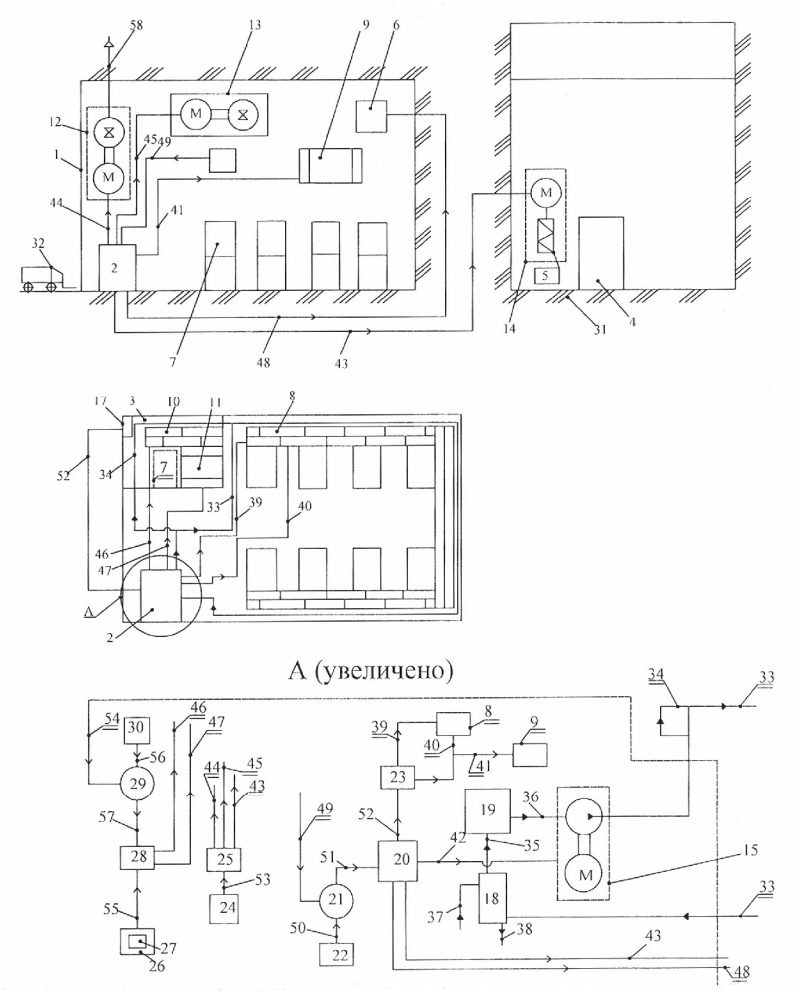


Рис. Устройство для хранения картофеля

В корпус хранилища 1 помещаются контейнеры 7 с картофелем в 2 - 3 яруса и более. Пульт управления 2 представлен в увеличенном виде выносным элементом А. В нем содержится: замкнутый контур системы охлаждения, электронные элементы управления ТОН 8, 10; электронагреватель 9. Замкнутый контур системы охлаждения служит для отвода теплоты от «горячих», «холодных» спаев ТОН 8, 10 и включает в себя: электрический насос 15, расширительный бачок 19, теплообменник 18. В теплообменник 18 поступает холодная вода, где происходит теплообмен холодной воды с замкнутым контуром системы охлаждения, при этом подогретая холодная вода уходит по каналу 38 к потребителю для бытовых целей.

Задатчик относительной влажности предусмотрен в самом увлажнителе воздуха 6 заводской сборки и, в зависимости от требований к влажности, этот параметр может быть изменен в процессе хранения картофеля.

Устройство для хранения картофеля работает следующим образом.

Подготовленный к хранению картофель в контейнерах автопогрузчиком 32 закладывают в хранилище 1, например, в 2 этажа.

Затем начинается лечебный период картофеля. Для этого задатчиком 22 в хранилище 1 устанавливается заданная температура, например, 18 0С. При этом датчик температуры 16 подает сигнал в блок сравнения 21, сюда же подается сигнал от задатчика 22. В блоке сравнения 21 происходит сравнение этих сигналов, сигнал рассогласования поступает в блок управления 20. Из блока управления 20 обработанный сигнал подается в блок сравнения напряжения 23, где происходит реверс полярности напряжения и подача электроэнергии на ТОН 8. ТОН 8 начинает работать как «нагреватель», кроме того, электроэнергия поступает на электронагреватель 9. В результате работы ТОН 8 и электронагревателя 9 происходит нагрев хранилища 1 до заданной температуры. Блок управления 20 подачей электроэнергии запускает электрический насос 15, который начинает циркулировать охлаждающую воду и происходит отвод теплоты от холодных спаев ТОН 8.

Одновременно блок управления 20 подает электроэнергию на увлажнитель воздуха 6, который начинает работать, и в помещении хранилища 1 достигается заданная относительная влажность, например, 90%.

Для оптимального воздухообмена в хранилище 1 таймером 24 устанавливают время проветривания. По истечении этого времени подается сигнал в блок управления 25 таймером, который подачей электроэнергии запускает электровентиляторы 12, 13, и электропривод 14, который открывает окно 5, в результате чего происходит проветривание хранилища 1. При этом отработанный воздух уходит в атмосферу, вентилятор 13 производит внутреннее вентилирование, через окно 5 поступает свежий заряд воздуха.

После завершения лечебного периода наступает период охлаждения. Если клубни здоровые, с минимумом механических повреждений, температуру хранилища 1 следует снижать постепенно на 0,5 ^{0}С в сутки в течение 20-30 дней до температуры основного хранения.

Снижение температуры хранилища происходит следующим образом. Задатчиком 22 задают параметр температуры, при этом в случае необходимости автоматически перестает поступать электроэнергия на электронагреватель 9, который останавливается, а в блоке управления реверсом 23 происходит реверс полярности напряжения и электроэнергия подается в ТОН 8, который начинает работать в режиме «охлаждение». Таким образом, происходит автоматическое регулирование температуры хранилища 1 до заданного значения, например, +2-4 ^{0}С.

Поддержка температурно-влажностного режима хранения в основной период достигается работой ТОН 8; электронагревателя 9; увлажнителя воздуха 6; вентиляторов 12, 13 и герметичного окна 5.

Перед отгрузкой картофеля к потребителю с целью избежания появления черных пятен и повреждений на картофеле температуру следует повысить до 12 0С. Для этого автопогрузчиком 32 контейнер картофеля 7 из хранилища 1 помещается в теплое помещение 3, при этом на пульте управления 26 переключателем 27 подается сигнал на блок управления 28, который включает ТОН 10 и электронагреватель 11, при этом ТОН 10 работает в режиме «нагрев», температура помещения контролируется датчиком температуры 17, задатчиком 30, блоком сравнения 29. При достижении температуры картофеля 12 ^{0}С контейнер с картофелем 7 отправляется к потребителю.

В данном устройстве термоэлектрический охладитель-нагреватель работает как для получения теплоты, так и для получения холода.

Таким образом, повышение эффективности хранения сельхозпродуктов достигается путем внедрения инновационной технологии, а также «Устройства для хранения картофеля» на объектах общественного питания, что позволяет сохранить качество продовольственных продуктов и снабжать население РФ свежим картофелем.

Литература

1. INFOLine, ИА (по материалам Правительства РФ) / 07.12.09, 13:26.- Advis.ru.
2. Положительное решение по заявке № 2010113047/21 (018378). Устройство для хранения картофеля / Васильева И.Г., Тимофеев В.Н. Заявл. 20.05.2010.
3. Резго Г. Я. Внедрение инновационных технологий хранения как путь решения проблемы обеспечения продовольственной безопасности / Г. Я. Резго, М. А. Николаева / / Пищевая промышленность. - 2010. - N 4. - С. 35-37
4. Белозеров Г.А. Современные технологии и оборудование для холодильной обработки и хранения пищевых продуктов / Г. А. Белозеров и др. / / Холодильная техника. - 2009. - N 4. - С. 18-22.

Связь с автором: irinageorgievna2010@yandex.ru

Е.А. Молибога

ПРОГРАММНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Омский государственный аграрный университет,
г. Омск, Россия

Истоки проектирования поликомпонентных пищевых продуктов с требуемым комплексом свойств заложены уже около четверти века назад И.А.Роговым, Н.Н.Липатовым, и в настоящее время это направление не теряет актуальности, причем не только в научном, но и в прикладном аспектах. Многолетнее изучение состояния вопроса, анализ патентной и научно-технической литературы, однозначно приводят к заключению: проектирование рецептур поликомпонентных продуктов (с целью их балансирования по каким-либо нутриентам, энергетической ценности, себестоимости и т.д.) может быть эффективно выполнено только с использованием современного математического аппарата и специализированных информационных компьютерных программ [1,2,3].

Для проектирования и оценки большего количества комбинаций исходных компонентов при разработке рецептур новых поликомпозиций молочных продуктов были сформулированы требований к структуре программы: оперативный доступ к информационной базе данных, иметь возможность изменения, дополнения и удаления данных; программа должна работать в диалоговом режиме; информационная база данных программы должна иметь удобный для пользователя интерфейс; формат данных, вводимых и выводимых на итоговый документ, должен удовлетворять заданной точности вычислений; итоговые документы программы содержат информацию в соответствии с поставленной задачей.

Для оперативного решения задачи проектирования продуктов питания используются справочные данные по общехимическому, элементному, жирнокислотному, аминокислотному и витаминному составам молочного и растительного сырья. На заключительном этапе проектирования выполняется анализ содержания макро- и микроэлементов, витаминного состава, аминокислотного скора и энергетической ценности поликомпонентной композиции и сравнение полученных значений с эталонными данными.

Литература

1. Липатов Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н. Н. Липатов, И. А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9-15.

2. Липатов Н.Н. Принципы и методы проектирования рецептур пищевых продуктов, балансирующих рационы питания / Н.Н.Липатов // Известия ВУЗов. Пищевая технология, 1990. – № 6. - С.24-26.
3. Остроумов Л.А. Новые подходы к проектированию комбинированных молочных продуктов / Л.А. Остроумов, С.Г. Козлов // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов: сб. науч. работ. – Кемерово. 2007. – С. 24-25.

И.В. Шатохин, А.В. Черешнев, Н.А. Малыхин, А.А. Терновых, В.Б. Пименов, Г.И. Хаустова

СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА И ТРЕБУЕМАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки
г. Воронеж, Россия

Требуемая производительность зерноочистительных агрегатов определяется в основном валовым сбором, который в свою очередь зависит от величины посевных площадей и урожайности культур.

При расчёте производительности зерноочистительного агрегата необходимо учитывать кроме валового сбора зерна и такие показатели, как: исходную (начальную) влажность зерна, чистоту зернового вороха, неравномерность поступления зерна, как в течение суток, так и одного часа и продолжительность уборочного периода.

Рис.1. Распределение хозяйств по требуемой производительности зерноочистительных агрегатов

С учетом этого получим:

$$Gч = \frac{Gв * Kw * Kλ * Kс * Kч}{T} \quad (1)$$

где Kw, Kλ, Kс, Kч – коэффициенты, учитывающие соответственно влажность поступающего на обработку вороха и кондиционную влажность, чистоту вороха, неравномерность поступления зерна на обработку в течение суток и часа; T – продолжительность уборочного периода, дней.

Нами проведен анализ данных по валовому сбору зерна в 690 хозяйствах Воронежской области, согласно которых по выражению 1 были выполнены расчеты требуемой производительности агрегатов.

Результаты расчетов представлены на графике.

Откуда видно, что основная масса хозяйств (около 70%) должна иметь производительность зерноуборочных агрегатов до 70 т/ч.

Связь с авторами: domanat@yandex.ru

СЕКЦИЯ 7

«Организация производства, метрология, стандартизация и управление качеством, безопасность и охрана труда, смежные вопросы»

А.В. Безнаев

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОИОНИЗАТОРОВ ВОЗДУХА В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук
г. Москва, Россия

Атмосферный воздух, которым мы дышим, всегда несет на некоторой части своих молекул электрические заряды. Сам процесс зарождения какого-либо заряда на молекуле называется ионизацией, а заряженная молекула – легким ионом или аэроионом. Естественным источником ионизированного кислорода являются растения и деревья (в основном хвойные породы). Заряженные частицы поступают в воздух разными путями, например, во время грозы, за счет теплового излучения, трения масс воздуха, быстро перемещающегося над поверхностью земли, космических лучей, трения капель воды (водопада).

Покинувший молекулу электрон прикрепляется к ближайшей молекуле, которая превращается в отрицательный ион, а молекула, потерявшая электрон, в положительный. Далее небольшое количество молекул водорода и кислорода группируется вокруг этих ионов, образуя так называемые “легкие” ионы воздуха. В нормальном незагрязненном воздухе над поверхностью земли содержится от 1500 до 4000 ионов/см^3. Поэтому в нормативном документе №2152-80 «Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений», утвержденном от 12 февраля 1980 года под оптимальной величиной ионизации воздушной среды производственных и общественных помещений были обозначены указанные параметры.

Новый СанПин 2003 года №64 «Гигиенические требования к аэроионному воздуху производственных и общественных помещений», утвержденный Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22 апреля 2003 года в целом оставил прежние величины оптимальной ионизации воздушной среды в тех же пределах. Однако, одним из существенных нововведений нового СанПина является то, что в зонах дыхания персонала на рабочих местах, где имеются источники электростатических полей (видеодисплейные терминалы или другая оргтехника), допускается отсутствие аэроионов положительной полярности.

Рассматривая вопросы влияния излучения дисплеев на здоровье человека очевидно, что для многих людей работа на компьютере и просмотр телевизора уже стало привычным делом и доходит иногда до 10-12 часов в сутки. Это является деионизирующим фактором для окружающей среды. Ведь вблизи, например, компьютера, где находится пользователь, воздух полностью деионизирован. Деионизацию в данном случае можно объяснить притяжением отрицательных ионов к экрану дисплея, находя-

щегося под положительным потенциалом и отталкивающего положительные ионы.

Ионизирование воздуха помещений приобрело особую важность после того, как было установлено, что сам человек является источником огромного количества тяжелых ионов (до 500 тысяч ионов/1см^3 выдыхаемого воздуха). Следовательно, в помещении, где присутствуют люди, число ионов кислорода стремится к нулю. А так как человек проводит 90% жизни в помещениях, то он в течение этого периода испытывает систематическое аэроионное голодание. Это обстоятельство приводит к отравлению продуктами неполного окисления, к дистрофии и атрофии человеческих органов и тканей, способствует преждевременному одряхлению и предрасполагает к различным заболеваниям.

Для достижения в помещениях оптимальной концентрации отрицательно заряженных аэроионов, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности человека, в настоящее время используют приборы, необходимые для управления физическими характеристиками воздуха (ионизаторы). Ионизаторы воздуха – специальные климатические приборы, генерирующие положительные и отрицательные аэроионы и позволяющие достичь необходимого баланса ионизации в помещении.

В настоящее время используются следующие физические принципы ионизации воздуха:

- на основе коронного разряда;
- на основе термоэлектронных процессов;
- на основе радиоактивных изотопов;
- на основе облучения ультрафиолетовыми лучами;
- на основе гидроионизации.

Для бытового и производственного применения нас интересуют исключительно ионизаторы воздуха на основе коронного разряда. Ионизаторы, основанные на других принципах, не используются, т.к. при их работе возникают различные вредные побочные эффекты (например, ультрафиолетовые генераторы ионов) или имеются трудности, связанные с конструктивными особенностями (изотопные ионизаторы).

Ионизаторы на основе коронного разряда классифицируются по различным признакам:

- по типам электрических схем;
- по уровням напряжения на электродах;
- по формам и конструкциям электродов (эмиттеров).

Рассмотрим более подробно классификацию ионизаторов на основе коронного разряда по типам электрических схем.

1. Ионизаторы воздуха постоянного тока непрерывного действия используют разделительные эмиттеры для выработки разнополярных ионов. Они обеспечивают высокую концентрацию ионов в воздухе, поскольку каждый из эмиттеров непрерывно испускает отрицательные (положительные) ионы. Однако их не рекомендуется устанавливать слишком близко к объекту, т.к. в этом случае может нарушаться сбалансированность ионного потока. Ионизаторы данного типа требуют точной баланси-

ровки и поэтому в своем большинстве являются дорогостоящими приборами.

2. Ионизаторы воздуха постоянного тока импульсного действия представляют собой линейку игольчатых эмиттеров разной полярности, присоединенных к раздельным генераторам положительных и отрицательных импульсов высокого напряжения, работающих поочередно. К достоинствам можно отнести то, что у таких ионизаторов есть возможность регулирования количественного соотношения вырабатываемых положительных и отрицательных ионов за счет изменения их цикла генерации. Импульсные ионизаторы вырабатывают разнополярные ионы с достаточно низкой частотой, что позволяет нейтрализовать заряд на значительном расстоянии без использования принудительного потока воздуха.

3. Ионизаторы воздуха переменного тока являются наиболее распространенными. Они имеют один или несколько игольчатых электродов-эмиттеров, которые поочередно генерируют положительные и отрицательные ионы с частотой электропитающей сети 50 Гц так, что вокруг них создается концентрированное «ионное облако». Объект, несущий статический заряд, находясь вблизи «ионного облака», привлекает ионы противоположной полярности, в результате чего происходит нейтрализация заряда на объекте. Как правило, ионизаторы переменного тока оснащены встроенным вентилятором, позволяющим направлять «ионное облако» на объекты рабочей зоны и регулировать интенсивность обдува. Преимущества данного типа ионизаторов состоят в сбалансированной генерации ионов и возможности размещения ионизатора в непосредственной близости от объектов, требующих нейтрализации заряда. Кроме этого, ионизаторы переменного тока являются самыми недорогими.

Для того чтобы определить оптимальные характеристики приборов, используемых для управления физическими характеристиками воздуха, были испытаны ионизаторы с различным уровнем напряжения на электродах. Опыты проводились на экспериментальной группе работников в помещениях ОАО «Калужский турбинный завод» сотрудниками Института экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н.Сысина.

Всего было исследовано 10 различных моделей аэроионизаторов коронного типа: «Элион-132Ш» (АО «Диод», г. Москва), «Эффлювион» (НПЦ «Альфа-Ритм» г. Саранск), «Флора», «Огонек», «АН-1» (СКТБР, г. Калуга), «Гион-1000» (ЦНИ КГТУ, г. Казань), «Овион-С» (г. Санкт-Петербург), «АФ-3М-Надежда» (Экспериментальный завод средств автоматизации, г. Москва), «Снежинка» (ООО «Воплощение», г. Подольск), «Супер-Плюс» (ООО «Чистый воздух», г. Орел).

Напряжение на электроде у ионизаторов было отрицательное и составляло от 6 до 35 кВ. При этом аппарат «Элион-132Ш» работал в импульсном режиме с регулярной частотой 0,75 и 0,15 Гц. В остальных моделях использовалось постоянное напряжение.

В основу гигиенической оценки ионизаторов легли общие требования к аппаратам такого типа (МУ 4.3.1517-03 «Санитарно-

эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионизирующего оборудования»), в соответствии с которыми для электрических ионизаторов проводится оценка концентраций аэроионов, озона, оксидов азота, уровней звука, вибрации и электромагнитных излучений.

Измерение уровней легких ионов проводилось счетчиками ионов «МАС-01» и «Сапфир-3к», озона – хемилюминесцентным газоанализатором озона «3.02-ПР», оксидов азота – путем отбора проб и анализа в лаборатории по утвержденной методике (РД 52.04.186-89, п.5.2.1.8), измерение уровней электромагнитных полей – B&E-метром (НПО «Защита»), шума и вибрации – «ВШВ-003М».

При работе аппаратов с напряжением на рабочем электроде более 15 кВ («Эффлювион», «Снежинка», «Элион-132-Ш», «АФ-3М-Надежда») на расстоянии 2 – 2,5 метра концентрация легких отрицательных ионов превышала предельно допустимую (ПДК) в 2 – 4 раза; наблюдалось значительное накопление зарядов на окружающих предметах и поверхностях, что сопровождалось частыми спонтанными явлениями пробоя; соответствие санитарным нормам достигалось только на расстоянии 3 метров и более. При работе «Элион-132Ш» импульсные скачки напряжения на расстоянии 1 – 1,5 м вызывали неприятные субъективные ощущения на наружных кожных покровах экспериментатора. Для ионизаторов с рабочим напряжением менее 15 кВ концентрация ионов в пределах гигиенических норм поддерживалась на расстоянии 2 – 3 м. Аппараты с напряжением на излучателе менее 15 кВ практически не генерировали озон и оксиды азота. Ионизаторы с напряжением более 15 кВ выделяли микроконцентрации этих газов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Производительность ионизаторов на расстоянии 1 метр

№ п/п	Ионизирующая установка	Напряжение на излучателе,кВ	Концентрация		
			аэроионы, ион/см^3	озон, мг/м^3	Диоксид азота, мг/м^3
1	АН-1	6	18 500	0	0,008
2	Флора	6	80 950	0	0,013
3	Огонек	6	110 600	0	0,014
4	Супер-Плюс	10	6 400	0,03	0,035
5	Гион-1000	10	290 000	0	0,012
6	Овион-С	15	303 500	0	0,016
7	АФ-3М-Надежда	25	170 000	0,007	0,033
8	Эффлювион	25	430 400	0	0,028
9	Снежинка	30	178 400	0,005	0,021
10	Элион-132Ш	30	817 100	0,012	0,051*

*- превышение ПДК сс (средне суточная)

Ни один из ионизаторов не являлся источником вибрации. Уровни шума, напряженности переменных электрических, электростатических и магнитных полей для всех приборов соответствовали гигиеническим нормам.

В целом проведенные опыты показали, что эксплуатация всех исследованных аппаратов безопасна при условии соблюдения правил, указанных в паспортах заводов-изготовителей. В то же время ионизаторы с напряжением на электроде более 15 кВ следует размещать на расстоянии не менее 3 м от человека и электронно-бытовой техники, что не всегда возможно при использовании в условиях обычных помещений. Их целесообразнее использовать в клинической практике для терапевтического воздействия.

Поэтому для современных общественных и жилых зданий могут использоваться аэроионизаторы с рабочим напряжением до 15 кВ, которые можно устанавливать локально, рядом с рабочими местами или жилой зоной и не имеющие побочных эффектов. На основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что наиболее оптимальными являются ионизаторы с напряжением на измерителе, равным 6 кВ, концентрациями вырабатываемых аэроинов от 18500 до 80950 ионов/см^3, выделяемого диоксида азота – 0,008-0,013 мг/м^3, работающие наиболее стабильно и безопасно.

В заключение необходимо отметить, что научно обоснованные рекомендации по искусственной ионизации воздуха с применением аэроионизаторов, я считаю, не могут носить универсального характера, а должны быть всегда конкретными и комплексными, направленные на индивидуальные параметры окружающей среды и индивидуальные особенности человека.

Литература

1. Мещеряков А.Ю., Федотов Ю. А. Проблемы оценивания аэроионного состояния среды обитания. //Приборы и системы управления. 1998 № 11. С. 75-79.
2. Чижевский А.Л., Аэроинизация в медицине. Труды ЦНИЛИ "Проблемы ионификации". Т. 3. Воронеж, 1934, С. 118 - 326.
3. Агафонов И. П., Девятых Г.Г. Масс-спектрометрический анализ газов и паров особой чистоты, М.1980.- С. 458.
4. Соколов А.П. Ионизация воздуха как биологический и терапевтический фактор. Курортное дело. № 1, 2. М., 1925.- С. 346.
5. Мещеряков А.Ю. Метрологические аспекты исследования физических характеристик воздуха на объектах со средой обитания. //Медицинская техника. 1999. №1. С.43-46.
6. Чижевский А.Л . С.75-79 Ионизация воздуха как физиологически активный фактор атмосферного электричества. Доклад. Калуга, 1919.С. 256.
7. Ф. Х. Туктагулов, Методика измерения легких аэроионов воздуха, КГТУ им. Туполева - 1986.- С.40.

8. Карпухин В.А, Лепихов П.В.Дифферинцальный метод и аппаратура для измерения концентрации аэроионов //Биомедицинская радиоэлектроника.- 2002.-№10-11. С. 38-46.
9. Недобора О.А. Биотехническая система аэроионотерапии с каналом контроля концентрации аэроионов: Автореф. дис. канд. тех.наук :05.11 17 Моск.гос. техн.ун-т им. Н.Э. Баумана.—М.,2001. С 16.

Связь с автором: liteandron@mail.ru

О В. Коляганова, В.Е. Дербишер

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Россия

Оценка качества продукции с использованием для обработки набора измерений математических методов почти всегда требует модернизации и адаптации их к конкретным условиям. Преимущество комплексной (интегральной) оценки при выборе конкурентоспособного варианта заключается в наличии ограниченного набора выборочных показателей. В данной работе рассмотрена возможность применения в качестве критерия при выборе продукции комплексного показателя, формируемого как указано ниже.

Имеется n единичных показателей свойств оцениваемой продукции (Q_i) и заданного эталона (Q_{0i}). В начало декартовой системы координат помещаем начала векторов a_i, соответствующих показателям (i= 1, 2,…,n), при этом длина каждого вектора равна величине единичного показателя, а векторы располагаем в порядке возрастания значимости показателей, концы векторов соединяем отрезками. В результате получается n-угольник. В качестве интегрального показателя считаем площадь сектора U (см. рис. 1), образованного вектором (r_M), направленным из начала координат к точке центра тяжести M (x_G,y_G) многоугольника G, и углом (φ_M), образованным данным вектором при вращении в направлении увеличения значимости единичных показателей.

Для примера оценим качество полимерного материала «Технамид» [1], используя методику расчета площади сектора U [2].

Значения Q_{ij} и Q_{0i}, приведены в табл. 1; в последнем столбце даны комплексные оценки. В соответствии с результатами термопласты можно расположить в ряд: 4, 1, 3, 2 и на основе этого выбрать рациональный вариант.

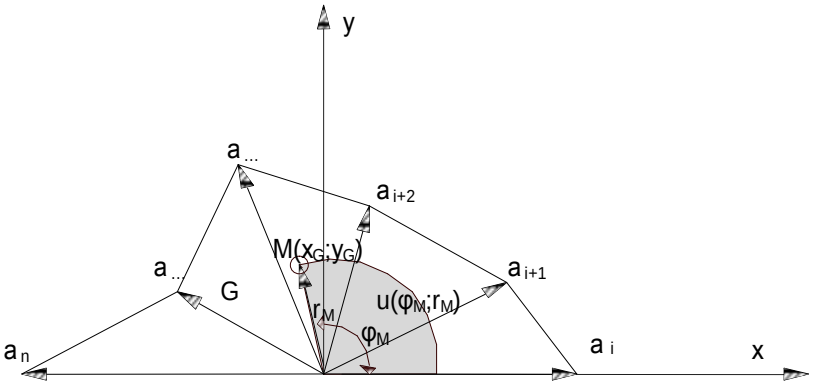


Рис. 1. Модель комплексного показателя качеств

Таблица 1

Свойства конструкционных термопластов «Технамид»

№ образца (j) №	Марка материала «Технамид»	Физико-механические свойства					Комплексный критерий качества
		Относительное удлинение при разрыве, %	Изгибающее напряжение, МПа	Температура плавления, °С	Ударная вязкость, кДж/м^2	Температура изгиба под нагрузкой 0,45 МПа, °С	
		№ параметра (i)					
		1	2	3	4	5	
0	Эталон	4,7	245,0	265,0	70,0	260,0	1,00
1	Технамид А СВ 25-ЭТК	3,5	205,0	260,0	65,0	254,0	0,78
2	Технамид А СВ 30-ЛО	3,5	240,0	255,0	55,0	250,0	0,11
3	Технамид А СВ 30-ЛТО-901	4,5	260,0	260,0	60,0	250,0	0,14
4	Технамид А СВ 30-ТАФ	3,0	265,0	260,0	69,0	250,0	0,85

Литература

1. Инженерные пластики [электронный ресурс]. – [2010]. – Режим доступа: http://www.polyplastic.ru.

2. Гермашев, И. В. Обработка нечетких множеств для оценки активности публикаций научного работника / И. В. Гермашев, А. Ю. Силина, В. Д. Васильева, В. Е. Дербишер//Информационные технологии. – 2008. - № 12. – С. 12-14

Связь с автором: ollik86@mail.ru

И.С. Лаубе, И.Я. Платайс

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТАНДАРТОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЛАТВИЙСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Рижский технический университет
г. Рига, Латвия

В Латвии используются импортированные (природный газ, сжиженный нефтяной газ, нефтепродукты, каменный уголь) и местные (древесина и торф) энергоресурсы для обеспечения отраслей народного хозяйства, коммерческих потребителей и жителей топливом, электроэнергией и теплоэнергией. Часть электроэнергии производится Латвийскими ГЭС и ТЭЦ, часть – импортируется. При производстве тепловой энергии в основном используется импортируемое топливо – природный газ и мазут.

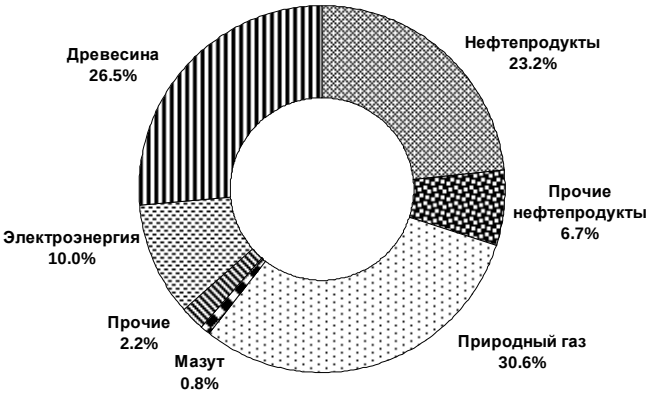


Рис. 1. Баланс первичных энергоресурсов в Латвии в 2009 году

А/о "Латвияс Газе" является единственным в Латвии оператором по транспортировке (передаче), хранению, распределению и реализации природного газа. Предприятие обеспечивает поставку природного газа 442 000 клиентов в нашей стране, а в отопительный сезон – из Инчукалн-

ского подземного хранилища газа также клиентам Эстонии, северо-западной части России и Литвы.

В последние годы Латвия стремительно газифицируется, в планах газификация нескольких городов. Как для предприятия, так и для Латвии в целом важно развивать газовую инфраструктуру, обеспечивающую населению качественную и удобную систему отопления.

Быстрый рост экономики в Латвии, который наблюдался в период с 2005 по 2007 гг., привел также к росту запроса на энергию. Одновременно с быстрым экономическим ростом изменились направления использования недвижимости. На сельскохозяйственных землях планируется постройка индивидуальных и многоквартирных жилых домов, с появлением иностранных инвесторов началось строительство промышленных объектов и деловых центров. Увеличился спрос на природный газ в ранее мало обжитых территориях, и изменилось распределение по группам потребления природного газа, ввиду этого особенно необходимо плановое строительство газопроводов, чего можно достичь путем разработки планировки перспективного газоснабжения – схем газификации. К сожалению, спад экономического развития, который начался во второй половине 2008 г. и продолжался в 2009 г., заставил откорректировать ранее сделанные прогнозы и усложнил прогноз запроса на энергию в перспективе.

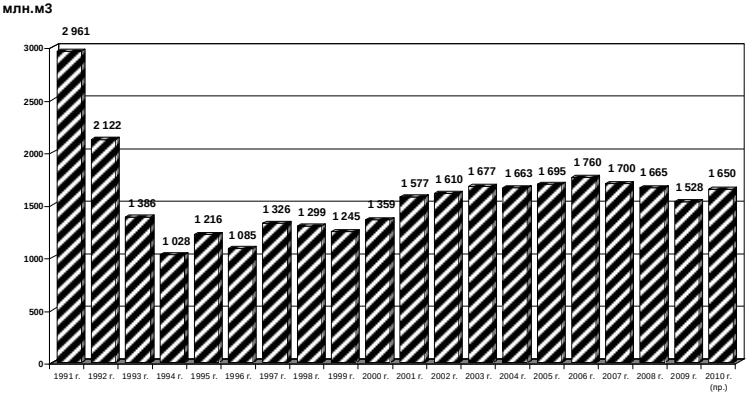


Рис. 2. Потребление природного газа в Латвии в 1991 – 2010 годах

В 2009 г. потребление Латвийской Республики составило 1,53 миллиарда кубометров природного газа. Более 79% природного газа в Латвии расходуют промышленные потребители – заводы, предприятия централизованного теплоснабжения и производители электроэнергии на теплоэлектроцентралях (см. рис. 3). Домашние хозяйства потребляют 9% от годового объема природного газа:

- 39,4 тысячи домашних хозяйств – для отопление и подогрева воды,
- 391,5 тысячи домашних хозяйств – для приготовления пищи (на газовых плитах).

Рис. 3. Реализация природного газа по отраслям в Латвии в 2009 году

Цель разработки схем перспективного газоснабжения – обеспечение оптимального газоснабжения потребителей природного газа в городах и населенных пунктах, по максимуму используя существующее распределение в системах газопроводов при подключении новых потребителей природного газа, и проводя новые распределительные газопроводы с технически и экономически обоснованными строительными расходами. Главным условием при разработке схем перспективного газоснабжения территорий является применение корректных данных по годовому и часовому потреблению природного газа перспективными потребителями газа.

Оптимальные диаметры распределительных газопроводов, при подключении новых потребителей природного газа, определяются гидравлическими расчетами газопроводов.

Для определения окупаемости инвестиций за нормативный период времени выполняется технико-экономическое обоснование. В экономических расчетах учитываются необходимые капиталовложения на прокладку новых распределительных газопроводов, планируемый годовой объем природного газа за этот период времени, дополнительное софинансирование или привлеченные средства.

Нормативные расходы природного газа для населения и промышленных потребителей, а также условия разработки схем газоснабжения регламентируются в Латвийском Государственном стандарте LVS 417/AI:2002 "Газоснабжение. Наружные газопроводы и регулирующие устройства. Проектирование", разработанном на основе нормативов Российской Федерации Строительные нормы и правила РФ СНиП 42-01-2002 "Газораспределительные системы", "Свод правил по проектированию и строительству СП 42-101-2003 "Общие положения по проектированию и

строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб".

В прогнозе конечного потребления энергии необходимо учитывать влияние мероприятий по экономии и повышению эффективности энергии, которые планируется провести согласно с "Первым планом действий по повышению энергоэффективности в Латвийской Республике на 2008 – 2016 годы".

Производители отопительных устройств и компании энергоснабжения, в сотрудничестве с "E.ON Ruhrgas", инвестируют средства в разработку и тестирование новых технологий. Инновационные технологии и изделия производителей отопительных устройств тестируются и проверяются в рабочей обстановке в лабораториях концерна "E.ON Ruhrgas". В сотрудничестве производителей газоаппаратуры с компаниями энергоснабжения ведется поиск новых технологических решений и проверяются варианты этих решений, для повышения коэффициента полезного действия устройств.

С ростом применения инновационных технологий в использовании природного газа, а также с повышением коэффициентов полезного действия устройств, существует тенденция снижения годовых объемов природный газ. В связи с этим необходима коррекция нормативного объема годового потребления природного газа, внося изменения в Латвийский Государственный стандарт LVS 417/AI:2002.

Чтобы оценить и сравнить установленный в Латвийском государственном стандарте LVS 417/AI:2002 "Газоснабжение. Наружные газопроводы и регулирующие устройства. Проектирование." расход природного газа на приготовление пищи и горячей воды на одного человека в год с фактическими затратами на природный газ в домашних хозяйствах, в течение трех лет велись исследования и фиксировались фактические затраты на природный газ в 612 квартирах многоквартирных жилых домов, в каждой конкретной потребительской группе домохозяйств.

На первом этапе считывались показания счетчиков в 73 квартирах в многоквартирных жилых домах в г. Сигулда на улицах Леона Паегле № 7а, 11 и Кайас № 6. По месячным показаниям счетчиков природного газа в квартирах рассчитывался расход природного газа на одного человека в год, кроме этого фиксировалось фактическое число проживающих в каждой квартире.

Используя информационную систему "Латвияс Газе" о расчетах, в которой собраны статистические данные об использовании природного газа за месяц и за год, на втором этапе исследования была получена информация о фактических годовых затратах природного газа в многоквартирных жилых домах № 216, 218, 220, 224, 226, 228, 230 на ул. Бикерниеку в г. Рига, в многоквартирных жилых домах № 40, 42, 44, 46, 48, 50 на ул. Нометню и № 31 на ул. Гриезес в г. Саласпилс (всего 539 квартир), а также на ул. Алеяс.

Основываясь на полученные данные был рассчитан средний расход природного газа в год на одного человека и на одну квартиру, было про-

ведено сравнение с установленным в Латвийском государственном стандарте LVS 417/AI:2002 расходом природного газа на приготовление пищи и горячей воды для домашних хозяйств.

В исследовании использовались данные из следующих информационных систем "Латвияс Газе":

- "LOGS" – база данных о существующих и потенциальных клиентах,
- "PUNS" – база данных об установленном оборудовании и расчетах,
- "GIS" – система географической информации о размещении и технических данных о существующих магистральных и распределительных газопроводах.

Для разработки схем перспективного газоснабжения были проведены гидравлические расчеты распределительных газопроводов, определяя оптимальные диаметры газопроводов. Были рассмотрены технико-экономические преимущества и недостатки каждого из вариантов.

Гидравлические расчеты газопроводов проведены с помощью лицензированной компьютерной программы "OptiPlan", в которую были введены следующие данные:

- максимальный расход природного газа в час,
- протяженность участка газопровода,
- шероховатость трубы,
- скорость газового потока,
- потери давления газа,
- температура газа,
- плотность природного газа,
- давление газового потока на выходе из газорегуляторного пункта (ГРП), минимальное давление газа в дальнейшем пункте газораспределительной системы.

В разделе расчетов проведены гидравлические расчеты систем газоснабжения и предоставлено сравнение расчетных результатов, также рекомендован оптимальный радиус действия конкретной системы газоснабжения.

В расчетах применяется статистический принцип одновременности для каждого типа оборудования природного газа. Существенное преимущество компьютерной программы "OptiPlan" это возможность моделировать в сети газопроводов: устанавливая различную нагрузку, длину и длину газопроводов, для поиска оптимального варианта.

В настоящее время рассматривается новый метод расчета годового объема природного газа. Предлагается, рассчитывать годовой расход природного газа для многоквартирных жилых домов основываясь на количество установленного оборудования в каждой квартире, следовательно, проводя технико-экономические расчеты появляется возможность вывести корректные годовые объемы расхода природного газа для домашних хозяйств.

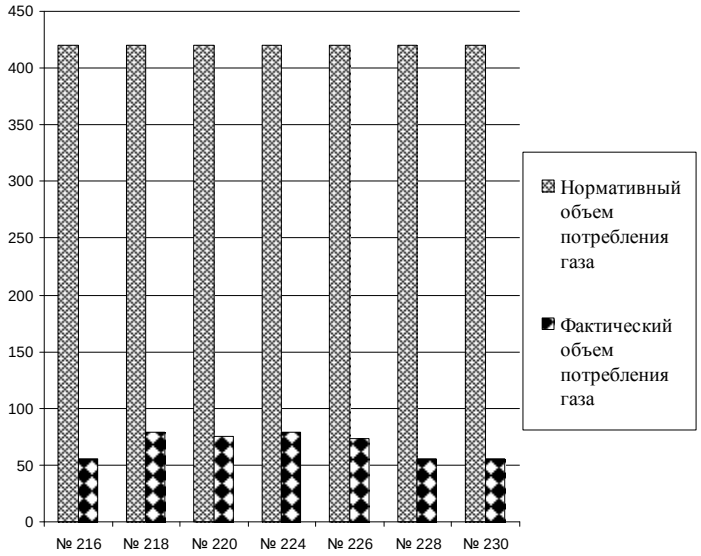


Рис. 4. Сравнение фактического и нормативного объема потребления природного газа в многоквартирных жилых домах по ул. Бикерниеку в г. Риге (м³ в год)

Основываясь на проведенные исследования, в многоквартирных жилых домах, где обеспечено центрального отопления и горячего водоснабжения, фактический расход природного газа на одного человека оказался в шесть меньше, чем установленный в LVS 417/AI:2002 (см. рис. 4).

Таблица 1

Фактические и нормативные объемы потребления природного газа в многоквартирных жилых домах в г. Сигулда на улицах Паегле № 7а, 11

Потребители газа	Показатель	Нормативное потребление природного газа (м³/в год)	Фактическое потребление природного газа (м³/в год)		
			2005 г.	2006 г.	2007 г.
Квартиры с газовой плитой, при наличии центрального отопления и горячего водоснабжения	в год на 1 человека	120,00	32,75	27,41	23,59

Средний годовой объем расхода природного газа на приготовление пищи на одного человека в многоквартирных жилых домах в период с 2005 по 2007 гг. снизился в среднем на 16% за год. Оценивая установленное газовое оборудование в домашних хозяйствах, было сделано заключение, что на индивидуальные бытовые нужды население использует отопительные устройства с высоким коэффициентом полезного действия, такие как котлы конденсаторного типа.

Данный метод расчета годового объема расхода природного газа может быть применен для разработки технически и экономически обоснованных схем газоснабжения.

А.В. Мельник

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: СЕТЕВОЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
г. Саратов, Россия

Становление современного общества проходит под знаком глобализации, понимаемой как всемирный процесс установления взаимозависимостей между различными регионами мира и отдельными сферами жизни общества. Этот процесс выражен действием информационно-коммуникационных технологий. Их сетевая организация служит условием глобализации технологического бытия общества.

Технологическая стратегия развития глобализации проявляет себя в феномене технологической глобализации - процесса интеграции отдельных технологий в единую систему планетарного масштаба. В этих условиях технологии актуализируются в поле практической деятельности, а информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – через действия коммуникационного порядка, иначе говоря, коммуникацию. Технологический компонент современных коммуникаций представлен информационно-коммуникационными технологиями, как-то: глобальными системами телевидения и радиовещания, Интернетом, телефонией, персональными цифровыми коммуникаторами. Все эти технологии представляют собой интегративные системы, функционирование которых обеспечивается действиями человека, техники, информационных ресурсов и сетей, их объединяющих.

Конвергенция ИКТ порождает системные качества глобальной коммуникационной инфраструктуры, выраженной в феномене коммуникационной сети. В ее контексте общеприняты такие понятия, как: «передатчик», «сообщение», «средства передачи», «приемник». Передатчик – устройство, являющееся источником данных; приемник – устройство, принимающее данные. Приемником, как и передатчиком, могут быть компью-

тер, терминал или какое-либо цифровое устройство; под сообщением понимается цифровые данные определенного формата, предназначенные для передачи. Это может быть файл базы данных, таблица, ответ на запрос, текст или изображение; средства передачи – физическая передающая среда и специальная аппаратура, обеспечивающая передачу сообщений. Для передачи сообщений в коммуникационных сетях используются различные типы каналов связи. Наиболее распространены выделенные телефонные каналы и специальные каналы для передачи цифровой информации. Применяются также радиоканалы и каналы спутниковой связи.

Интеграция различных форм ИКТ в единую коммуникационную сеть образует универсальный процесс преобразования информации, поступающей с выходов одной системы во входные каналы другой. Иначе говоря, коммуникационная сеть представляет собой не только средство для передачи информации, но и ее преобразования. Если при этом еще учитывать феномен сетевого компьютинга, то есть современную тенденцию непосредственного слияния компьютерных технологий с телекоммуникационными технологиями, открывающего доступ к мировым информационным ресурсам, то эти преобразования информации обретают глобальный характер.

В настоящее время в качестве интегральной платформы для различных ИКТ выступает Интернет. Эта платформа представляет собой глобальную информационно-коммуникационную сеть, в рамках которой осуществляется обмен цифровой информацией. Интернет, как международное объединение большого числа коммуникационных сетей, обладает единым адресным пространством. Информация в Интернете представлена на языке XML (eXtensible Markup Language), который имеет вид текста, содержащего кроссреферентные связки – гиперссылки, позволяющие при их активизации переходить к другому документу или иному фрагменту того же самого документа. Эта гиперссылочная особенность Интернета может быть интерпретирована на философском уровне через постмодернистский термин «ризома», который первоначально имеет биологическое значение – растения со сложной разветвленной корневой системой. Ж. Делез и Ф. Гваттари утверждают, что: «Луковицы, клубни - это ризомы [корневища]. Растения с корнем или корешками могут быть ризоморфными во всех отношениях - это вопрос знания того, не является ли ботаника в ее специфике всецело ризоморфной» [1]. Французские философы характеризуют ризому целым рядом принципов: (1) сцепления и (2) гетерогенности - любое место ризомы может и должно быть присоединено к любому другому её месту; (3) множественности (только когда множественное действительно используется как субстантив, множественность) - нет больше никакого отнесения к Единому (Un), как к субъекту и объекту, как к природной или духовной реальности, к образу и миру; (4) неозначающего разрыва - против всех слишком значимых разрезов, которые разъединяют структуры или пересекают одну из них; (5) картографии и (6) декалькомании [переводной картинки] - ризома не является ответствен-

ной ни за какую структуральную или генеративную модель. Она чужда всякой идее генетической оси в качестве глубинной структуры [2].

Соответствие принципов функционирования Интернета принципам ризомы обнаруживает такое родовое свойство глобальной сети, как ризоморфность. Так, принципы «сцепления» и «гетерогенности» ризомы проявляются в принципиальной открытости этой сети: каждый человек, имеющий компьютер, модем и доступ к телефонной линии, способен потенциально расширить ее границы. Вместе с этим глобальная сеть имеет децентрированное и неиерархическое устройство, что означает отсутствие центрального пункта, контролирующего информационные потоки. Связь между компьютерами в сети осуществляется напрямую, причем пути передачи информации не являются предзаданными и неизменными, они варьируются в зависимости от загруженности линий. Как не имеет значения маршрут движения информации, так и не имеет значения географическое местоположение пользователя, однако важно лишь то, что он может осуществить прямой контакт с любым адресатом и прямой доступ к любой странице Интернета. Таким образом, такие принципы ризомы, как связь и гетерогенность, находят свое подтверждение в специфике Интернета.

Принцип «множественности» ризомы, делающий акцент не на узлы, а на связи последней, соответственно, обращает внимание на большую значимость именно каналов связи, а не на узлы в глобальной сети. В пользу этого утверждения говорит то, что именно наличие линий открывает возможность доступа к тем или иным информационным ресурсам. Ю.И. Шелистов вслед за отцом киберпанка У. Гиббсоном утверждает, что «…глобальная Сеть – это «коллективная галлюцинация», киберпространство, за пределами которого не существует тех точек (городов, музеев, библиотек и т.п.), которые мы виртуально посещаем, но существуют лишь линии – каналы связи, соединяющие затребованные нами веб-странички» [3, с. 59].

Принцип «неозначающего разрыва» ризомы, указывающий на возобновляемое свойство ее структуры даже в случае ее «разрыва», обозначает ее восстановление по тем или иным линиям, сохранившим целостность. Именно восстанавливаемость Интернета была приоритетной задачей у его первых разработчиков. В частности, речь идет о том, что в 1969 г. в рамках Министерства обороны США (Defense Department) было создано Бюро передовых исследований (Advanced Research Projects Agency - ARPA). Перед ним была поставлена задача разработать коммуникационную сеть, которая оставалась бы мобильной в условиях военных действий. Главная цель, которая ставилась при создании данной сети, - сохранение сообщений даже в случае разрушения части сети, и она была достигнута. Так возникает первая компьютерная сеть – ARPAnet, которая была первым этапом на пути становления ее более совершенной современной версии – Интернета, сохранившей способность возобновления коммуникационных связей. Примером тому служат сравнительно недавние события в Югославии, где после разрушения телевизионных ретрансляторов каналы глобальной сети стали главным средством обмена информацией с внешним миром, поскольку нарушить действие сети

каким-либо образом намного сложнее, чем разрушить телевизионные передатчики. Благодаря многоканальности и разветвленности сети практически невозможно изолировать какую-либо ее часть, что, в конечном счете, подтверждает действенность принципа «неозначающего разрыва» ризомы на примере глобальной сети Интернет.

Принципы «картографии» и «декалькомании» ризомы представляют ее не как механизм копирования, а как карту со множеством входов, которой чужда идея генерации, то есть выделения некой неизменной, главенствующей структуры, поскольку она является принципиально открытой, допускающей смену «рисунков» на самой карте. Подобная ситуация наблюдается в глобальной сети, когда процессы, происходящие в ней, делают ее не тождественной самой себе. Причиной перманентной трансформации сети оказываются не только подключения к ней новых пользователей, но и то, что сам пользователь постоянно меняет пути движения во всемирной паутине, что вызывает смену «рисунка» в сети. Этот контекст понимания процессов в сети обосновывает ее релевантность принципам «картографии» и «декалькомании» ризомы.

Проводимое соответствие между принципами ризомы и принципами функционирования Интернета показывает, что последний является ризоморфным, обладающим всеми признаками ризомы. Через них раскрывается онтологическое измерение Интернета. Однако онтологические свойства глобальной сети есть производные, прежде всего, ее изначальной коммуникационной природы. Интернет как инструмент социальной коммуникации не может содержать в себе признаков, не присущих прежде самой коммуникации как первичному целостному явлению. Ризоморфные характеристики глобальной сети несут в себе постмодернистский мотив, придавая тем самым ей постмодернистскую интерпретацию, но это, в данном случае, не будет противоречить общему коммуникационному пониманию сети, так как эти характеристики укладываются в русле общих коммуникационных тенденций современности: диверсификации и интенсификации информационно-коммуникационных технологий. Эти тенденции обеспечиваются за счет дальнейшего совершенствования ИКТ, вокруг которых начинают выстраиваться новые социальные взаимодействия, трансформирующие наличную социальную реальность.

Литература

1. Делез Ж., Гваттари Ф. Ризома / Режим доступа: http://www.situation.ru/app/j_art_1023.htm.
2. Там же.
3. Шелистов Ю.И. Проблемы человека и становление глобальной информационной среды// Вестник МГУ. Серия 12: Политические науки. - 2001. - № 6. - С. 55-76.

Связь с автором: melnikalex@list.ru

Подписано в печать 15.11.2010 г.
Формат 84х108 1/16. Объем – 18 п.л.
Тираж 90 экз. Заказ №973.
Издательский центр ООО «Редакция газеты «Де-факто».
398002, г. Липецк, ул. Тельмана, 116
Тел. (4742) 27-79-77

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
DF
ГАЗЕТЫ «ДЕ-ФАКТО»