#### Министерство образования и науки Российской Федерации Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

### НАУКА И ПРАКТИКА: ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ – ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ

Материалы региональной научно-практической конференции Томск, 2017

Часть **І** 

Томск Издательство ТУСУРа 2017 УДК 336.114(063):005.8 ББК 94.3 Н34

Н34 **Наука** и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения: материалы региональной науч.-прак. конф., Томск, 2017. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2017. – Ч. 1. – 66 с.

Представлены результаты реализации проектов школьников, студентов и руководителей научно-исследовательской работы учащихся, в рамках проектных групп или индивидуальных научных исследований по радиоэлектронике, радиотехнике, нанотехнологиям, приборостроению, энергетике и силовой электронике, радиосвязи и СВЧ, автоматизированным системам обработки информации, а также биомедецинским, экономическим, социальным и информационным технологиям, имеющим инновационную составляющую и ориентированным на дальнейшее коммерческое использование.

УДК 336.114(063):005.8 ББК 94.3

© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2017

#### СОДЕРЖАНИЕ

Афонасова М.А.	
Институциональная среда развития инновационного	
бизнеса в России	5
Боровской И.Г., Шельмина Е.А.	
Сравнительный анализ настольных и клиент-серверных СУБД	8
Дмитриев В.М., Ганджа Т.В.	
Имитационное моделирование технологических процессов	
для прототипирования сценариев контроллера	10
Карабан В.М.	
Численный метод расчёта усталостной долговечности	
радиоэлектронной аппаратуры	13
Дробот П.Н.	
Основа инноватики – исследовательская и проектная	
деятельность	17
Ехлаков Ю.П., Пермякова Н.В.	
Нечеткая модель оценки рейтинга рискообразующих факторов	20
Задорин А.С.	
Квантовое распределения ключей с временным кодированием	
кубитов	23
Зайцева Е.В., Курячий М.И., Пустынский И.Н.	
Расчет потерь при согласовании ЭОП и телевизионного датчика	
при оценке интегральной и спектральной чувствительности	
видеоинформационных систем	27
Важдаев А.Н., Мицель А.А.	
Формирование городской программы мероприятий	
по развитию малого бизнеса	30
Семенов В.Д., Кабиров В.А.	
Имитационная модель цифрового широтно-импульсного	
модулятора в среде MATHCAD	33
Сенченко П.В.	
Автоматизация поддержки малого и среднего	
предпринимательства	38
Сидоров А.А., Люберцева Е.А.	
Возможности применения онлайн-панелей в информационно-	
аналитическом обеспечении подготовки и принятия решений	
в системе государственного и муниципального управления	43
Смирнов Г.В., Ковальский А.В.	
Алгритм лечения острых и хронических ран	46

Филатов А.В.
Измеритель модуля коэффициента отражения различных сред
в широкой полосе частот
Гошин Г.Г.
Результаты сравнения исследования различными методами
диаграмм направленности пирамидальной рупорной антенны5
Цибульникова В.Ю., Рыжкова М.В.
О развитии технологического предпринимательства в вузах54
Чернышев А.А.
Диаграмма Парето в подготовке конструктора-технолога
и специалиста по качеству5
Дегтярёв Д.С., Олейник Д.И., Шурыгин Ю.А.
Использование 3D-моделирования для оценки электромагнитных
воздействий на космические аппараты60
Цыкунов А.А., Антипин М.Е., Шурыгин Ю.А.
Лабораторный стенд «Распределенная резервированная система
управления технологическими процессами» на базе контроллера
Элси-ТМА
Смирнов С.В., Троян П.Е.
Исследование работы МДМ-катода в импульсно-кодовом режиме.
Матрица МДМ-катодов66
Шкарупо А.П., Карташев А.Г., Туев В.И.
Влияние сеноманских растворов на развитие ак-вариумных рыб
poecilia reticulata
Михальченко С.Г.
Разработка студентов ТУСУРа поможет в решении актуальной для
беспилотников задачи – увеличить радиус действия и время полета. В
интересах ОАО «РОССЕТИ»71
Злобин А., Кузьмич Д., Буримов Н.И.
Анизотропия двухволнового взаимодействия на пропускающих фо-
торефрактивных голограммах в кристалле силиката висмута
среза (110)
Матюгина Э.Г.
Институционализация как инструмент прогно-зирования
параметров хозяйственных взаимодействий80
Савенко К.В., Рогожников Е.В.
Шумовая обстановка в PLC канале82
Акулиничев Ю.П.
Битовая вероятность ошибки на выходе декодера кода хэмминга в
канале с независимыми ошибками87

## ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ СРЕДА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА В РОССИИ

#### М.А. Афонасова, д-р экон. наук, доцент

г. Томск, ТУСУР, afonasova@yandex.ru

Аннотация: развитие инновационного бизнеса в России сдерживается многими факторами, и в первую очередь — институциональными. Важнейшим барьером на пути развития инновационного бизнеса в России является наличие институциональных ловушек, существование которых обусловлено отсутствием необходимой согласованности экономических регуляторов, что отрицательно влияет на развитие инновационного бизнеса, как самого незащищенного от рисков сегмента экономики.

*Ключевые слова:* институциональная среда, инновационный бизнес, развитие, регулирование

В настоящее время наиболее существенным препятствием на пути развития инновационного сектора экономики России является неразвитость институциональной среды. Проблемы, с которыми столкнулся российский бизнес в процессе становления инновационной экономики, со всей очевидностью выявили роль институциональных факторов, которые определяют правила взаимодействия экономических субъектов и являются сложным сочетанием формальных и неформальных институтов и механизмов их закрепления.

Практикой доказано, что состояние институтов инновационной деятельности оказывает определяющее влияние на способ организации и интенсивность инновационных процессов в экономике. Основная функция институтов состоит в снижении неопределенности экономической среды, что определяющим образом влияет на активность предпринимателей, в первую очередь – в инновационной сфере.

Институты как разработанные людьми ограничения и правила поведения, а также факторы принуждения, структурирующие их

взаимодействие, имеют определяющее значение для формирования и эффективного функционирования инновационного бизнеса, причем особо следует выделить роль и значение неформальных институтов.

Неформальные институты возникают из информации, передаваемой посредством социальных механизмов, они пронизывают всю современную экономику и предпринимательскую сферу. К ним принято относить систему базовых ценностей, определяющих взаимоотношения в обществе, нормы поведения экономических субъектов, обычаи делового оборота, инновационную культуру, отношение к труду и бизнесу, степень доверия и честности в обществе.

Для реализации потенциала инновационного бизнеса необходимо формирование благоприятной институциональной среды, под которой понимается совокупность институциональных условий и организационных структур, обеспечивающих рациональное протекание процессов генерации, коммерциализации и потребления инноваций. В научной литературе зачастую понятие институциональной среды отождествляется с понятиями институциональной структуры и системы. Многие авторы употребляет термины «институциональная система» и «институциональная структура» как синонимичные. Однозначный общенаучный подход к сущности институциональной среды до настоящего времени не выработан, и трактовка понятия, как правило, определяется контекстом.

Если, отталкиваясь от типологии систем Я. Корнаи, определить совокупность институтов как систему, способную создавать среду, то институциональная среда может быть определена как совокупность условий, которые создает институциональная система. Система институтов (и это соответствует ее функциональному назначению) продуцирует среду/условия для протекания социально-экономических процессов. Это могут быть как благоприятные, так и не благоприятные условия, что зависит от самой системы, от степени согласованности, скоординированности и уровня взаимодействия ее элементов.

Из этого определения органично вытекают такие важнейшие и малоисследованные свойства институциональной среды, как плотность, универсальность, дискретность, турбулентность, динамичность, которые способны оказать значительное влияние на состояние и условия функционирования и развития инновационного бизнеса. Исследуя эти свойства институциональной среды и их влияние на экономическую и инновационную активность, следует отметить, что институциональные изменения происходят постоянно, институциональная система является по определению динамичной. Модернизация среды должна быть направлена на корректировку существующих институциональных параметров, их согласованность, что значительно повышает предсказуемость среды, способствует преодолению высокой степени ее непрозрачности, неопределенности, недоверия к общественным институтам, наличия институциональных ловушек.

Возникновению институциональных ловушек способствует, в том числе, и институциональная мимикрия, которая провоцирует отрицательную селекцию в институциональной и инновационной сферах, а также усиливает рассогласование формальных и неформальных институтов. Более всего институциональные ловушки отрицательно влияют на развитие инновационного бизнеса, как самого незащищенного от рисков сегмента экономики. Основные институциональные проблемы инновационного бизнеса, возникшие вследствие наличия институциональных ловушек: низкая инновационная культура предпринимательских и управленческих структур; сохранение политических приоритетов развития сырьевых отраслей под влиянием института лоббирования и краткосрочных экономических интересов; лакуны правового поля, инвестиционный голод, коррупционные явления; инерционность общественного восприятия новшеств и т.п.

Таким образом, для повышения активности и потенциала устойчивости российского инновационного бизнеса необходимы эффективные институциональные меры, направленные на формирование соответствующих условий для его функционирования и развития.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАСТОЛЬНЫХ И КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ СУБД

#### И.Г. Боровской, д-р физ.-мат. наук, профессор; Е.А. Шельмина, к-т физ.-мат. наук

г. Томск, ТУСУР, igor.g.borovskoi@tusur.ru

Аннотация: приведен сравнительный анализ настольных и клиент-серверных СУБД, сформированы критерии выбора СУБД для решения различных задач. Кроме того, проведено тестирование производительности рассматриваемых СУБД. Для проведения указанного анализа выбраны наиболее популярные настольные СУБД, такие как Microsoft Access, Paradox, а также клиент-серверные СУБД: Firebird, MySQL и Oracle. Сформулированы рекомендации применения различных СУБД.

*Ключевые слова:* система управления базами данных, производительность СУБД, транзакции, триггеры, хранимые процедуры, защита данных, Firebird, MySQL, Oracle, MS SQL Server.

В последние годы наблюдается определенное усложнение структуры различных данных. Простые типы информации, представляемые в виде текстовых строк и чисел, не потеряв своей важности, дополняются сегодня большим количеством документов, которые используют средства мультимедиа, образов графики, процедурных или активных данных и большим числом других существенно осложненных форм информации. По этой причине появился ряд весьма изощренных систем управления базами данных, обеспечивающих новые коллекции данных и умеющих реализовать достоинства современных аппаратных технологий.

**Цель** данной работы состоит в проведении сравнительного анализа настольных и клиент-серверных СУБД, который может облегчить выбор необходимой СУБД разработчикам баз данных. В качестве **методов исследования** используются методы математического моделирования и вычислительного эксперимента, методы структурного и объектно-ориентированного программирования. Основной **задачей** исследования является определение

наиболее оптимальной и эффективной СУБД при заданных критериях.

Настольные СУБД чаще всего используются в государственных учреждениях, сферах образования, сферах обслуживания, малом и среднем бизнесе. Специфика возникающих в этих областях задач заключается в том, что объемы данных не являются чрезмерными, частота обновлений не бывает слишком большой, территориально организация обычно расположена в одном здании, количество пользователей не превосходит десяти человек. В подобных условиях использование настольных СУБД для управления информационными системами является вполне оправданным. Если же указанные ограничения нарушаются, то следует обратить внимание на архитектуру клиент—сервер, в которой один процесс посылает запрос для выполнения другому процессу [1].

Для тестирования было разработано Java-приложение, обеспечивающее единообразное подключение ко всем СУБД через API-интерфейс JDBC. Тестированием определялась работоспособность СУБД при выполнении основных операций при лавинообразном увеличении количества записей, а также выяснялась производительность системы и влияние на нее роста количества записей. Анализ полученных данных позволил установить границы применимости как настольных, так и клиент-серверных СУБД.

Таким образом, в работе был проведен сравнительный анализ возможностей современных СУБД на основе тестирования их производительности при выполнении основных операций. В результате этого тестирования СУБД Oracle [2] показала значительно более высокую производительность в отличие от MySQL и Firebird [3]. На основе полученных результатов были сформулированы наиболее перспективные направления работы для каждой СУБД.

#### Литература

- 1. Трофимов В.В. Синхронизация списков данных в клиент-серверных системах / В.В. Трофимов, Д.В. Завьялов // Изв. Волгогр. гос. техн. ун-та. Сер.: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2015.- № 6 (163).- C. 87–90.
- 2. Джеймс П. Введение в Oracle / П. Джеймс, П. Джеральд; пер. с англ. А.В. Назаренко; под ред. Л.Д. Гамзикова. М.: Вильямс, 2006.-704 с.
- 3. Документация по СУБД Firebird [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.firebirdsql.org/manual/ ru/firebirddatabase-docementation-ru.html, свободный (дата обращения: 27.02.2017).

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ КОНТРОЛЛЕРА

#### В.М. Дмитриев, д-р техн. наук, профессор; Т.В. Ганджа, д-р техн. наук

г. Томск, ТУСУР, dmitriewVM@gmail.com

Аннотация: в докладе обсуждаются принципы компьютерного моделирования технологических процессов производства светодиодных устройств, направленного на автоматизацию решения задач формирования сценариев функционирования управляющих контроллеров, а также минимизации материальных, временных и финансовых затрат на производственные операции.

*Ключевые слова*: контроллер, светодиодные устройства, сценарий управления, среда многоуровневого компьютерного моделирования.

К требованиям к современному производству светодиодных излучающих элементов и светодиодных ламп относятся частная

и комплексная автоматизация технологического процесса с минимизацией временных и финансовых затрат. С целью автоматизации отдельных технологических операций и межоперационных связей на Томском заводе светотехники применяется универсальный измерительно-управляющий контроллер, функционирующий на основе сценария, сформированного на языке управления механизмами X-Robot [1]. Основное их отличие от существующих аналогов заключается в возможности совместной работы до 255 параллельных процессов, объединенных единым адресным пространством переменных.

В настоящее время предусмотрено два способа формирования сценариев: тестовый, когда сценарии составляются в любом текстовом редакторе с последующим программированием контроллера; графический, позволяющий проводит его тестирование и отладку с помощь компьютерной модели управляемого технологического оборудования.

Процессы формирования, тестирования и отладки сценариев управления автоматизировано осуществляются в среде много-уровневого компьютерного моделирования МАРС [2]. Она позволяет строить модель управляемого технологического процесса производства светодиодных устройств на трёх взаимосвязанных уровнях:

- объектном, на котором формируется компьютерная модель технологического оборудования производства светодиодных устройств. Даная модель, представленная системой алгебро-дифференциальных уравнений, описывает динамику работы оборудования и изменение заготовки на каждой операции. Для её анализа в рамках среды МАРС используется универсальное вычислительное ядро [3];
- логическом, где в графическом формате языка управления механизмами X-Robot формируется сценарий функционирования контроллера, связанный с моделью объектного уровня путем получения текущих значений наблюдаемых переменных и варьирования значений параметров её компонентов. Функционирование модели логического уровня осуществляется имитационным ядром

среды МАРС, в основу работу которого положен алгоритм передачи сообщений [4];

– визуальном, отображающем результаты моделирования технологического оборудования и отработки команд сценария управления, а также включающем в себя компоненты-регуляторы, предоставляющие пользователю возможность интерактивного варьирования значений параметров компонентов объектного и логического уровней.

Для целей отладки сценария функционирования контроллера соответствующие параметры компонентов-источников управляющих воздействий и исполнительных устройств, являющихся компонентами объектного уровня, имеют отображение на логическом уровне многоуровневой компьютерной модели в виде компонентов-атрибутов. При получении сообщения такой компонент изменяет значение соответствующего параметра компонента объектного уровня, к которому он принадлежит.

Помимо этого в среде МАРС реализован набор компонентов взаимодействия с измерительно-управляющим контроллером Х-Robot путем получения результатов измерения наблюдаемых параметров реального технологического оборудования и передачи исполнительным устройствам команд управления, вырабатываемых сценарием. Кроме того на логическом уровне многоуровневой компьютерной модели располагаются компоненты расчета значений целевых функций и компоненты-оптимизаторы, с помощью которых осуществляется автоматизация решения задач минимизации временных, материальных и финансовых затрат на выполнение отдельных технологических операций всего технологического процесса.

Таким образом, среда многоуровневого компьютерного моделирования является одновременно и комплексом программ, предназначенным для прототипирования управляющих контроллеров промышленного назначения с учетом минимизации затрат на производство светодиодных устройств.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки в рамках проекта RFMEFI57717X0266.

#### Литература

- 1. Мальцев Ю.И. Язык управления механизмами X-Robot / Ю.И. Мальцев // Электронные средства и системы управления. 2013. № 2. С. 114-118.
- 2. Дмитриев В.М. Среда многоуровневого компьютерного моделирования химико-технологических систем / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2017. 332 с.
- 3. Дмитриев В.М. Архитектура универсального вычислительного ядра для реализации виртуальных лабораторий / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2004. № 2. С. 24-28.
- 4. Дмитриев В.М. Компьютерная модель управляемых технически сложных объектов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. -2012. № 3 (33). С. 47-59.

#### ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

#### В.М. Карабан, канд. физ.- мат. наук

г. Томск, ТУСУР, karaban vm@mail.ru

Аннотация: в настоящей работе представлены результаты разработки перспективного численного метода для расчёта усталостной долговечности радиоэлектронной аппаратуры на основе последовательного решения на разных расчётных сетках уравнений теплопроводности, термоупругости и усталостной долговечности

Ключевые слова: усталостная долговечность, термическая усталость, многоцикловая усталость, радиоэлектронная аппаратура, математическая модель, многосеточный численный метод, термопрочностные процессы

При работе радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в широком температурном диапазоне с циклическими воздействиями, вследствие разности температурных коэффициентов линейного и несвободного расширения конструктивных элементов из различных материалов, возникают циклические напряженно-деформируемые состояния (НДС), приводящие к усталостным изменениям в таких элементах конструкции, как проводники, металлизация переходных отверстий, паяные и клеевые соединения, полупроводниковые кристаллы, выводы электрорадиоизделий (ЭРИ), платы и подложки. Именно они приводят к механическим разрушениям и электрическим отказам после определенного времени работы.

При высокой степени детализации геометрических моделей РЭА, проведение комплексного расчёта, которым является расчёт усталостной долговечности, становится проблематичным либо вовсе невозможным. Использование же нескольких моделей для каждого типа проводимого расчёта (теплового, деформационного, прочностного) создаёт значительные трудности при формализации краевой задачи и передачи результатов с одной расчётной сетки на другую в связи с тем, что имеется большое расхождение в количестве узлов и элементов.

В этой связи актуальна разработка численного метода расчёта усталостной долговечности РЭА на основе математического моделирования термопрочностных процессов с повышенной вычислительной эффективностью.

#### Многосеточный численный метод

Традиционные многосеточные численные методы (МЧМ) представляют собой итерационные алгоритмы на последовательности вложенных сеток и предназначены для повышения скорости сходимости алгоритма. Предлагаемый в данной работе МЧМ не является итерационным и состоит из трёх этапов, на которых последовательно решаются задачи определения полей температур, термодеформаций и усталостной долговечности. При этом на каждом следующем этапе уменьшается область решения задачи и увеличивается сеточная детализация.

Рассматриваемый численный метод позволяет добиться более точных результатов в конкретной физической области (элементе), при этом расчётная сетка в остальных областях (элементах) модели может быть довольно «грубой», что в свою очередь позволяет повысить эффективность моделирования, так как сначала производиться расчёт для грубой сетки, а затем для интересующей области — подмодели — измельчается сетка и уточняется расчёт.

Использование МЧМ особенно оправданно для исследования надёжности (усталостной долговечности) проводников и контактных площадок, паек, металлизаций переходных отверстий, выводов ЭРИ, поскольку требуемое, для данных элементов модели РЭА, значительное улучшение качества сетки может быть слишком затратным как по времени, так и по ресурсам. Вместо этого можно использовать «подмоделирование» для построения независимой, более мелкой расчётной сетки.

Согласно разработанному МЧМ расчёт усталостной долговечности предлагается проводить в три этапа, при этом использовать: экономичные математические модели, разработанные под конкретный расчёт; различные расчётные сетки; интерполяцию результатов.

В таблице приведены значения погрешности разработанного МЧМ при проведении теплового и деформационного расчётов РЭА в сравнении с результатами, полученными на основе подробной математической модели (ММ). Погрешности разработанного МЧМ основываются на погрешностях упрощения подробной модели и для данного случая соответствуют 1,24% – для теплового расчёта; 3,58% – для деформационного расчёта; 4,06% – для расчёта усталостной долговечности.

Представлены результаты разработки многосеточного численного метода для расчёта усталостной долговечности на основе интерполяции результатов вычислительного моделирования термопрочностных процессов в элементах радиоэлектронной аппаратуры различного уровня иерархии с повышенной вычислительной эффективностью [1, 2].

Таблипа

	Макс. Макс. деформация		Усталостная
	температура, °С	(перемещение), мм	долговечность,
			циклов
Подробная ММ	34,717	0,19309	124 536
МЧМ	35,147	0,20001	129 598
Погрешность,	1,24	3,58	4,06
%			

#### Литература

- 1. Сунцов С.Б. Способ проведения анализа долговечности радиоэлектронной аппаратуры / С.Б. Сунцов, Е.А. Морозов, В.М. Карабан, В.Н. Школьный, С.Г. Кочура // Патент Российской Федерации на изобретение №2573140 (приоритет от 20.05.2014г.). М.: ФИПС, 2015.
- 2 Карабан В.М. АПК Усталость РЭА (ASC Fatigue REA) / В.М. Карабан, М.П. Сухоруков, Д.С. Косов, С.Б. Сунцов, Е.А. Морозов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015618856. М.: ФИПС, 2015.

## ОСНОВА ИННОВАТИКИ – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ И ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

#### П.Н. Дробот, канд. физ.-мат. наук, доцент

г. Томск, ТУСУР, dpn7@mail.ru

Аннотация: инноватика раскрывается как новое научное и образовательное направление и как профессиональная деятельность, направленная на исследования и разработки, получение результатов интеллектуальной деятельности (РИД), создание на основе РИД инновационных проектов и управление этими проектами.

*Ключевые слова:* инноватика, инновационный проект, PMBOK, PMI.

Цель и задачи работы — раскрыть содержание научного и образовательного направления «Инноватика», показать его сущность в виде исследовательской и проектной деятельности, лаконично выраженную в получении РИД и управлении инновационными проектами на их основе.

Исследование проводится на основе анализа публикаций создателей направления «Инноватика», государственных образовательных стандартов по направлению «Инноватика», профессионального стандарта «Специалист по управлению инновациями», публикаций автора, посвященных инноватике и управлению проектами, Свода знаний по управлению проектами (РМВОК).

В работах [1–4] показано создание и развитие образовательного направления «Инноватика», основатели которого доктора технических наук, сотрудники кафедры «Управление проектами» Санкт-Петербургского политехнического университета. Поэтому базис рождения инноватики определили и проектная, и исследовательская деятельность, а экспериментально-исследовательская и проектно-конструкторская деятельности – некоторые из видов деятельности, к которым готовятся бакалавр и магистр инноватики.

Необходимость и актуальность направления «Инноватика» обусловлены нехваткой в стране специалистов с широкой общетехнической подготовкой и одновременно хорошо владеющих методологией проектного управления РМІ/РМВОК и специальным маркетингом инноваций, сочетающим работу с научно-технической литературой и патентными базами. Именно таких специалистов готовят по образовательному направлению «Инноватика». Эти специалисты также хорошо знают другие важные дисциплины: инфраструктура и технологии нововведений, теоретическая инноватика и оценка эффективности проектов, что позволяет им разрабатывать и готовить к внедрению новые промышленные технологии, основанные на научно-технических разработках.

«Инноватика» — новое образовательное и научное направление, ему всего около 12 лет и далеко не все еще понимают сущность этого направления. В ФГОС по направлению бакалавриата «Инноватика» ключевое слово «проект» встречается более 50 раз. Не все верно понимают значение термина «проект», но все его используют: от школьника до чиновника высших властных структур.

Верное понимание сущности инноватики основано на профессиональном термине «проект» в контексте методологии проектного управления, основанной на PMBOK от международного Института управления проектами (PMI). В основе управления проектами лежат методики декомпозиции работ и календарного планирования (диаграмма Ганта), а цель — получение продукта проекта в условиях жестко установленных начала и окончания проекта и ограниченных ресурсов, и в условиях высокой степени неопределенности при высоком уровне рисков. Достижение цели определяется искусством декомпозиции работ, их правильным календарным планированием и ресурсной моделью, определяющей баланс ограниченного финансирования проекта.

В основе проекта инновационная идея, за которой огромная часть НИР, обеспечивающей новые знания для идеи. Признаки инновационного проекта [5] прямо относятся к НИР: проект реализуется на базе передовых достижений науки и техники;

основной результат — новый, высокотехнологичный продукт; значительна доля научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ; в большей степени необходимы уникальные людские ресурсы (ученые, специалисты), чем производственные ресурсы; реализация проекта происходит на стыке наук; значительна роль информационной (компьютерной) составляющей; команда проекта не обязательно собирается в одном месте, участники могут находиться на значительном расстоянии друг от друга [5]. Содержание действий команды проекта соответствует содержанию дисциплин учебного плана бакалавриата и магистратуры направления «Инноватика» [1—4].

Инновационный проект — объединяющая категория, прочно соединяющая в неразрывное целое исследовательскую и проектную деятельность, и именно управление инновационными проектами является сущностью научного и образовательного направления «Инноватика» [1–4].

Выводы. Понимание инноватики основано на профессиональном понимании проекта в контексте методологии проектного управления РМВОК. В образовательной программе направления «Инноватика» дисциплину «Управление инновационными проектами» обеспечивают другие специальные дисциплины, и она является квинтэссенцией образования. Инновационный проект соединяет в неразрывное целое исследовательскую и проектную деятельность, что является сущностью научного и образовательного направления «Инноватика».

#### Литература

- 1. Туккель И.Л. Создание и развитие нового направления высшего профессионального образования «Инноватика» / И.Л. Туккель // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. Инноватика. -2011. № 3. C. 9-15.
- 2. Рудской А.И. Инноватика: вопросы теории и кадрового обеспечения инновационной деятельности / А.И. Рудской, И.Л. Туккель // Инновации. 2015. № 11. С. 3–11.

- 3. Дробот П.Н. Управление инновационными проектами квинтэссенция образования профессионала инноватики / П.Н. Дробот, Д.А. Дробот // Инновации. 2015. № 11. С. 86-90.
- 4. Дробот П.Н. Актуальность направления «Инноватика» для экономики знаний современной России / П.Н. Дробот // XIII Межд. шк.-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Инноватика-2017». Сб. материалов ISBN: 978-5-93629-596-6. Томск: Изд-во СТТ, 2017. 554 с. С. 448-451.
- 5. Культин Н.Б. Инструменты управления проектами: Project Expert и Microsoft Project / Н.Б. Культин. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 160 с.

#### НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РЕЙТИНГА РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ

#### Ю.П. Ехлаков, д-р техн. наук, профессор; Н.В. Пермякова

г. Томск, ТУСУР, upe@tusur.ru

Аннотация: Предложена процедура оценки влияния рискообразующих факторов на достижение целей программного проекта. Приведены правила нечетких описаний и оценки вероятности наступления, силы воздействия, степени критичности, близости наступления рискообразующих факторов, вычисления итогового рейтинга.

*Ключевые слова:* программный проект, рейтинг, рискообразующий фактор, нечеткие описания.

В современных стандартах по управлению проектами для расстановки приоритетов влияния рискообразующих факторов на достижение целей проекта рекомендуется использовать следующие показатели: вероятность наступления фактора, уровень негативных последствий от его проявления (ущерба, убытков, потерь), степень воздействия на цели проекта, близости наступления.

Оценка вероятности проявления фактора —  $x \mid 0 < x < 1$ ;  $A = \{x, \mu(x)\} \rangle$ :  $\beta_1$  — вероятность проявления фактора;  $T_1$  —  $\{$  «Очень низкая» (ОН), «Низкая» (Н), «Умеренная» (У), «Высокая» (В), «Очень высокая» (ОВ) $\}$ ;  $X_1 = [0; 1]$ ;  $M_1$  — процедура задания на универсуме X = [0; 1] значений лингвистической переменной, т. е. термов из множества  $T_1$ . Для лингвистической переменной  $\beta_1$  множество  $T_1$  определено следующим образом:

$$\begin{split} T_1 = & \{ \mu_{\mathrm{OH}}(0,15;x), \mu_{\mathrm{H}}(0,1;\ 0,18;\ 0,3;\ 0,4;x), \mu_{\mathrm{Y}}(0,2;\ 0,35;\ 0,45;\ 0,6;x), \\ & \mu_{\mathrm{B}}(0,5;\ 0,63;\ 0,77;\ 0,9;x), \mu_{\mathrm{OB}}(0,8;\ 1;x) \}. \end{split}$$

Оценка силы воздействия фактора на конкретную цель проекта —  $y \mid 0 < y < 1; \quad A = \{y, \mu(y)\} \rangle$ :  $\beta_2$  — сила воздействия фактора на цель проекта;  $T_2$  — {«Незначительное» (Н), «Умеренное» (У), «Высокое» (В), «Критичное» (К), «Катастрофическое» (КТ)};  $X_2 = [0; 10]; M_2$  — процедура задания на универсуме  $X_2$  значений лингвистической переменной. Множество  $T_2$  формируется по правилам, аналогичным правилам формирования множества  $T_1$ .

Оценка степени критичности фактора по конкретной цели проекта —  $c \mid 0 < c < 10$ ;  $A = \{c, \mu(c)\}$   $\rangle$ :  $\beta_3$  — степень критичности фактора;  $T_3$  — {«Несущественная» (НС), «Невысокая» (Н), «Умеренная» (У), «Средняя» (С), «Высокая» (В), «Катастрофическая» (КТ)};  $X_3 = [0; 10]$ ;  $M_3$  — процедура задания на универсуме  $X_3$  значений лингвистической переменной, использующая шкалу оценивания, представленную в таблице 1. Правила оценивания степени критичности фактора представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Шкала оценивания степени критичности

Качествен-	Несущест-	Низ-	Уме-	Средняя	Высо-	Очень
ное значение	венная	кая	рен-		кая	высокая
			ная			

Интервал	менее 1	[1; 3]	[2; 5]	[4; 6]	[5; 8]	более 7
т с	\ п					

Таблица 2 – Правила оценки степени критичности

	Сила воздействия					
Bepo-	Незначи-	Умерен-	Высокая	Критич-	Ката-	
ят-	тельная	ная		ная	строфи-	
ность					ческая	
Очень	Несущест-	Умерен-	Умерен-	Высокая	Очень	
высокая	венная	ная	ная		высокая	
Высо-	Несущест-	Низкая	Средняя	Средняя	Очень	
кая	венная				высокая	
Уме-	Несущест-	Низкая	Низкая	Умерен-	Средняя	
ренная	венная			ная		
Низкая	Несущест-	Несущест-	Низкая	Низкая	Низкая	
	венная	венная				
Очень	Несущест-	Несущест-	Несущест-	Низкая	Низкая	
низкая	венная	венная	венная			

Оценка близости наступления фактора —  $d \mid 0 < d < D; A = \{d, \mu(d)\} \rangle$ :  $\beta_4$  — близость наступления фактора;  $T_4$  — {«Очень скоро» (O), «Не очень скоро» (HC), «Очень нескоро» (OC)};  $X_4 = [0; D]; M_4$  — процедура задания на универсуме  $X_4$  значений лингвистической переменной.

Оценка рейтинга рискообразующего фактора по конкретной цели проекта —  $b \mid 0 < b < 10$ ;  $A = \{b, \mu(b)\}$   $\rangle$ :  $\beta_5$  — рейтинг рискообразующего фактора по цели проекта;  $T_5$  — {«Низкий» (Н), «Средний» (С), «Высокий» (В), «Очень высокий» (ОВ)};  $X_5 = [0; 10]$ ;  $M_5$  — процедура задания на универсуме  $X_5$  значений лингвистической переменной.

Область определения количественных значений рейтинга предлагается определять в интервале [0; 10] по четырем качественным градациям: рискообразующие факторы, требующие немедленного реагирования; факторы, реагирование на которые можно выполнить позже; факторы, требующие дополнительного рассмотрения; факторы, за которыми необходимо продолжать наблюдение. В таблице 3 представлена возможная шкала количественной оценки рейтинга факторов. Правила, позволяющие

определить оценку рейтинга рискообразующих факторов, представлены в таблице 4.

Таблица 3 — Шкала оценки рейтинга рискообразующих факторов

Рейтинг	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
Баллы	[8; 10]	[5; 9]	[2; 6]	[0; 4]

Таблица 4 – Оценка рейтинга рискообразующих факторов

Близость	Степень критичности					
наступле-	Невысо-	Умерен-	Сред-	Высо-	Катастрофи-	
кин	кая	ная	РКН	кая	ческая	
Очень не-	Низкий	Низкий	Сред-	Высо-	Высокий	
скоро			ний	кий		
Не очень	Низкий	Средний	Сред-	Высо-	Высокий	
скоро			ний	кий		
Очень	Низкий	Средний	Высо-	Очень	Очень	
скоро			кий	высо-	высокий	
				кий		

#### КВАНТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ С ВРЕМЕННЫМ КОДИРОВАНИЕМ КУБИТОВ

#### А.С. Задорин, д-р физ.-мат. наук, профессор

г. Томск, ТУСУР, anatoly.zadorin@rzi.tusur.ru

Аннотация: показана возможность реализации системы квантового распределения ключей (СКРК) по протоколу В92 с использованием временного кодирования tb-кубитов (time-bin qubit), приготавливаемых и измеряемых с помощью разбалансированных интерферометров Маха-Цендера. Показано, что для исключения четкой априорной идентификации tb-кубитов с равными базами, их кодирование символами 0 и 1 может осуществляться за счет задержки одного из них на половину тактового интервала (ТИ).

Развитие технологий квантовых вычислений во многом определяется прогрессом в разработке новых квантовых алгоритмов. Среди большого разнообразия алгоритмов генерации первичного ключа можно выделить несколько наиболее часто используемых, базовых протоколов СКРК [1–5]. К их числу относится протокол В92 Ч. Беннета 1992 г. [4], реализуемый в двух основных форматах кодирования – поляризационном и фазовом [1–5]. В данной связи актуальной задачей является отыскание альтернативных способов кодирования кубитов. Это и является целью настоящей работы.

Схемотехника приготовления и измерения tb-кубитов хорошо разработана для систем КРК с фазовым кодированием [1–6]. Квантовый процессор этих систем содержит некоторый набор логических квантовых вентилей распределенных между удаленными пользователями А и Б (ПА, ПБ), соединенными квантовым (ККС) и классическим каналами связи. Наиболее широко используемым в этих системах вентилем является разбалансированный интерферометр Маха-Цендера (ИМЦ), объединяющий несколько логических устройств: однокубитовые квантовые вентили Адамара, сдвигающий и фазовращающий вентили, реализованные в виде ОВлиний задержки на время Δ и регулятора фазы α в плечах интерферометра [1–5]. Измерение временных кубитов  $|\psi_i\rangle$  осуществляется с помощью второго интерферометра Б, аналогичного рассмотренному выше ИМЦ-А. Результат расчета кет-вектора  $|\psi_4\rangle$  в системе из двух последовательно включенных интерферометров несложно получить путем замены состояния  $|\psi_0\rangle = |0\rangle$  на входе ИМЦ-Б.

При временном кодировании каждый из двоичных символов связывается с различным положением или конфигурацией сигнального квантового объекта на тактовом интервале Т. Для  $|\psi_i\rangle$  и  $|\phi_i\rangle$  в качестве сигнальных признаков можно использовать базу  $\Delta$  и временную задержку  $\tau$ , измеряемую относительно начала тактового интервала (ТИ). Основным критерием корректного выбора  $\Delta$  и  $\tau$  в СКРК для каждой конфигурации состояний  $|\alpha\rangle$ ,  $|\beta\rangle$ 

и  $|\gamma\rangle$  объектов  $|\psi_i(l)\rangle$  и  $|\phi_i(l)\rangle$  являются условия выполнения теоремы о запрете клонировния [1,2].

С учетом сделанных замечаний наиболее целесообразной конфигурацией кубитов  $|\psi_i(l)\rangle$  представляются структуры, показанные на рисунок  $1,a,\delta$ . На этом рисунке штриховкой обозначены временные интервалы возможной локализации одиночных фотонов, соответствующие базисными состояниям  $|\alpha\rangle$ ,  $|\beta\rangle$  и  $|\gamma\rangle$  кубитов  $|\psi_i(l)\rangle$  и кутритов  $|\phi_i(l)\rangle$ .

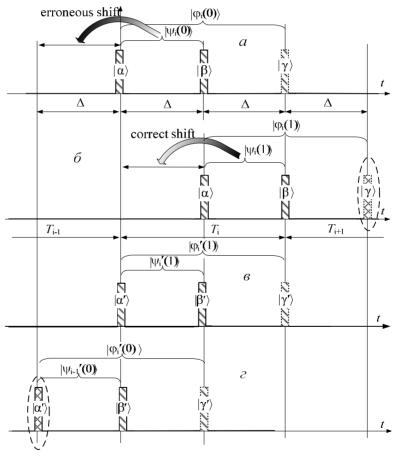


Рисунок 1 — Кодовые состояния кубитов  $|\psi i(l)\rangle$  и кутритов  $|\phi i(l)\rangle$ 

при различных временных сдвигах относительно границ і-го ТИ: 
$$a - |\psi i(0)\rangle$$
,  $|\phi i(0)\rangle$ ;  $\delta - |\psi i(1)\rangle$ ,  $|\phi i(1)\rangle$ ;  $\delta - |\psi i(1)\rangle$ ,  $|\phi i(1)\rangle$ ;  $\delta - |\psi i(0)\rangle$ ,  $|\phi i(0)\rangle$ 

Как видно из рисунка, в показанных структурах  $|\psi_i(I)\rangle$  одиночный фотон может находиться в середине или по краям ТИ. При этом если  $|\xi_{i\alpha}| = |\xi_{i\beta}|$ , то вероятности появления фотона в состояниях 0 и 1 в каждой из указанных областей совпадают. В таком случае четкое разделение в измеряемой последовательности  $|\psi_i(I)\rangle$  кубитов на  $|\psi(0)\rangle$  и  $|\psi(1)\rangle$  возможно лишь на основе процедур принятия и проверки состоятельности соответствующих гипотез в кажлом i-м ТИ.

Здесь предполагается только одно такое различие, именно, сдвиг кубита  $|\psi(1)\rangle$  на время  $\tau = -T/2$  в положение  $|\psi_i'(1)\rangle$ , как это показано стрелкой на рисунке  $1, \delta$ . Формальный алгоритм указанных преобразований  $|\psi_i(l)\rangle$  можно представить так: если l=0, то  $|\psi_i'(l)\rangle = |\psi_i(l)\rangle$ , иначе  $|\psi_i'(1)\rangle = |\psi_i(0)\rangle$ .

Анализ представленных на этих рисунках данных показывает возможность четкого и однозначного разделения трафика кутритов  $|\phi_i(l)\rangle$  на  $|\phi_i(0)\rangle$  и  $|\phi_i(1)\rangle$  и, таким образом, открывает перспективу построения протокола B92.

#### Литература

- 1. Нильсен М. Квантовые вычисления и квантовая информация: пер. с англ. / М. Нильсен, И. Чанг. М.: Мир, 2008. 824 с.
- 2. Имре Ш. Квантовые вычисления и связь. Инженерный подход / Ш. Имре, Ф. Балаж. М.: Физматлит, 2008. 320 с.
- 3. Кулик С.П. Письма в ЖЭТФ / С.П. Кулик, С.Н. Молотков, А.П. Маккавеев. -2007. Т. 85, № 6. С. 354-359.
  - 4. Bennett C.H. // Phys. Rev. Lett. 1992. N 68. P. 3121–3124.
- 5. Задорин А.С., Махорин Д.А. // Изв. вузов. Сер. Физика. 2016. Т. 59, № 3. С. 24–29.

# РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ПРИ СОГЛАСОВАНИИ ЭОП И ТЕЛЕВИЗИОННОГО ДАТЧИКА ПРИ ОЦЕНКЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ И СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

#### Е.В. Зайцева, канд. техн. наук; М.И. Курячий, канд. техн. наук; И.Н. Пустынский, д-р техн. наук, профессор

г. Томск, ТУСУР, katerinka\_zev@mail.ru

Аннотация: приведен способ калибровки видеоинформационных систем.

*Ключевые слова:* освещённость, техническое зрение, видеоинформационные системы, телевизионные датчики.

Потери при согласовании ЭОП и ТВ датчика предлагается, как правило, учитывать с помощью коэффициента оптической передачи по яркости  $k_B$ , который по определению [1–3] равен

$$k_B = \frac{2\pi\tau_o}{\beta^2} \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1+d^2}} \right],$$

где  $E_{\rm пзc}$  – освещённость фоточувствительной поверхности матрицы ПЗС, Вт/м²;  $B_{\rm o}$  – яркость объекта, Вт/(ср·м²),  $\tau_{\rm o}$  – коэффициент пропускания согласующего объектива;  $D_{\rm вx.3}$  – диаметр входного согласующего объектива, м;  $f_{\rm o}$  – фокусное расстояние объектива согласующей системы, м;  $\beta$  – модуль коэффициента увеличения согласующей оптики (линейный масштаб изображе-

ния), 
$$d = \frac{D_{\text{вх.3}}\beta}{2f_0(1+\beta)}$$
.

Соответственно выражение для расчёта освещённости фоточувствительной поверхности матрицы ПЗС примет вид

$$E_{\text{mac}} = B_{\text{o}} k_B = B_{\text{o}} \frac{2\pi \tau_{\text{o}}}{\beta^2} \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + d^2}} \right].$$

Освещенность на светочувствительном слое преобразователя «свет-сигнал», в общем случае, складывается из двух частей, одна из которых создается светом, образующим оптическое изображение, а другая — рассеянным светом.

Рассеяние света обусловлено примесными частицами внутри самого стекла, пылью и влагой на поверхностях линз, отражениями от поверхностей раздела «стекло – воздух» и внутренних элементов объектива и ТВ камеры [4].

Отраженные от поверхностей раздела «стекло – воздух» лучи создают вторичные изображения, представляющие собой световые пятна в плоскости изображения. А так как пятна перекрываются, то паразитная освещенность, которую они создают, практически равномерна. Паразитная освещенность накладывается на первичное оптическое изображение, снижая тем самым, контраст изображения.

Общая освещенность изображения на фоточувствительной поверхности ТВ датчика будет равна

$$E_{\text{общ}} = \left(1 - \eta_{\text{p}}\right) E_{\text{of}} \frac{\rho \tau}{\beta^2} 2 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + d^2}}\right] + \eta_{\text{p}} E_{\text{cp}}. \tag{1}$$

Предлагается на основании полученного выражения для интегральной чувствительности АИТВС разработать методику оценки качества распознавания объектов АИТВС.

Решение задачи подтверждения подлинности распознаваемого объекта должно содержать следующие действия:

Формирование серии изображений объекта с различной интенсивностью освещения объекта в случайные моменты времени.

Анализ изображений распознаваемого объекта с различной интенсивностью освещения.

Эквивалентную освещённость оптического изображения объекта  $E_{\rm im}$  возможно рассчитать, используя массив яркостей оптического изображения объекта согласно рекомендациям, описанным в стандарте федеральной комиссии связи (FCC) [5]:

$$E_{\rm im} = K_c g_b, \qquad (2.2)$$

$$\overline{g}_b = \frac{1}{WH} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} g_b(x, y), \qquad (2.3)$$

где  $K_c$  — коэффициент расчёта энергетической освещённости объекта;  $g_b$  — средняя освещённость распознаваемого объекта в плоскости оптического изображения; (x,y) — координаты текущего пикселя, x=0,1,...,W-1, y=0,1,...,H-1; W и H — количество пикселей, соответствующее ширине и высоте изображения объекта;  $g_b(x,y)$  — яркость пикселя.

Для калибровки АИ ТВС требуется сформировать два изображения распознаваемого объекта с заданными яркостями источника освещения В0 и В1:

$$K_c = (B_1 - B_0)\left(\frac{2\pi\tau_o \left(1 - \eta_p\right)}{\beta^2 (\overline{g}_1 - \overline{g}_0 + 0,001)} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + d^2}}\right] + \eta_p E_m\right).$$

После калибровки видеоинформационной системы и проверки распознаваемости объектов могут быть проведены экспериментальные испытания системы.

#### Литература

- 1. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов / Ю.Г. Якушенков. М.: Логос, 2011. 468 с.
- 2. Уваров Н. Секреты высокой чувствительности ТВ камер / Н. Уваров // Алгоритмы безопасности,  $2002 \, \text{г.} \text{№} 6. \text{C.} 14-18.$
- 3. Князев М.Г. Расчёт пороговых значений потока излучения и освещённости для ПЗС матриц Kodak KAI-1003M, Kodak

КАІ-1020 и Philips FTF3020М / М.Г. Князев, А.В. Бондаренко, И.В. Докучаев // Цифровая обработка сигнала. — 2006. —  $N_2$  3. — С. 49—56.

- 4. Богатов Г.В. Контрастные искажения в телевидении / Г.В. Богатов. М.-Л.: Энергия, 1965. 284 с.
- 5. Plataniotis K.N. Color image processing and applications / K.N. Plataniotis, A.N. Venetsanopoulos // Engineering Monograph: Springer Science & Business Media. 2000. 65 c.

#### ФОРМИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ МАЛОГО БИЗНЕСА

#### А.Н. Важдаев; А.А. Мицель, д-р техн. наук, профессор

г. Томск, ТУСУР, wazdaev@ngs.ru

Аннотация: доклад посвящен формированию городской программы мероприятий для развития малого бизнеса в моногороде. Описывается алгоритм формирования общего списка всех возможных мероприятий. На основании него описывается алгоритм определения списка конкретных городских мероприятий, которые способны повлиять на развитие малого бизнеса в моногороде.

*Ключевые слова:* моногород, программа мероприятий, мезофакторы, мезостратегии, микропоказатели.

В своих ранних работах [1, 2] авторы исследовали проблемы в моногородах и разработали однофакторную и многофакторную модели развития городского малого бизнеса, основанные на управлении городскими показателями.

В ходе осуществленных исследований были определены основные мезофакторы (социально-экономические показатели) моногорода и агрегированные микропоказатели малого бизнеса (взятые из годовой регламентированной отчётности — бухгалтерского баланса), между которыми было выявлено существование значимой корреляции.

В отношении каждого из мезофакторов могут применяться три основных стратегии: стратегия снижения, стратегия балансирования и стратегия роста мезофактора. Такие изменения будем называть мезостратегиями.

Сначала администрации города необходимо составить общий список всех возможных мероприятий, способных повлиять на развитие малого бизнеса. На рисунке 1 в виде блок-схемы представлен алгоритм составления такого списка.

Затем необходимо сформировать список конкретных мероприятий, направленных на развитие малого бизнеса. Исходя из балансовой основы микропоказателей, было определено три группы стратегий управления: активная — изменение структуры показателей актива при неизменном значении показателей пассива, пассивная — изменение структуры показателей пассива при неизменном значении показателей актива, активно-пассивная — изменения происходят одновременно и в активах и пассивах. На основании мезостратегий и стратегий управления микропоказателями власти моногорода смогут определить состав программы городских мероприятий, направленных на развитие малого бизнеса (рисунок 2).

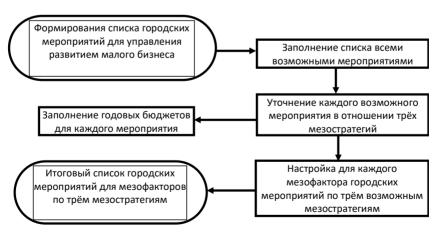


Рисунок 1 – Схема формирования полного списка мероприятий

В результате осуществления описанных процедур администрация города получит готовую программу развития малого бизнеса на своей территории в соответствии со своими приоритетами, возможностями и ограничениями.

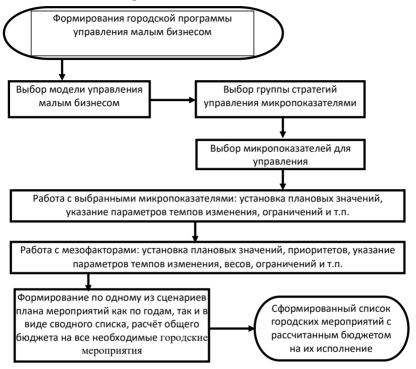


Рисунок 2 – Алгоритм формирования списка городских мероприятий

#### Литература

1. Vazhdaev A. The relationship of city and small business economic parameters / A. Vazhdaev, A. Mitsel, M. Grigoryeva // Proceedings of the IV International research conference Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine. – 2017. – Vol. 72. – Pp. 1–4. doi: 10.2991/itsmssm-17.2017.1.

#### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОГО МОДУЛЯТОРА В СРЕДЕ МАТНСАD

#### В.Д. Семенов, канд. техн. наук, доцент; В.А. Кабиров

г. Томск, ТУСУР, svd@ie.tusur.ru

Аннотация: в работе рассмотрена имитационная модель широтно-импульсного модулятора (ШИМ), с помощью которой изучается возможность построения цифрового ШИМ (ЦШИМ). Показано, что время, необходимое для цифровой обработки сигнала перед его преобразованием в длительность, является по существу, постоянным транспортным запаздыванием. При этом время преобразования цифрового сигнала в длительность зависит, как от рода ШИМ, так и от постоянной составляющей сигнала, которая определяется положением рабочей точки нелинейной импульсной системы. Модель позволяет наметить пути уменьшения чистого запаздывания при построении ЦШИМ.

*Ключевые слова:* импульсные преобразователи напряжения, широтно-импульсные модуляторы, цифровая реализация ШИМ, звено запаздывания.

Цифровые системы управления (ЦСУ), используемые для управления импульсными преобразователями напряжения, обладают, по отношению к аналоговым системам, рядом преимуществ. Однако прямая замена аналоговой системы управления импульсного преобразователя напряжения (ИПН) на цифровую систему, приводит к снижению его динамических характеристик и точности из-за задержек и эффекта квантования, связанных с алгоритмом работы цифрового ШИМ, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и цифрового корректирующего звена (ЦКЗ). Поэтому изучение динамических характеристик цифровых систем является актуальной задачей.

На рисунке 1,*а* приведена структурная схема импульсного преобразователя напряжения с единичной отрицательной обратной связью, реализованная на цифровых элементах.

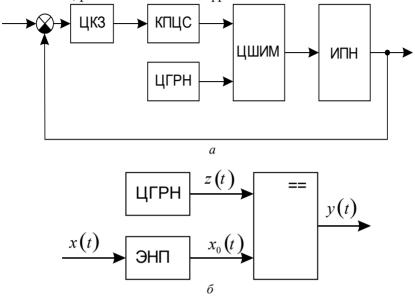


Рисунок 1 — Структурная схема: a — импульсного преобразователя;  $\delta$  — модель ЦШИМ

Выходное напряжение U<sub>out</sub> преобразователя ИПН преобразуется в цифровой код с помощью аналого-цифрового преобразователя АЦП и подается на цифровой сумматор ЦС, в котором оно вычитается из цифрового задающего сигнала U<sub>z</sub>. Разностный сигнал ошибки через цифровое корректирующее звено (ЦКЗ) и канал передачи цифрового сигнала (КПЦС) поступает на один из входов цифрового ШИМ (ЦШИМ), роль которого выполняет цифровой компаратор. На другой вход ЦШИМ поступает цифровой модулирующий (развертывающий) сигнал от цифрового генератора развертывающего напряжения (ЦГРН). В звене ЦШИМ скорректироошибки преобразуется сигнал относительную В длительность импульса, пропорциональную сигналу ошибки. По приведенной структуре системы автоматического управления (САУ) можно определить следующие интервалы времени, необходимые для цифровой обработки сигналов:  $\tau_{zak}$  – время захвата аналогового кадра; трк - время преобразования аналогового кадра в цифру;  $\tau_{zrp}$  – время записи сигнала в регистр памяти. Тогда чистое время того транспортного запаздывания в цепи обратной связи будет равно сумме указанных времен  $\tau_{zos} = \tau_{zak} + \tau_{prk} + \tau_{zrp}$ . Для обработки сигналов в прямой цепи САУ потребуются следующие интервалы времени:  $\tau_{alo}$  – время необходимое для реализации арифметико-логических операций при вычислении сигнала ошибки и его коррекции в звене ЦКЗ; т<sub>pks</sub> время необходимое для передачи сигнала по цифровому каналу связи КПЦС;  $\tau_{zrk}$  – время записи данных в регистр компаратора (ШШИМ); т<sub>kd</sub> – время необходимое ЦШИМ для преобразования кода в длительность. Соответственно, время чистого запаздывания в прямом канале САУ найдем по выражению  $au_{zpk} = au_{alo} + au_{pks} + au_{zrk}$  . Для исследования времени  $au_{kd}$ , необходимого ЦШИМ для преобразования кода в длительность, применим имитационную модель ЦШИМ представленную на рисунок 1,6. Она состоит из цифрового генератора (ЦГРН), экстраполятора нулевого порядка (ЭНП) и компаратора. Период и фаза работы экстраполятора совпадают с периодом работы ЦГРН или кратны ему, как показано на рисунок 3.

В качестве тестового для исследования ЦШИМ используется сигнал вида

$$x(t) = A \cdot \cos(2\pi f \cdot t) + b$$
,

в котором постоянная составляющая b, определяется положением рабочей точки на регулировочной характеристике, а амплитуда косинусной составляющей играет роль малого отклонения величины в заданной рабочей точке. На приведенных диаграммах можно наблюдать, что при  $q_{iz}$ =1 фактически реализуется ШИМ1, а при  $q_{iz}$ =4 ЦШИМ приближается к ШИМ2.

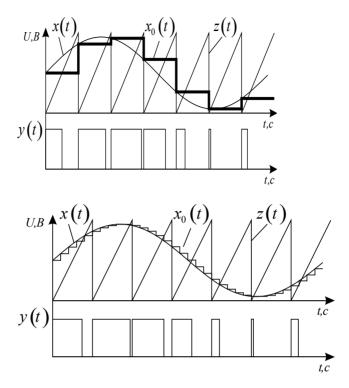


Рисунок 3 — Диаграммы ЦШИМ при кратности измерения:  $a - q_{iz} = 1$ ;  $\delta - q_{iz} = 4$ 

Результаты исследования времени  $\tau_{kd}$  преобразования кода (числа) в длительность проведенного в частотной области, представленные на рисунке 4, показывают, что ЦШИМ представляет собой звено запаздывания с переменной длительностью его постоянной времени.

При этом максимальное значение этой постоянной времени равно интервалу измерения  $T_{iz} = T_{\Pi}/\ q_{iz}$ , равному интервалу работы экстраполятора ЭНП и уменьшается до нуля при уменьшении постоянной составляющей b тестового сигнала.

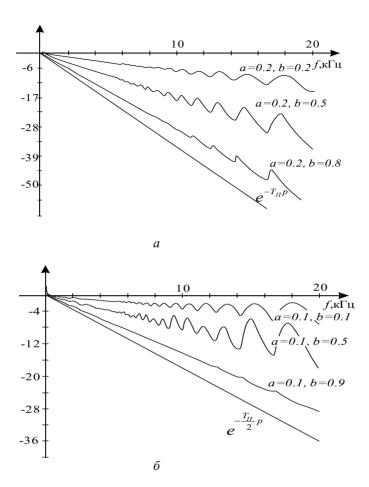


Рисунок 4 — Результаты исследования запаздывания ЦШИМ: a — при  $q_{iz}$  = 1;  $\delta$  —  $q_{iz}$  = 2

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДДЕРЖКИ МАЛОГО И СРЕДНЕГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

#### П.В. Сенченко, канд. техн. наук, доцент

г. Томск, ТУСУР, pvs@tusur.ru

Аннотация: представлен вариант построения автоматизированной информационной системы поддержки малого и среднего бизнеса Томской области. Определяется назначение и область применения предложенной информационной технологии. Строиться обобщенная архитектура и выявляются функции системы. Обосновывается целесообразность программной реализации информационной технологии в виде веб-ориентированной информационной системы.

Ключевые слова: информационные технологии, малый и средний бизнес, информатизация, система межведомственного электронного взаимодействия, документооборот, веб-ориентированные информационные системы.

Описание предметной области: одну из ведущих ролей в экономики России играют субъекты малого и среднего предпринимательства. В нашей стране малый и средний бизнес находится в просвоего становления и нуждается в поддержке стимулировании своей деятельности со стороны государства. В субъектах Российской Федерации сформированы различные структуры, чья деятельность направлена на поддержку малого и среднего предпринимательства. Существующие механизмы поддержки предпринимательства в РФ и в Томской области в частности, способствуют созданию благоприятных условий для создания и развития малого и среднего бизнеса, эффективному взаимодействию субъектов малого и среднего предпринимательства с хозяйствующими субъектами других регионов России и зарубежными партнерами.

В Томской области основные функции обеспечения поддержки малого и среднего бизнеса возложены на департамент раз-

вития предпринимательства и реального сектора экономики Администрации Томской области (далее Департамент), а также на Фонд поддержки малого и среднего бизнеса. Совместными усилиями сотрудников двух организаций разработан комплекс мер, обеспечивающих предоставление материальной поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства, среди которых можно выделить следующие механизмы государственной поддержки, представленный в [1]. Для каждого из видов государственной поддержки утвержден особый регламент подачи и рассмотрения документов, набор которых, сроки и порядок согласования могут значительно отличаться от вида запрашиваемой господдержки.

Предпосылки к автоматизации процессов поддержки малого и среднего бизнеса

По результатам проведенного анализа опыта работы сотрудников Департамента при реализации механизмов государственной поддержки субъектов малого и среднего бизнеса был выявлен ряд проблем:

- низкая информированность представителей малого и среднего бизнеса о существующих механизмах государственной поддержки;
- проблемы оперативного сбора и обработки исходных данных субъектов малого и среднего бизнеса;
- отсутствие возможности предоставления и проверки электронных документов, подаваемых Заявителем;
- существенные временные затраты при предоставлении субъектом малого и среднего бизнеса пакета документов на получение государственной поддержки;
- отсутствие оперативной обратной связи представителей малого и среднего бизнеса с сотрудниками уполномоченного органа исполнительной власти, на этапе рассмотрения заявки на получение государственной поддержки.

Решение обозначенных проблем может быть достигнуто путем создания и внедрения информационной технологи, позволяющей автоматизировать процессы, направленные на предоставлегосподдержки субъектам среднего ние малого И предпринимательства. В такой информационной технологии должны быть реализованы механизмы, обеспечивающие автоматизированный сбор и обработку информации о Заявителях, а также технологию обратной связи, посредством использования сети Интернет. Должна быть предусмотрена возможность электронного взаимодействия с Заявителями, а также различными государственными организациями, такими как Пенсионный фонд России (ПФР), Федеральная налоговая служба (ФНС) и Фонд социального страхования (ФСС) с целью получения и проверки поданных сведений Заявителями. Реализация такого взаимодействия обусловлена требованиями Федерального закона Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 210-ФЗ, согласно которому органы, предоставляющие государственные и муниципальные услуги, обязаны «...обеспечивать возможность получения заявителем государственной или муниципальной услуги в электронной форме...» [2].

Автоматизация процесса обеспечения поддержки субъектам малого и среднего предпринимательства

Уровень автоматизации деятельности, направленной на поддержку малого и среднего бизнеса в настоящее время преимущественно сводится к созданию Интернет-сайтов, на которых представлен перечень вариантов поддержки, порядок ее предоставления, рекомендации Заявителям по подготовке документов, а также некоторые дополнительные сервисы, не обеспечивающие, однако автоматизацию процесса получения господдержки [3–5].

По результатам анализа предметной области разработан набор алгоритмов решения задачи автоматизации процесса предоставления государственной поддержки субъектам малого и среднего предпринимательства на территории Томской области.

В соответствии с разработанными алгоритмами, определены основные функциональные задачи, решаемые с помощью программного обеспечения информационной технологии (далее Система).

- 1. Формирование и ведение в базе данных (БД) первичных сведений о Заявителях.
- 2. Организация ролевого регламентированного доступа к данным согласно действующим нормативным актам, определяющим порядок предоставления Заявителем необходимых документов на получение господдержки.
- 3. Ввод Заявителем в Систему полнотекстовых электронных документов (с обязательным их хранением в БД), необходимых для предоставления различного вида господдержки с возможностью информирования сотрудника Департамента, отвечающего за работу с данными документами, о предоставлении полного комплекта необходимых документов.
- 4. Хранение в БД документов, сформированных сотрудниками Департамента.
- 5. Просмотр сотрудником Департамента документов и первичных сведений Заявителя.
- 6. Ввод в Систему информации о результатах работы с документами Заявителя.
- 7. Добавление (изменение) документов Заявителем при получении соответствующего заключения о необходимости добавления (изменения) состава (содержания) документов со стороны сотрудника Департамента.
- 8. Ввод информации в Систему о результатах рассмотрения заявлений на предоставление господдержки.

Формирование сложно-структурированных запросов на выборку данных и сводных отчетов с использованием набора различных фильтров:

 организация автоматизированного контроля исполнения документов: постановка документов на контроль; формирование напоминаний и писем предупреждений о необходимости исполнения в срок соответствующих документов; продление срока исполнения, а также снятие документа с контроля;

- ведение технологии электронного взаимодействия между Заявителем, Департаментом, ПФР, ФНС и ФСС на основе технологии межведомственного электронного взаимодействия;
- обеспечение взаимосвязи между документами различного уровня исполнения.

Поскольку для основного потока Заявителей предпочтительно использовать удаленный доступ к Системе, то одним из вариантов технической реализации архитектуры программного обеспечения данной информационной технологии является ее разработка в виде веб-приложения в идеологии клиент-серверных систем с использованием «тонкого клиента» [6].

#### Заключение

Основной целью разрабатываемой информационной технологии можно определить повышение эффективности предоставления форм государственной поддержки за счет автоматизации процесса сбора и обработки первичных данных Заявителей на получение субсидий и иных форм государственной поддержки, а также обеспечение безбумажного документооборота при рассмотрении документов Заявителей. Приоритетными задачами такой информационной технологии, являются:

- 1. Развитие инфраструктуры поддержки предпринимательства.
- 2. Создание благоприятных условий и устранение технических и бюрократических барьеров для развития бизнеса (ведение бизнеса по финансовому, кадровому, правовому и информационному обеспечению деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства, развитие межрегионального и международного сотрудничества).
- 3. Формирование позитивного образа предпринимательской деятельности.
- 4. Вовлечение молодежи в активную предпринимательскую деятельность.

Представленная автоматизированная информационная система поддержки малого и среднего предпринимательства Томской области разработана сотрудниками кафедры автоматизации обработки информации ТУСУРа и внедрена в Департаменте развития предпринимательства и реального сектора экономики администрации Томской области.

## Литература

- 1. Механизмы поддержки малого и среднего бизнеса [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://mb.tomsk.ru/, свободный (дата обращения: 01.02.2015).
- 2. Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг: Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 210-ФЗ // Российская газета. -2010. № 5247.
- 3. Федеральный портал малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://smb.gov.ru/ (дата обращения: 01.02.2015).
- 4. ОАО «Красноярское региональное агентство поддержки малого и среднего бизнеса» [Электронный ресурс]. Режим доступа http://agpb24.ru/ (дата обращения: 01.02.2015).
- 5. Портал малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс]. Режим доступа http://www.mbm.ru/ (дата обращения: 01.02.2015).
- 6. Сенченко П.В. Обоснование целесообразности применения web-ориентированных технологий при разработке информационных систем электронного документооборота // Проблемы теории и практики управления. -2011.- N = 6.-C.33-37.

# ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОНЛАЙН-ПАНЕЛЕЙ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Сидоров, канд. экон. наук; Е.А. Люберцева, магистрант

## г. Томск, ТУСУР, saa@muma.tusur.ru

Аннотация: рассматриваются вопросы применимости панельных исследований на основе современных информационно-коммуникационных технологий в обеспечении деятельности органов власти и управления. Отмечается, что, несмотря на имеющиеся недостатки, рассматриваемый методический и технологический подход имеет ряд преимуществ, оказывающих существенное влияние на рост вовлеченности населения в управление и, как следствие, развитие демократических принципов, а также повышение обоснованности управленческих решений.

С ростом интернетизации различных сфер общественных отношений и повышением уровня компьютерной грамотности населения все большую значимость приобретает цифровизация публичного управления. Особый исследовательский и практический интерес в связи с этим представляют вопросы о возможностях интернет-коммуникаций органов власти с населением в рамках информационно-аналитического обеспечения принятия управленческих решений.

Развитие демократических принципов управления предполагает учет позиций всех заинтересованных сторон, одной из которых в масштабах территориального управления является население. Сегодня практически единственным механизмом, позволяющим аккумулировать соответствующее мнение, является опросная методология, реализуемая в рамках выборочного обследования, в том числе через панельные исследования.

Разновидностью традиционного панельного исследования является интернет- или онлайн-панель, которая обладает определенными преимуществами перед классическим выборочным обследованием (таблица).

Применение интернет-панелей для информационно-аналитической поддержки подготовки и принятия решений в органах публичного управления характеризуется следующими основными преимуществами:

- снижением финансовых и организационных издержек получения доступа к респондентам (исследователю не нужно нанимать большой штат интервьюеров, тратить средства и время на их обучение, организацию деятельности и контроля, тиражирование печатных материалов и закупку необходимых принадлежностей);
- упрощением благодаря цифровой природе подхода процесса обработки полученных данных (за счет фактического исключения этапа переноса собранного информационного массива в машиночитаемый вид) и исключением ошибок ввода данных оператором;
- расширением арсенала коммуникации за счет возможности использования медиаконтента при формулировании вопросов и вариантов ответов;
- упрощением процедуры подготовки выборки за счет использования постоянно поддерживаемой в актуальном состоянии и обновляемой базы респондентов.

Таблица — Сравнительная характеристика классического выборочного и онлайн-панельного обследования

Основание	Вид обследования		
для сравнения	Классическое выборочное	Онлайн-панельное	
Объект исследование	Большие совокупности людей, дифференцированные по различным социально-демографическим признакам и рассредоточенные по большой территории	Большие совокупности людей, дифференцированные по различным социальнодемографическим признакам и рассредоточенные по большой территории, обладающие при этом	
Затратность	Затраты на подготовку, проведение и обработку результатов	выходом в Интернет Затраты на создание и администрирование панели; существенная экономия на этапах проведения и обработки результатов за счет автоматизации	

Оператив-	В зависимости от цели	За счет онлайн-размещения
ность	исследования и вели-	анкет, их заполнения
проведения,	чины выборки может	и автоматизированной
получения	занимать довольно	обработки сроки
и обработки	продолжительный срок	существенно сокращаются
результатов		

Основание	Вид обследования		
для сравнения	Классическое выборочное	Онлайн-панельное	
Репрезента-	Достигается путем	Снижается с течением	
тивность	специальных расчетов и	времени в результате	
результатов	сохраняется на заданном	изменений в численности	
	уровне в течение всего	и структуре населения;	
	исследования	в этой связи приходится пе-	
		риодически вносить	
		корректировки в состав па-	
		нели, поддерживая ее пара-	
		метры	
Время	Подходит для конкрет-	Позволяет непрерывно, си-	
существова-	ного исследования	стематически или	
ния	единожды	периодически получать ин-	
		формацию по различным	
		вопросам	

Таким образом, возможности интернет-панелей достаточно разнообразны и привлекательны для сферы публичного управления, в том числе за счет существенной экономии финансовых и временных ресурсов, а также применимости для получения данных от значительно рассредоточенных респондентов.

#### АЛГРИТМ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ РАН

Г.В. Смирнов, д-р техн. наук, профессор; А.В. Ковальский, аспирант

#### г. Томск, ТУСУР, smirnov@main.tusur.ru

Аннотация: в тезисах доклада приведен алгоритм лечения острых и хронических ран с использованием вакуумной терапии и доступных антисептиков и стимуляторов роста тканей в травмированных местах, в процессе заживления. В качестве доступных веществ для лечения предлагается использовать продукты активированной воды: анолит и католит. Для повышения эффективности лечения предлагается использовать на заключительной стадии лечения инфразвук.

Ключевые слова: раны, лечение, анолит, католит, ультразвук.

В патенте [1] предложен один из возможных вариантов лечения острых и хронических ран. Алгоритм процесса лечения заключается в следующем. На первой стадии лечения на область очищенной раны накладывают вакуумную повязку и к ране подводят дренажную трубку. Дренажная трубка подсоединяется к медицинскому насосу В-40А (Беларусь) с помощью которого создают уровень пониженного давления в области раны от 25 до 200 Торр (8 градаций). При указанном пониженном давлении проводят дренажно – промывную терапию, при которой через дренажную трубку к ране подводят анолит который считается одним из мощнейших антисептиков, губительно воздействующих на многие микроорганизмов, приводящие воспалению виды К раны.

Во 2-й стадии лечения, при которой происходит процесс заживления раны при уменьшении её локального отека и снижения её микробной обсемененности, упомянутый выше цикл лечения повторяют, однако в процессе приточной дренажно-промывной терапии вместо анолита применяют католит. Использование католита для дренажа заживающей раны обусловлено тем, что он обладает иммуностимулирующим, детоксирующим действием, ускоряет регенерацию тканей и поэтому эффективен при многих хронических заболеваниях, сопровождающихся ослабленной иммунной реактивности организма, длительно незаживающих ранах

и язвах. Католит является самым мощным, антиоксидантом из известных ныне антиоксидантов. Он стимулирует процессы репаративной регенерации, проявляет детоксицирующий и биостимулирующий эффект. При применении католита ускоряются процессы физиологической регенерации клеток, стимулируется синтез ДНК. Эта модификация воды обладает иммунокоррегирующим действием; усиливает детоксицирующую функцию печени; стабилизирует проницаемость мембран клеток; нормализует энергетический потенциал клеток. Как стимулятор биологических процессов, католит направляет их по оптимальному пути. Он является переносчиком полезных организму компонентов (активированных молекул и микроэлементов), несущих с собой энергию, недостаток которой ощущается во время болезни. Эта вода быстро заживляет раны, стимулирует обмен веществ в организме, повышает давление крови у гипотоников, улучшает аппетит и пищеварение.

В процессе подвода католита к ране в нём возбуждаются инфразвуковые колебания мощностью от 10-2 до 1 Вт/см2 непрерывно и циклически изменяющиеся в диапазоне от 10 до 30 Гц обратно. Положительное частотное воздействие на заживающую гнойную рану обусловлено следующими факторами. Спектры частоты и мощности нормальной биосистемы, будь то отдельные клетки, органы и т.д., имеют Фликкер шумовой (ФШ)-характер [2]. Редокс-потенциал католита содержит изменяющуюся во времени составляющую ФШ, в которой можно выделить три фазы: первую и третью медленного роста (Eh)кат во времени, и вторую – относительно быстрого роста (Eh)<sub>кат</sub> во времени. На медленный рост (Еh)кат накладываются относительно быстрые сверхнизкочастотные (ЧНЧ) ФШ колебания, верхние частоты которых не превышают 1 Гц. Подобные СНЧ ФШ-колебания генерируют, в частности, биологически активные точки (БАТ) и биологические обусловлен выбранный мембраны. Этим нами диапазон частот, равный 0,1 Гц, так как при последовательном циклическом изменении частоты от 0,1 Гц до 30 Гц при определенной частоте возникает резонанс с частотой мембран пациента, что приводит к интенсификации процессов регенерации раны.

В настоящее время авторами патента [1] получен сертификат на производство аппаратов для вакуумно-промывной терапии и выпущена первая партия упрощенных приборов, реализующих указанный способ. Проводятся работы по дальнейшему совершенствованию этой аппаратуры, с возможностью 100% реализации описанного в патенте способа.

## Литература

- 1. Патент РФ № 2555392. Способ лечения острых и хронических ран / Г.В. Смирнов, Д.Г. Смирнов, Н.Н. Несмелова, А.И. Меркулов ; Дата публикации заявки: 27.04. 2015 Бюл. № 12. Опубликовано: 10.07.2015 Бюл. №19
- 2. Пасько О.А. Активированные жидкости, электромагнитные поля и фликкер-шум. Их применение в медицине и сельском хозяйстве: моногр. / О.А. Пасько, А.В. Семенов, Г.В. Смирнов, Г. Смирнов. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. С. 159–209.

# ИЗМЕРИТЕЛЬ МОДУЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СРЕД В ШИРОКОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ

## А.В. Филатов, д-р техн. наук, доцент

г. Томск, ТУСУР, filsash@mail.ru

Аннотация: рассмотрен широкополосный измеритель интегрального значения модуля коэффициента отражения с использованием шумовых сигналов низкой интенсивности, принцип работы которых основан на одной из модификаций нулевого метода измерений.

Ключевые слова: шумовые сигналы, коэффициент отражения.

Развитие современных радиосистем характеризуется внедрением широкополосных технологий. Растет потребность в различных радиоматериалах, что в свою очередь приводит к необходиэлектрофизических мости точных измерений ИХ Существующие радиоволновые методы оценки электромагнитных свойств материалов в СВЧ диапазоне не дают полной информации об их барьерных свойствах, так как используют монохроматические излучения высокой интенсивности. Поэтому актуальной задачей является разработка средств и методики измерения электропараметров физических материалов шумовых низкоинтенсивных полях.

В работе рассмотрен измеритель коэффициента отражения различных сред. Приведен фрагмент структурной схемы входного узла измерителя, в которой учтены: конечная направленность ответвителя, потери в антенне аппликаторного типа, расположенной непосредственно на объекте исследования и в фидере, соединяющем антенну с направленным ответвителем.

В результате моделирования определено влияние на точность измерений неидеальности узлов во входном тракте и получены выражения для выбора параметров узлов с учетом заданной погрешности измерений. Показано, что основная погрешность возникает на краях диапазона измерения и имеет разные знаки для минимального и максимального значений.

Получены значения потерь в фидере, коэффициента полезного действия широкополосной антенны, величина развязки в направленном ответвителе. Для прецизионных измерений требования к названным узлам возрастают. Таким образом, к достоинству данной схемы можно отнести то, что после изготовления измерителя не требуются калибровки активных СВЧ- элементов, а недостатком – использование во входном узле качественных элементов (ответвителя с высокой степенью направленности, соединение антенны с направленном ответвителем с низкими потерями, широкополосную антенну коэффициентом c высоким полезного действия). Снижение требований к узлам приведет к росту погрешности.

Предложена вторая модель измерителя с калибровкой в одной точке. Тогда погрешность в конце измерительной шкалы принимает нулевое значение, а в начале — связана со степенью развязки направленного ответвителя.

# РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ПИРАМИДАЛЬНОЙ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ

### Г.Г. Гошин, д-р физ.-мат. наук, профессор

г. Томск, ТУСУР, goshingg@svch.tusur.com

Аннотация: проведены сравнения диаграмм направленности пирамидальной рупорной антенны, полученных апертурным методом, посредством электродинамического моделирования в САПР и измеренных в зоне Френеля.

*Ключевые слова:* диаграмма направленности антенны, моделирование в САПР, измерения в зоне Френеля.

Целью работы является сравнение диаграмм направленности (ДН) пирамидальной рупорной антенны, полученных апертурным методом, посредством электродинамического моделирования в САПР и измеренных в зоне Френеля с использованием плоского сканера [1]. Измерения проведены в безэховой экранированной камере. В качестве исследуемой была взята пирамидальная рупорная антенна с размерами апертуры 120×116 мм и длиной 292 мм. Фотография антенны приведена на рисунок 1. Подобное сравнение в литературе отсутствует.



Рисунок 1 – Пирамидальная рупорная антенна

Выражения для ДН пирамидального рупора, найденные апертурным методом, в H и E плоскостях описываются известными формулами:

$$F_{H}(\theta) = \cos(\theta) \frac{\cos\left(\frac{\pi a_{p}}{\lambda}\sin(\theta)\right)}{1 - \left(\frac{2\pi a_{p}}{\pi\lambda}\sin(\theta)\right)^{2}},$$
(1)

$$F_{E}(\theta) = \cos(\theta) \frac{\sin\left(\frac{\pi b_{p}}{\lambda}\sin(\theta)\right)}{\frac{\pi b_{p}}{\lambda}\sin(\theta)},$$
 (2)

где  $a_p$  ,  $b_p$  — размер апертуры в H и E плоскостях;  $\lambda$  — длина волны; угол  $\theta$  отчитывается от оси рупора.

Рассчитанные по этим формулам нормированные ДН приведены на рисунке 2. Для сравнения на рисунке 3 приведены нормированные ДН, полученные посредством электродинамического моделирования в САПР.

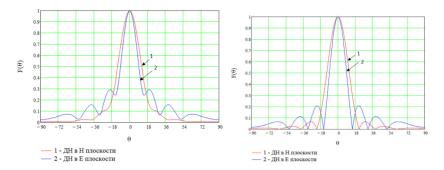
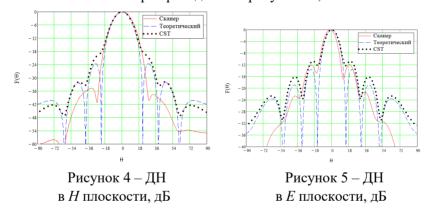


Рисунок 2 — Нормированные ДН, апертурный метод

Рисунок 3 — Нормированные ДН, моделирование в САПР

Результаты измерений диаграмм в зоне Френеля с использованием плоского сканера приведены на рисунках 4, 5.



Сравнение приведённых диаграмм направленности пирамидальной рупорной антенны, полученных тремя различными способами, показывают, что все они сходятся по форме и ширине главного лепестка и несколько отличаются по уровню боковых лепестков. Это также свидетельствует о том, что измерения в зоне Френеля с учётом имеющихся погрешностей дают результаты, близкие к расчётным.

#### Литература

1. Бахрах Д.Д. Методы измерения параметров излучающих систем в ближней зоне / Д.Д. Бахрах, С.Д. Кременецкий. – Л.: Наука, 1985. - 272 с.

# О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ВУЗАХ

В.Ю. Цибульникова, канд. экон. наук; М.В. Рыжкова, д-р экон. наук, доцент

г. Томск, ТУСУР, tuv82@bk.ru

Аннотация: предпринимательство является одним из важных факторов экономического развития страны. Именно предприниматели обеспечивают развитие новых технологий, способствуют появлению новых отраслей промышленности, усиливая конкуренцию. Научные работы зарубежных авторов показывают, что технологическое предпринимательство дает больший социальный и экономический вклад в развитие инновационного потенциала страны, чем другие формы предпринимательства. Университеты играют особую роль в качестве базы для создания новых технологических компаний. Создание предприятий на базе результатов университетских исследований и разработок уже стало важной частью проводимой инновационной политики в большинстве стран. Поэтому крайне важно развивать технологическое предпринимательство в России именно на базе ВУЗов.

*Ключевые слова:* технологическое предпринимательство, инвестиции, венчурный фонд, инновации, вуз.

Технологическое предпринимательство в основном понимают как создание нового бизнеса, основным конкурентным преимуществом которого является инновационная высокотехнологичная или наукоёмкая идея. От других форм предпринимательства технологическое предпринимательство отличается тем, что создание новых продуктов или услуг в этом случае напрямую связано с использованием новейших научных знаний и/или технологий, правами на которые обладает компания-разработчик. Производственные процессы на таких предприятиях обычно строятся по принципам стартапа.

Выделение технологического предпринимательства в отдельную группу «основанных на новых технологиях фирм» произошло в середине 1990-х в США, где быстро росло число высокотехнологичных стартапов.

На сегодняшний день технологическое предпринимательство распространено, главным образом, в Интернет-индустрии и индустрии разработки программного обеспечения — областях, где новые разработки можно особенно быстро коммерциализировать. Для успешного функционирования подобного рода инновационных коопераций в экономике необходимо соблюдение трех условий:

- возможность трансфера научных достижений в бизнес;
- наличие механизмов венчурного финансирования;
- развитый рынок технологий.

Так Министерство образования и науки РФ совместно с Экспертным советом при правительстве в настоящее время разрабатывают «дорожную карту» по поддержке технологического предпринимательства в российских вузах. Предполагается обобщение лучших существующих практик поддержки технологического предпринимательства, совершенствование механизмов взаимодействия студенческих команд и индустриальных партнёров, внедрение перспективных механизмов финансовой мотивации студенческих команд.

Важным аспектом программы станет вовлечение индустриальных партнеров в формирование тематик для студенческих команд, а также в развитие современных компетенций у студентов инженерного профиля. Помимо этого, в рамках «дорожной карты» предполагается реализовать комплекс мероприятий, направленных на повышение доступности финансовых ресурсов для технологических стартапов, в том числе через повышение объёмов финансовой поддержки со стороны институтов инновационного развития.

По мнению экспертов, программа позволит обеспечить существенный рост числа технологических предпринимателей за счёт широкого распространения предпринимательского образования в ВУЗах, повышения качества и объёмов акселерационной поддержки молодежи, заинтересованной в предпринимательской деятельности, а также стимулирования связи университетской науки с экономикой и вовлечения в решение этих задач студентов и аспирантов.

Наряду с мерами государственными мерами поддержки развития технологического предпринимательства, необходимо решать и вопросы финансирования таких проектов. Основным источником финансирования развития стартап-компаний являются венчурные фонды. Но на определенном этапе развития стартап-компотребность пании возникает уже более серьезном финансировании. Во всем цивилизованном мире стартап-компании являются объектом вложений средств и заработка. Поэтому, там создаются и успешно работают разные финансовые механизмы коллективного инвестирования стартап-проектов, технологических бизнесов. Одним из очень эффективных механизмов финансирования стартап-компаний является Фонд Инвестирования (Private Equity Fund). В функционале его деятельности заложена схема коллективных инвестиций в компании и проекты, акции которых не продаются публично. Private Equity Fund – это фонд с фиксированным сроком действия, как правило, 10 лет. При этом Private Equity Fund не является юридическим лицом, все участники связаны договорами о совместной деятельности, т.е. это простое товарищество. Это делается для того, чтобы избежать двойного налогообложения.

Таким образом, для успешного развития технологического предпринимательства в ВУЗах необходимо наличие соответствующих финансовых структур, эффективного инструментария и механизмов согласования интересов всех партнеров-участников процесса.

## ДИАГРАММА ПАРЕТО В ПОДГОТОВКЕ КОНСТРУКТОРА-ТЕХНОЛОГА И СПЕЦИАЛИСТА ПО КАЧЕСТВУ

#### А.А. Чернышев, канд. техн. наук, доцент

г. Томск, ТУСУР, a-a-chernysheov@inbox.ru

Аннотация: рассмотрены практические вопросы подготовки специалистов-производственников в области статистических методов управления качеством. Приведен пример использования диаграммы Парето для анализа качества и улучшения технологических процессов производства печатных узлов, как наиболее распространенных изделий радиоэлектроники. Отмечена целесообразность проведения учебного практикума по управлению качеством в кросс-функциональных командах, составленных из будущих конструкторов-технологов и менеджеров по качеству.

*Ключевые слова:* высшее образование, управление качеством, статистические методы, печатные узлы, радиоинженеры, конструкция, технология.

Статистические методы давно признаны эффективными средствами обеспечения высокого качества продукции и технологических процессов ее производства [1]. К сожалению, в реальных условиях радиоинженеры и инженеры-производ-

ственники далеко не всегда оперативно реагируют на рекомендации службы качества, а менеджеры по качеству затрудняются давать пояснения на понятном для инженеров языке [2]. И тем, и другим требуется соответствующее практико-ориентированное обучение.

Наше сообщение имеет целью продемонстрировать возможность использования одного из статистических методов — диаграммы Парето — на примере анализа качества и улучшения технологических процессов производства печатных узлов — наиболее распространенных изделий радиоэлектроники. В основе метода лежит эмпирический закон, выявленный социологом и экономистом Вилфредо Парето: 20% усилий дают 80% результата.

Пример. Служба качества предприятия совместно с ОТК проверили 856 печатных узлов, при этом выявлено 153 дефекта (несоответствия), в том числе по операциям: А (нанесение паяльной пасты) — 3; Б (формовка проволочных выводов) — 5; В (установка ЭРЭ в микрокорпусах) — 19;  $\Gamma$  (установка ЭРЭ с проволочными выводами) — 61; Д (пайка) — 6; Е (обрезка выводов) — 21; Ж (покрытие лаком) — 38. Необходимо дать предложения по снижению уровня дефектности.

Для решения задачи операции записываются в порядке убывания дефектности, рассчитывается частота дефектов и накопленная частота по операциям (таблица). Как показано на рисунке, строится столбиковая диаграмма и кумулятивная кривая. На диаграмме наносится уровень 80%, что позволяет выделить на горизонтальной оси три операции, дающие основную массу дефектов. При ограниченности ресурсов это дает прямое указание на очередность работ (1, 2, 3) по улучшению процессов.

Номер опера- ции <i>i</i>	Код операции	Количество дефектов по операции $d_i$	Частота дефектов $d_i/d$ , %	Накопленная частота $\sum d_i/d$ , %
1	Γ	61	40	40
2	Ж	38	25	65

3	E	21	14	79
4	В	19	12	91
5	Д	6	4	95
6	Б	5	3	98
7	A	3	2	100
Сумма		153	100	_

Помимо положительных результатов, наш опыт проведения занятий по диаграмме Парето и другим статистическим методам выявил практически полную аналогию проблем образовательного процесса и проблем производства: будущие радиоинженеры-кон-

1 2 3 4 5 6 7 Номер операции

Диаграмма Парето для дефектов печатных узлов

структоры-технологи не видят всей палитры задач системного обеспечения качества, решаемых многими службами предприятия, а будущие «качественники» путаются в технических вопросах и терминологии.

На наш взгляд, как в подготовке радиоинженеров-конструкторов-технологов (сегодня мы вынуждены обучать их в основной массе на уровне бакалавриата), так и в подготовке будущих менеджеров по качеству следует уделять большее внимание развитию коммуникативных компетенций, ориентирующих на эффективную совместную работу в кросс-функциональных командах, как

это делается в известных методиках FMEA и QFD. В этой связи мы предлагаем в подходящих дисциплинах проводить совместное обучение по статистическим методам управления качеством в микрокомандах, объединяя группы студентов по направлениям «Конструирование и технология электронных средств» и «Управление качеством».

### Литература

- 1. «Семь инструментов качества» в японской экономике. M.: Изд-во стандартов, 1990.-88 с.
- 2. Чернышев А.А. Конструкторско-технологическая подготовка радиоинженера для инновационной экономики / А.А. Чернышев // Изв. высших учебных заведений. Сер. Физика. -2010. Т. 53. № 9-3. С. 306-307.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

# Д.С. Дегтярёв; Д.И. Олейник; Ю.А. Шурыгин, д-р техн. наук, профессор

г. Томск, ТУСУР, diamond1112@sibmail.com.

Аннотация: Представлена процедура полной оценки результата воздействия электромагнитных волн на космические аппараты. Процедура построения оценки состоит из трех этапов. На первом этапе производится переход от механической 3D-конструкции, построенной средствами САПР, к трехмерной электромагнитной модели. Второй этап предназначен для моделирования эффекта от экранирования летательного аппарата. На третьем этапе осуществляется переход от токов экранированного кабеля к напряжениям одномерной модели многопроводной линии передачи.

*Ключевые слова:* моделирование, электромагнитные воздействия, летательный аппарат, САПР, FDTD моделирование.

Вычисление электромагнитных воздействий на самолет или ракету в целом – актуальная проблема во многих областях. Особенности данной проблемы достаточно подробно описаны в работе [1]. В целом данная проблема в большинстве случаев является практически не решаемой. Даже самые простые самолеты или ракабелей, имеют большое количество проходящих через места с различными облучениями и подсоединяющихся к интерфейсам различных блоков. Каждый интерфейс, в свою очередь, может иметь большое количество контактов, каждый из которых имеет свое собственное окончание (нагрузку), рабочие уровни напряжения и характеристики сигналов. Полная оценка электромагнитного влияния требует сравнения форм напряжения наведенного на анализируемую структуру во временной или частотной области в каждом из сотен контактов.

Фирма ЕМА разработала методы эффективного и последовательного внедрения алгоритмов для полной оценки результата воздействия электромагнитных волн на космические аппараты. Основные этапы данной оценки заключаются в следующем:

- обработка данных автоматизированного проектирования;
- трёхмерное моделирование методом конечных разностей во временной области (FDTD);
  - моделирование многопроводной линии передач;
  - сравнение напряжений на контактах.

Следует обратить внимание, что информация, полученная в ходе такой оценки на одном из вышеперечисленных этапов, часто совпадает с информацией, полученной на других этапах.

Далее рассмотрим эти этапы подробнее.

Обработка данных автоматизированного проектирования

Использование данных системы автоматизированного проектирования (САПР) дают единственный путь для сбора большого количества информации о геометрии данных и кабелях, необходимой для полной оценки исследуемой структуры. Для перехода от

типичной для САПР механической конструкции к электромагнитной модели требуется очень затратная обработка данных:

- перевод информации из формата механической конструкции к электромагнитной модели;
  - устранение дефектов геометрии;
  - исключение незначительных деталей из модели;
  - назначение электромагнитных свойств объектам;
- определение внешнего электромагнитного воздействия, например, молний;
- создание коррелированных источников учитывающих ток
   в нагрузке для моделирования эффективности экранирования линий передачи;
- объединение летательного аппарата с коррелированными источниками и переход к трёхмерной FDTD модели.

#### FDTD моделирование

После построения трехмерной модели, результаты ее использования позволяют оценить взаимодействие внешней среды с летательным аппаратом. Электрические и магнитные поля, токи на поверхности и токи в цепи – исходные величины, вычисляемые решением уравнений Максвелла. Результаты моделирования показывают эффект от экранирования аппарата и того, как выполнена проводка. Уместно выводить временные изменения токов экранов на всех участках каждого кабеля. Между этапами проектирования и моделирования должны быть согласованы следующие параметры:

- параметры трехмерной модели (размер сетки, временной шаг и верхняя граница частотного диапазона, продолжительность моделирования и нижняя граница частотного диапазона);
  - внешние воздействие (плоская волна, разряды молний);
  - геометрия проводников (поперечное сечение, длина);
  - компьютерные ресурсы (память, время моделирования);
  - вывод токов кабелей.

Моделирование многопроводной линии передачи

После трехмерного моделирования с помощью FDTD решателя необходимо осуществить переход от токов экранированного кабеля к напряжениям одномерной модели многопроводной линии передачи. Стандартный кабель для летательных аппаратов снабжен экранами, заземленными на обоих концах. Поэтому, что токи экрана, в предположении слабой связи, могут независимо вычискоде. Решатель трехмерном многопроводной ляться линии передачи также использует допущение о слабой связи для вычисления сигналов на внутренних проводниках посредством переходного импеданса плетеного экрана. Также может учитываться и другой уровень экранирования, как в широко используемых экранированных витых парах. Импеданс окончания (нагрузки) каждого внутреннего проводника, подсоединенного к контактам интерфейса блоков также учитывается при моделировании линий передач.

Отметим некоторые направления моделирования кабеля:

- 1) сопоставление одномерных и трехмерных параметров: (размер ячейки, временной шаг, верхняя и нижняя границы частотного диапазона, временные затраты моделирования);
- 2) геометрия кабеля (разветвленность и длина участков; уровни экранирования, окончания внутренних экранов; переходные сопротивления и индуктивности проводника и экрана; число проводников в каждом внутреннем экране; матрицы ёмкостей и индуктивностей для каждого внутреннего экрана);
  - 3) окончания (нагрузки) проводника.
  - В заключение отметим несколько важных выводов:
- 1) необходимыми данными для оценки электромагнитного воздействия, являются геометрия, электромагнитные параметры для моделирования, параметры кабеля, электромагнитные параметры проводника и экрана, и др.;
- 2) геометрия аппарата весьма значительна и необходима для получения объединенной (общей) модели, но обычно недооценивается, что приводит к типичным ошибкам, возникающим из-за ограничений по совместимости некоторых инструментов САПР,

игнорирования некоторых деталей геометрии, недостатка информации о материалах (имеющихся в САПР), и др.

Отметим также, что проблемы трехмерного моделирования достаточно часто возникают из-за неточности при вычислениях и недостаточной мощности компьютера, на котором эти вычисления производятся.

#### Литература

1. Elliott J. R. From CAD Drawings to Pin Voltages, Computing Electromagnetic Effects on Aircraft and Aerospace Vehicles / R. Elliott, P. H. Ng, S. F. Kawalko, R. A. Perala // IEEE Int. Symp. on EMC. -2003. - Vol. 1. - Pp. 375–377.

# ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД «РАСПРЕДЕЛЕННАЯ РЕЗЕРВИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВ-ЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ» НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ЭЛСИ-ТМА

# А.А. Цыкунов; М.Е. Антипин, канд. физ.-мат. наук; Ю.А. Шурыгин, д-р техн. наук

г. Томск, ТУСУР, alexey\_tsykunov@mail.ru

Аннотация: В статье представлен проект учебно-демонстрационного стенда «Распределенная резервированная система управления технологическими процессами». Стенд разработан на базе контроллера Элси-ТМА. Представлены основные функции автоматизированной системы, изучаемые при использовании данного стенда. Предложен прототип автоматизированного рабочего места оператора резервированной системы управления на верхнем уровне в программном пакете Infinity-SCADA

*Ключевые слова:* распределенная резервированная система управления технологическими процессами, контроллер Элси-TMA, Infinity-SCADA, резервирование.

В настоящее время инженерные компании все чаще сталкиваются с проблемой несоответствия требований к новым специалистам и уровнем подготовки выпускников технических вузов [1]. Это происходит по многим причинам. Одна из таких при-

чин — это устаревшие образовательные стандарты и устаревшие материально-технические базы многих технических вузов, которые не могут обучить студентов оборудованию, методам и технологиям, используемым в настоящее время в инженерных фирмах и компаниях. Именно поэтому создание современных учебных лабораторных стендов всегда является актуальной и востребованной задачей.

Данный проект является первым этапом в создании лабораторного учебно-методического комплекса для изучения методов резервирования в системах управления технологическими процессами на основе промышленного контроллера Элси-ТМА. Аппаратной базой для создания такого комплекса служит учебнодемонстрационный стенд «Распределенная резервированная система управления технологическими процессами», предоставленный университету компанией «ЭлеСи».

Целью данного проекта является выявление, изучение и реализация возможностей стенда по резервированию аппаратной части, а также их наглядная демонстрация. На основе реализованных на стенде методов резервирования, будет создано учебно-методическое пособие к лабораторным работам на этом стенде.

После изучения документации на устройства [2], входящих в стенд, были сформулированы требования к реализуемому проекту. Создаваемый учебно-демонстрационный стенд должен наглядно и доступно демонстрировать следующие возможности:

- имитирование аварийных ситуаций;
- масштабирование распределенных систем;
- замена процессорных модулей в ходе ТП;
- резервирование процессорных модулей;
- резервирование блоков питания процессорных модулей;
- переключение режимов основной/резервный процессорных модулей без потери функций управления над ТП;
- резервирование каналов связи от центрального процессора до коммуникационных модулей распределенного ввода/вывода;
- избыточное резервирование удаленных модулей ввода/ вывода на шине RS-485 и их компенсацию при выходе из строя.

Для наглядной демонстрации возможностей стенда по резервированию создана модель автоматизированного рабочего места оператора резервированной системы управления на верхнем уровне в программном пакете Infinity-SCADA.

В ходе выполнения проекта предстоит выполнить следующие задачи:

- конфигурирование;
- программирование;
- модернизация;
- запуск;
- отладка;
- создание модели АРМ резервированной системы.

#### Литература

- 1. Пиралова, О.Ф. Современное обучение инженеров профессиональным дисциплинам в условиях многоуровневой подготовки / О.Ф. Пиралова. М.: Изд-во Академия Естествознания, 2009. 328 с.
- 2. Контроллер ЭЛСИ-ТМА с исполняющей системой ElsyTMA [техническая документация].

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МДМ-КАТОДА В ИМПУЛЬСНО-КОДОВОМ РЕЖИМЕ. МАТРИЦА МДМ-КАТОДОВ

# С.В. Смирнов, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры ФЭ;

# П.Е. Троян, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ФЭ

г. Томск, ТУСУР, tpe@tusur.ru

Аннотация: с целью исследования поведения системы металлдиэлектрик-металл при подаче на неё коротких питающих импульсов были проделаны эксперименты. При этом на МДМ-катод, находящийся в откаченной системе, подавалась периодическая последовательность прямоугольных импульсов положительной и отрицательной полярности. *Ключевые слова:* МДМ-катод, МДМ-система, импульс, матрица, МДМ-матрица, импульсное питание.

Импульсный режим питания позволяет более полно реализовать безынерционные свойства МДМ-катода и осуществить модуляцию эмиссионного тока непосредственно по цепи питания катода. Кроме того, там, где это оказывается возможным, питание катода короткими импульсами с большой скважностью уменьшает среднюю мощность, рассеиваемую на катоде, и позволяет более целесообразно расходовать этот ресурс.

В ранее разработанных устройствах импульсный режим питания широко использовался, но специальных измерений параметров МДМ-катода не проводилось.

Осциллограммы напряжения питания импульсов сквозного (или эмиссионного) тока наблюдались на двухлучевом осциллографе. Для исключения помех и электрических наводок при измерении импульсов эмиссионного тока были приняты меры по экранировке коллектора электронов (анода) и цепей питания катода. Кроме того, сигнал с коллектора подавался на согласующий предварительный усилитель, расположенный в непосредственной близости от электронной системы. Все это позволило уверенно фиксировать импульсы эмиссионного тока длительностью 0,5-1мкс и амплитудой > 0,05 мкА.

Питание катода осуществлялось от экспериментального генератора импульсов, который вырабатывал пакеты импульсов (два положительной и один отрицательной полярности) с независимой регулировкой их длительности, амплитуды и временного интервала между ними. Скважность следования таких пакетов регулировалась в пределах 10+200.

В результате проведенных экспериментов установлено, что наличие импульса отрицательной полярности, амплитудой менее 10 В не влияет на эмиссионные характеристики катода. При увеличении амплитуды обработанных импульсов до 11-13 В замечено уменьшение амплитуды импульсов эмиссионного тока в 5+10 раз. Установлено также, что каждый импульс напряжения, подаваемый

на структуру МДМ, переводит её в новое состояние, которое соответствует амплитуде приложенного импульса. При этом отклик структуры на следующий импульс (т.е. амплитуда импульса сквозного тока) зависит как от амплитуды повторного импульса, так и от состояния, в котором структура находится.

В этом смысле можно говорить об эффекте «памяти», который заключается в том, что каждому новому состоянию МДМ-системы соответствует своя статистическая вольтамперная характеристика.

Таким образом при использовании МДМ-катода в импульсном режиме необходимо учитывать следующее: во-первых, амплитуда импульса обратной полярности, подавляемого для компенсации электродиффузионных процессов, не должна превышать 9-10 вольт при произвольной деятельности; во-вторых, при разработке импульсных устройств на основе МДМ-систем необходимо учитывать эффект изменения и запоминания новой ВАХ. Кроме то использование отмеченного эффекта «памяти» открывает возможность применения системы МДМ в качестве запоминающего элемента.

Для ряда практических применений требуется некакаливаемые катоды с площадью более одного квадратного сантиметра. Эмиссия электронов в вакуум из ненакаливаемого катода на основе системы металл-диэлектрик-металл (МДМ-катода) обладает интересной способностью — плотность тока эмиссии не является эмиссионной константой и по степенной зависимости увеличивается с уменьшением площади тока эмиссии с МДМ-катода даже 1,0 мА/см2 при площади эмиттера в единицы квадратных сантиметров обычными методами практически невозможно.

Для достижения требуемых плотностей токов эмиссии разработана конструкция МДМ-катода в виде 100 элементной матрицы. Каждый элемент матрицы представляет МДМ-катод с диаметром эмиттера 200 мкм и обеспечивает получение тока эмиссии 100 мА\*см-2.

Исследование поверхности матрицы в растровом электронном микроскопе показало наличие четырех типов локальных нарушений, из которых только один идентифицирован как центр эмиссии.

В зависимости от площади питания постоянным напряжением и импульсами микросекундной длительности. В импульсном режиме достигнуты токи эмиссии в 3-6 раз больше, чем на постоянном напряжении.

Исследована равномерность распределения электронов по площади в зависимости от растояния катод-анод и величины анодного напряжения при различных давлениях атмосферы.

Выявлены закономерности работы элементов матрицы при одновременном и независимом включении, дано физическое объяснение полученных различий.

Разброс по эмиссионным параметрам элементов матрицы не превышал 20%.

На матрице из 100 элементов, расположенных на площади 1 см2, достигнут ток эмиссии 1 мА в импульсном.

#### ВЛИЯНИЕ СЕНОМАНСКИХ РАСТВОРОВ НА РАЗВИТИЕ АК-ВАРИУМНЫХ РЫБ РОЕСІLIA RETICULATA

А. П. Шкарупо, аспирантка каф. РЭТЭМ; А. Г. Карташев, д-р биол. наук, профессор каф. РЭТЭМ; В. И. Туев, д-р биол. наук, зав. каф. РЭТЭМ

г. Томск, ТУСУР, schkarupo.anastasia@yandex.ru

Аннотация: в лабораторных условиях исследовалось влияние сеноманских растворов на развитие гуппи - Pecillia reticulata. Ранний онтогенез рыб является периодом жизненного цикла, в течении которого организм наиболее подвержен влиянию внешних факторов. Пониженная устойчивость к токсичным веществам молоди рыб в сравнении с токсикорезестентностью взрослых особей была показана ранее [1,2]. В качестве основной регистрируемой тест-функции использовалась выживаемость, как интегральная характеристика жизнеспособности организмов [3].

*Ключевые слова:* биоиндикация; сеноманские растворы; рыбы; развитие; онтогенез.

Гуппи (Poecilia reticulata) относятся к семейству Пецилиевых - живородящие виды. В силу того, что рыбки гуппи являются плодовитыми, они могут служить для биоиндикации экологического состояния водоемов.

Влияние минерализованных сеноманских растворов на гуппи не исследовалось. Актуальным являлась оценка действия сеноманских растворов на развитие живородящих рыб.

В лабораторных условиях исследовалось влияние сеноманских растворов на развитие гуппи - Pecillia reticulata.

Для получения молоди отбирались производители не старше двух лет и помещались в аквариум для спаривания. После оплодотворения из аквариума убирались самцы, после появления мальков – самки. Молодь гуппи рассаживали в контрольные и опытные аквариумы.

В качестве загрязнителя использовали сеноманские растворы, хлоркальциевого типа, удельный вес 1,011 г/см3, рH - 7,4-7,7; плотность - 1,013 г/см; вязкость - 18,8 мПа\*с, воды относятся к типу соленых хлоридных натриевых.

Аквариумные рыбы гуппи после выхода из тела самки помещались в аквариумы с различной концентрацией сеноманских растворов. Оценивалось поведение, физиологическое состояния, морфологические изменения и выживаемость рыб на протяжении 30 суток.

В аквариумы вносили сеноманские растворы концентрациями 50 мл/л, 100мл/л и 200мл/л. В аквариумы помещалось по 10 экземпляров молоди гуппи Pecillia reticula.

Анализ экспериментальных данных выявил изменения в поведении, численности, морфологии гуппи при различных концентрациях.

У выживших рыб при хроническом влиянии сеноманских растворов: 100 и 200 мл\л наблюдались аномалии в развитии плавников, отставание в росте и болезни: тетрахименоз -6%, алкалоз -11%, сколиоз -12, анорексия -16%, тетрахименоз -20%, плавниковая гниль -35%.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно считать: влияние минерализованных сеноманских растворов на молодь гуппи, приводит к морфологическим нарушениям роста и развития. Для них характерны: аномалии черепа, туловища, хвоста, жабр и плавников, задержка в развитии относительно контрольной группы рыб. Сеноманские растворы приводили к нарушениям развития и гибели мальков, замедлению роста. Изменение численности гуппи и морфологические нарушения могут служить биоиндикаторами при загрязнении водоемом.

# Литература

- 1. Матишов Г.Г., Кренева С.В., Муравейко В.М. и др. Биотестирование и про $\neg$ гноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. 468 с.
- 2. Карташев, А. Г. Адаптации животных к хроническим факторам. LAP LAMBERT Academic Pablishing, Saarbrucken, 2014. 206 с.
- 3. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 247 с.

# РАЗРАБОТКА СТУДЕНТОВ ТУСУРА ПОМОЖЕТ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНОЙ ДЛЯ БЕСПИЛОТНИКОВ ЗАДАЧИ – УВЕЛИЧИТЬ РАДИУС ДЕЙСТВИЯ И ВРЕМЯ ПОЛЕТА. В ИНТЕРЕСАХ ОАО «РОССЕТИ»

# С.Г. Михальченко, д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ПрЭ

г. Томск, ТУСУР, msg@ie.tusur.ru

Чтобы беспилотники смогли осуществлять длительные автономные миссии ученые ТУСУРа предложили размещать площадки для их подзарядки на опорах линий электропередачи, чтобы аппараты могли автономно «подзаряжаться» в пути. При этом, утверждают разработчики, объем электроэнергии, который будет

для этого «изыматься» - ничтожно мал. Более того, он ничтожно мал даже по сравнению с потерями электроэнергии при транспортировке. Для решения технической задачи — корректной стыковки с площадкой и подзарядки беспилотника — ученые разрабатывают автоматизированную систему, которая состоит из стационарного блока заряда, размещаемого на площадке и запитываемого от ЛЭП, и блока передачи на квадрокоптер — для беспроводной зарядки.

Бесконтактный способ передачи энергии — достаточно известное инженерное решение, и на его основе мы предлагаем новый набор идей, позволяющий реализовать ряд технических решений в готовое изделие. Для этого ученые, помимо совершенствования самой технологии беспроводной передачи энергии, решают задачи технического геопозиционирования объекта — для нахождения квадрокоптером точки заряда, стыковки с узлом, ведут разработку стыковочного узла.

По мнению разработчиков, создание сети площадок для подзарядки с использованием уже имеющейся инфраструктуры — опор ЛЭП — поможет развиваться сфере использования беспилотников на пользу людям, поскольку с помощью такой сети можно организовать территорию покрытия и использовать беспилотники для разных задач: мониторинга сельхозугодий, противопожарного наблюдения, контроля за дорогами в городе, картографирования, доставки товаров и др.

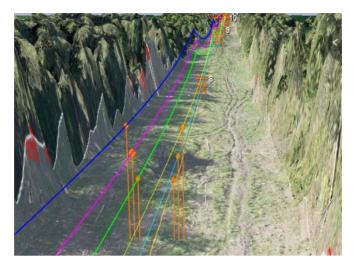


Рисунок 1. Позиционирование линий электропередач в пространстве при помощи видеокамеры и БПЛА

Основной целью проекта является разработка и изготовление макета БПЛА, беспроводного зарядного устройства АБ БПЛА, системы регистрации и обработки и передачи видеоинформации полученной с борта БПЛА для мониторинга параметров состояния ЛЭП.

### Данная цель дефрагментируется на ряд задач:

- Провести обзор нормативной документации, патентный поиск в области использования БПЛА применительно к видеомониторингу ЛЭП и подзарядки от ЛЭП. Итогом обзора должна стать подборка нормативной документации, на которой будет основана разработка.
- Разработать программное, алгоритмическое и методическое обеспечение по обработке видеоинформации, полученной с борта БПЛА, в районе расположения элементов ЛЭП, для обнаружения:
- получение характеристик охранной зоны ЛЭП в части зарастания ее дикорастущими растениями;
  - осмотр проводов ЛЭП между опорами;

- выявления нарушений (наличие дефектных изоляторов и их отсутствие, наличие гнезд птиц и следов их жизнедеятельности, мониторинг гололедообразования).
- Выработать технологию беспроводной передачи энергии с ЛЭП в зарядное устройство АБ БПЛА.
- Разработать и провести испытания беспроводной системы электропитания БПЛА с возможностью подзарядки АБ БПЛА от ЛЭП.
- Разработать и провести испытания системы передачи информации, полученной с борта БПЛА в реальном времени.
- Разработать, изготовить и провести испытания БПЛА, в комплекте с видеооборудованием для мониторинга параметров, характеризующих текущее состояние ЛЭП.
- Провести летные испытания комплекта оборудования и видео измерителя на модельных и реальных объектах ЛЭП.

### Литература:

- 1. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 03.04.2013 № 511-р.
- 2. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе (утверждено Советом директоров ОАО «Россети» от 23.10.2013 № 138).
- 3. Методические указания по определению уровня технического износа групп элементов линии электропередачи, линий электропередачи, устройств РЗА, производственных зданий и сооружений, основной и распределительной сети ДЗО ОАО «Россети».
- 4. Приказ ОАО «ФСК ЕЭС» от 19.03.2015 №133 «Об утверждении Программы НИОКР ОАО «ФСК ЕЭС» на 2015 год».

- 5. Приказ ПАО «ФСК ЕЭС» от 07.07.2016 №257 «Об утверждении регламента по управлению ремонтной деятельностью ПАО «ФСК ЕЭС»».
- 6. Распоряжение ОАО «ФСК ЕЭС» от 14.08.2013 № 540р «О мерах по обеспечению контроля за организацией и производством работ с отключением элементов линии электропередачи».
- 7. Распоряжение ОАО «ФСК ЕЭС» от 15.10.2014 №598р «Об утверждении перечня ВЛ по степени влияния на ограничение питания потребителей».

# АНИЗОТРОПИЯ ДВУХВОЛНОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПРОПУСКАЮЩИХ ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ГОЛОГРАММАХ В КРИСТАЛЛЕ СИЛИКАТА ВИСМУТА СРЕЗА (110)

# А. Злобин, аспирант; Д. Кузьмич, студент, каф. ЭП; Н.И. Буримов, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ЭП

### г. Томск, ТУСУР, zlobin.tusur@yandex.ru

Аннотация: исследована самодифракция плоских циркулярно поляризованных световых волн с разными поляризационными состояниями на динамических пропускающих фоторефрактивных голограммах с учётом дополнительного вклада в фоторефракцию пьезоэлектрически и флексоэлектрически индуцированных упругих полей в кристалле Bi12SiO20 среза (110). Установлено, что эффективность двухволнового взаимодействия не зависит от поляризационного состояния взаимодействующих волн.

*Ключевые слова:* силлениты, динамическая голография, фоторефракция.

Интерферометрические системы на базе фоторефрактивных кристаллов обладают способностью адаптироваться к медленным

изменениям внешних условий и высокой чувствительностью [1]. Было показано, что такие системы способны разрешать механические колебания диффузно отражающих объектов в динамическом диапазоне от 2 пм до 20 нм. Они успешно применялись для прецизионного субнанометрового управления позицией макрообъектов с использованием давления света, измерения силы Казимира, резонансного взвешивания микрообъектов с точностью в несколько пикограмм [2].

Кристаллы класса силленитов являются перспективными для задач голографической интерферометрии и привлекают внимание научного сообщества с момента обнаружения в них высокочувствительной записи. В то же время математическая модель их построена не до конца.

Экспериментальное исследование попутного двухволнового взаимодействия плоских световых волн проводилось на установке, реализующей схему, представленную на рисунке 1. Излучение He-Ne лазера с длиной волны  $\lambda=633$  нм делилось на сигнальную и опорную волны. Аттенюатором задавалось соотношение интенсивностей волн, допускающее использование приближения малых контрастов. Поляризационные состояния задавались четвертьволновыми пластинками. Сигнальная волна модулировалась по фазе зеркалом, монтированном на пьезокерамике. Волны сводились в образце Bi12SiO20 среза (110) тодщиной d=8 мм под углом в 40°, соответствующем пространственному периоду голографической решетки в 1 мкм. Кристалл был закреплен на подвижной платформе, что позволяло варьировать угол между осью Оz и вектором в плоскости, нормальной к оси Ox с точностью до  $1^\circ$ .

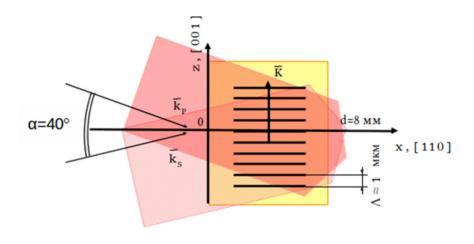


Рис. 1 — Схема двухволнового взаимодействия

Демодулированный сигнал фиксировался фотодиодом BPW-34, работающим в фотодиодном режиме детектирования при сопротивлении нагрузки RL = 51 кОм и напряжении смещения 7,1 В, и попадал на вход осциллографа Tektronix TDS 2012C. Компьютерная система обработки этих данных позволяла в цифровом виде фиксировать в моменты времени ti выборки сигнала фазовой демодуляции с длительностью около 2,5 мкс, с интервалом в 1 с между ними, и далее аппроксимировать их разложением на гармоники с частотами  $\Omega$ ,  $2\Omega$ ,  $3\Omega$  и  $4\Omega$ .

Методика эксперимента по получению ориентационной зависимости для исследования анизотропии попутного двухволнового взаимодействия волн с однонаправленной круговой поляризацией в кристалле BSO заключается в следующем. Для каждого положения кристалла, определяемого углом θ между вектором решётки и кристаллографическим направлением [001], для каждого значения амплитуды модуляции фиксируется 15 осциллограмм демодулированного сигнала. Угол изменяется в промежутке от 0 до 360 угловых градусов включительно с шагом 5 угловых градусов. Каждое изменение угла в эксперименте сопровождается стиранием записанной решётки путём экспонирования кристалла опорным

световым пучком в течение 15 минут. Амплитуда фазовой модуляции полагается линейно связанной с амплитудой напряжения на пьезокерамике, которая изменяется в диапазоне от 30 до 50 вольт включительно с шагом 5 вольт для каждого угла. Амплитуда напряжения фиксируется цифровым вольтметром с точностью до сотых долей вольта. Изменение напряжения сопровождается паузой в 7 минут, в течение которой, как предполагается, переходные процессы в основном завершаются. По истечении семи минут после изменения напряжения снимаются 15 осциллограмм выходного сигнала голографического интерферометра с интервалом приблизительно в 1 секунду и постоянная составляющая.

В результате исследования была получена ориентационная зависимость эффективности двухволнового взаимодействия на удвоенной частоте модуляции для право- и левополяризованных волн. Она приведена на рисунке 2.

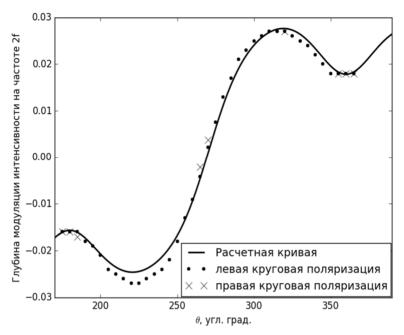


Рис. 2 — Ориентационная характеристика

Сплошная кривая на рисунке 2 соответствует теоретическому соотношению, полученному по методике [2]:

где M(2) — глубина модуляции интенсивности на удвоенной частоте модуляции; Jn — функция Бесселя n-го порядка;  $\phi m$  — амплитуда модуляции;  $\Gamma 1$ ,  $\Gamma 2$  — коэффициенты связи; d — толщина кристалла.

Из полученной ориентационной зависимости видно, что оптимальная ориентация вектора голографической решетки соответствует кристаллографическим направлениям <111> (при ориентационных углах  $\pm 54.7^{\circ}$  + n·360, а также что эффективность взаимодействия, по-видимому, не зависит от поляизационного состояния, что указывает на отсутствие электрогирационного механизма формирования решёток.

#### Литература:

- 1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. // Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992. 320 с.
- 2. Шандаров С.М., Буримов Н.И. и др. // В сб.: Голография. Наука и практика: тезисы докладов XIII международной конференции. 2016. С.140.

# ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИ-РОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

# Э.Г. Матюгина, д-р экон. наук, профессор каф. менеджмента

#### г. Томск, ТУСУР

Сложность и вероятность динамики параметров хозяйственной среды выступает вменённым условием деятельности субъектов, адаптация последних обусловливает внесение корректив в содержание хозяйственной политики и трансформацию подходов к организации хозяйственных взаимодействий. Субъекты вынуждены приспосабливаться не только к новым «внешним», но и к «рабочим» ограничениям, что может привести к снижению эффективности. Так, например, программы Японии по повышению энергоэффективности, диверсификации источников энергии, ориентированные на повышение уровня само обеспечения экономики энергией до 70%, предполагают финансовую поддержку населения, производителей экологически чистого транспорта; предприятий, использующих в оборудование, работающее от альтернативных источников энергии и т.д. [1].

Нельзя не отметить, что изменения могут быть также инициированы субъектом самостоятельно (например, с целью оптимизации деятельности) и/или же субъектами-контрагентами. В любом случае это окажет возмущающее воздействие на параметры состо-

яния субъекта, который может игнорировать, приспособиться/соответствовать или же осуществлять встречные действия, в т.ч. компенсаторного характера. Данные действия потребуют привлечения различного рода ресурсов, непроизводительных потерь которых можно избежать лишь при условии четкой регламентации рамок принятия субъектом хозяйственных решений и/или параметров его взаимодействий с контрагентами. Тем самым речь идет о создании совокупности норм, задающих границы принятия решений – причем, с условием их постоянного совершенствования. Принятие их и следование им позволит с определенной долей вероятности позволит спрогнозировать действия контрагентов, позволяя рассматривать институционализацию как инструмент упорядочения хозяйственных взаимодействий. Между субъектами одного уровня подобная упорядоченность может достигаться посредством конрактации, заключения договоров, разработки стратегии сотрудничества и т.д. При межсубъектном вертикальном взаимодействии (например, государство - компания) следует говорить о следовании предписаниям, а при возможности – их опережении (что будет выступать дополнительным конкурентным преимуществом - на Московском НПЗ за пять лет было утилизировано более 180 тыс. т накопленных с 1938 г. отходов, что позволило освободить 15 га территории. На рекультивированных участках построены новые высокотехнологичные объекты, в т. ч. новые очистные сооружения закрытого типа, за счет чего объем выбросов вредных веществ в атмосферу сократился на 97% [2]).

Возможна и обратная ситуация, когда предприятие инициирует изменение требований – например, в соответствии с трехсторонним соглашением, заключенным между Росприроднадзором, Министерством связи и массовых коммуникаций и «Газпром нефть» в рамках Года экологии, Омский НПЗ стал пилотной площадкой для разработки единых федеральных требований по внедрению отраслевых систем мониторинга; в результате удалось сократить выбросы в атмосферу на 36% [3].

#### Литература

- 1. Государственное регулирование энергоэффективности и ресурсосбережения в Японии [Электронный ресурс] // Энергосбережение в Новосибирской области: сайт. URL: http://nskee.energohelp.com.
- 2. Официальный сайт «Газпронефть» [Электронный ресурс]. URL:: https://www.gazprom-neft.ru/social/ecology/atmosphere/
- 3. Минприроды России оценило эффект внедрения автоматизированной системы мониторинга воздуха Омского НПЗ «Газпром нефти» [Электронный ресурс]. URL:: http://www.mnr.gov.ru/press/news/minprirody\_rossii\_otsenilo\_effekt\_ vnedreniya\_avtomatizirovannoy\_sistemy\_monitoringa\_vozdukha\_omskogo/?special\_version=Y

#### ШУМОВАЯ ОБСТАНОВКА В РЬС КАНАЛЕ

#### К.В. Савенко, инженер; Е.В. Рогожников, канд. техн. наук, доцент каф. ТОР

г. Томск, ТУСУР, savenkokirill@mail.ru

Одной из перспективных технологий для передачи информации является технология Power Line Communication (PLC). Суть данной технологии заключается в том, что передача и прием сигналов производятся по цепям питания. Но линии электропередач не предназначены для передачи информации, поэтому данные подвергаются сильному воздействию помех. В данной статье представлены основные виды помех, присутствующих в канале PLC

*Ключевые слова:* передача данных по цепям питания, линии электропередач, фоновый шум, узкополосная помеха, широкополосная импульсная помеха.

#### Введение

Исследование и анализ шума и помех, присутствующих в канале связи, крайне важны при проектировании систем передачи

данных, и линии электропередач не являются исключением. Однако, в отличие от хорошо проанализированных и сформулированных каналов радиосвязи, линии электропередач не подвержены влиянию простого аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ). Модель шумового воздействия довольно сложна, поскольку сигнал на пути своего распространения встречает не только фоновый шум, но и различные узкополосные помехи. Кроме того в канале PLC присутствуют импульсные помехи высокой мошности.

#### Фоновый шум

Фоновый шум непосредственно связан с внутренними физическими свойствами канала связи. Фоновый шум радиоканалов обычно рассматривается как аддитивный белый гауссовский шум. Это означает, что плотность мощности шума по всем частотам олинакова.

Для каналов PLC фоновый шум является неравномерным. Как правило, спектральная мощность шума выше на более низких частотах и экспоненциально уменьшается по мере того, как частота увеличивается. Такой шум может быть аппроксимирован несколькими источниками белого шума в неперекрывающихся диапазонах частот с различными амплитудами [1]. Этот вид шума, как правило, моделируется в частотной области путем подгонки функции с профилем напряжения или спектральной плотностью мощности. Консорциум OPERA предлагает модель (выражение 1) для фонового шума [1]:

$$A(f) = A_{\infty} + A_0 e^{\frac{-f}{f_0}} \tag{1}$$

где  $A_{\infty}$  - предел плотности мощности шума при приближении f к  $\infty$  , а  $A_0$  - разность между  $A_{\infty}$  и A(0). В [2] обнаружено, что фоновый шум в канале PLC имеет спектральную плотность мощности (PSD), хорошо аппроксимируемую формулой 2.

$$S_n(f) = -140 + 75e^{\frac{-f}{5\cdot 10^5}}$$
 (дБм/Гц)

Спектр фонового шума в канале PLC представлен на рисунке 1.

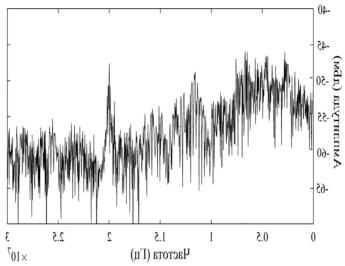


Рис. 1. Спектр фонового шума в канале PLC

#### Узкополосная помеха

Основными источниками узкополосных помех являются источники питания, а также радиостанции, вещающие на длинных, средних и коротких волнах. Узкополосные помехи на более высоких частотах из-за частотной модуляции (FM) также воспринимается модемами PLC [3].

Узкополосную помеху можно моделировать согласно формуле 3:

$$n_{nw}(t) = \sum_{i=1}^{N} A_i(t) \sin(2\pi f t + \varphi_i),$$
(3)

где N - количество поднесущих, рассмотренных в модели. Каждая из которых имеет разные амплитуды  $A_i(t)$  и разные фазы  $\phi_i$ .

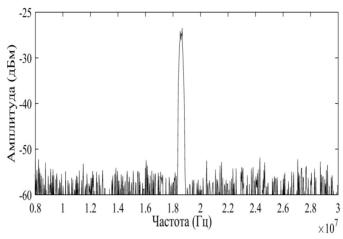


Рис.2. Спектр узкополосной помехи в канале PLC

В [4] было упомянуто, что шум узкой полосы может достигать уровней мощности на 30 дБ больше, чем фоновый шум на частотах более 1МГц. Уровень узкополосных помех может колебаться в зависимости от географического местоположения приемника и времени суток. В городских центрах уровень узкополосных помех намного выше, чем в сельских районах. Аналогичным образом, различные любительские и местные радиовещательные станции могут быть более активными в дневное время по сравнению с ночными часами.

### Широкополосная импульсная помеха

Импульсные помехи вызваны подключением к сети различных бытовых приборов, а также различными компонентами источников питания, таких как выпрямительные диоды, транзисторы и т. д. Длительность импульсной помехи имеет довольно малые значения (около 50 мкс), а её спектральная плотность мощности (PSD) в среднем превышает мощность фонового шума на 30 дБ [5]. Хотя широкополосные импульсные помехи появляются в течение коротких временных интервалов, они считаются основным источником ошибок в передаче данных по каналам PLC из-за их спектральной плотности мощности (PSD).

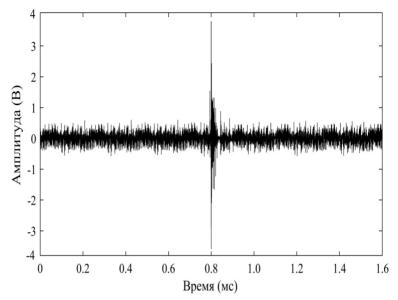


Рис.3. Широкополосная импульсная помеха в канале PLC

Этот тип помех изучался как во временной, так и в частотной областях, но модели во временной области являются наиболее распространенными в литературе PLC. Во временной области импульсная помеха характеризуется амплитудой импульса A, шириной импульса  $t_{\rm u}$  и промежуточным интервалом времени,  $t_{\rm np}$ . Все эти параметры являются случайными величинами, статистические свойства которых могут быть получены непосредственно из измерений. Модель импульсного шума  $n_{\rm imp}$  на основе обобщенной импульсной функции imp(t)=1, при t=[0,1] и 0 на остальном интервале, представлена ниже (формула 4).

$$n_{imp} = \sum_{i} A_{i} imp(\frac{t - t_{np,i}}{t_{u,i}})$$
(4)

#### Заключение

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что цепи питания являются действительно неблагоприятной средой для передачи сигнала. Реализация системы передачи данных по цепям

питания возможна только при проведении основательного анализа шумовой обстановки в канале PLC.

#### Литература:

- 1. Andreadou N., Pavlidou F. N. PLC channel: Impulsive noise modelling and its performance evaluation under different array coding schemes //IEEE Transactions on Power Delivery.  $-2009. -T. 24. -N_{\odot}$ . 2. -C. 585-595.
- 2. Lin J., Nassar M., Evans B. L. Impulsive noise mitigation in powerline communications using sparse Bayesian learning //IEEE Journal on Selected Areas in Communications. -2013. T. 31. No. 7. C. 1172-1183.
- 3. Laguna G., Barron R. Survey on indoor power line communication channel modeling //Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, 2008. CERMA'08. IEEE, 2008. C. 163-168.
- 4. Gruber F., Lampe L. On PLC channel emulation via transmission line theory //Power Line Communications and its Applications (ISPLC), 2015 International Symposium on. IEEE, 2015. C. 178-183.
- 5. Gotz M., Rapp M., Dostert K. Power line channel characteristics and their effect on communication system design //IEEE Communications Magazine. -2004. -T. 42. -N0. 4. -C. 78-86.

## БИТОВАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ОШИБКИ НА ВЫХОДЕ ДЕКОДЕРА КОДА ХЭММИНГА В КАНАЛЕ С НЕЗАВИСИМЫМИ ОШИБКАМИ

### Ю.П. Акулиничев, д-р техн. наук, профессор

г. Томск, ТУСУР, aupa1941@mail.ru

Аннотация: по результатам статистического моделирования показано, какой вид имеет зависимость математического ожидания количества ошибок на выходе декодера при условии, что в комбинации на его входе содержится m ошибок. Предложена аппроксимация этой функции.

*Ключевые слова:* битовая вероятность ошибки, коды Хэмминга.

Использование циклического (n,k)-кода Хэмминга, где k и n — количество символов на входе и выходе декодера соответственно, при передаче в двоичном симметричном канале с независимыми ошибками является одним из самых популярных вариантов построения цифровой системы передачи информации. При этом главной характеристикой помехоустойчивости такой системы служит битовая вероятность ошибки (BER) на выходе декодера.

Ограничимся случаем, когда демодулятор работает в жестком режиме, а декодер при обнаружении ошибок в принятой комбинации длины  $n=2^r-1$  (где r=n-k- количество проверочных символов) пытается их исправить, но не всегда успешно. Битовая вероятность ошибки на выходе декодера может быть вычислена очевидным образом

$$b(p) = \frac{1}{n} \sum_{m=0}^{n} P(m, p) F(m). \tag{(1)}$$

где P(m,q) — вероятность того, что в комбинации на входе декодера имеется m ошибочных символов при условии, что BER на его входе равна p,

F(m) — математическое ожидание (среднее значение) количества ошибок на выходе декодера при условии, что в комбинации на его входе содержится m ошибок.

Вероятности P(m,p) зависят от степени когерентности системы, способа модуляции, отношения сигналшум и т.п., и способы их вычисления достаточно широко известны [1,2]. Но в литературных источниках не удалось найти простых и наглядных сведений относительно вида функции F(m) ни для одного из видов кодов БЧХ. Цель данной статьи — ликвидировать этот пробел хотя бы для кодов Хэмминга.

Наиболее простой способ решения данной задачи – это статистическое моделирование. В таблице приведены результаты для кода (7,4).

Таблица — Значения функции F(m) и ее аппроксимации  $F(m)_a$  для кода (7.4)

m	0	1	2	3	4	5	6	7
F(m)	0	0	3	3.8	3.2	4	7	7
$F(m)_{\rm a}$	0	0	3	3.333	3.667	4	7	7

Вид этой функции для более длинного кода (15,11) приведен на рисунке. Уже для данного кода вид аппроксимации вполне очевиден

$$F(m)_{a} = \begin{cases} 0, & (m=0) \text{ или } (m=1), \\ N, & (m=N-1) \text{ или } (m=1), \\ \frac{N+m(N-6)}{N-4}, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

Даже для кода (31,26) среднеквадратическая ошибка такой аппроксимации около 0,08, а для более длинных кодов она уже пренебрежимо мала.

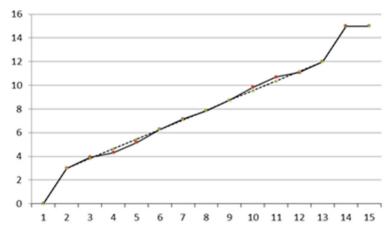


Рисунок — Функция F(m) (сплошная линия) и ее аппроксимация  $F(m)_a$  (штрих) для кода (15,11)

Следует отметить, что при оценке величины (1) в [3,4] использовалась более простая аппроксимация

$$F(m)_{\rm a} = \begin{cases} 0, & (m=0) \text{ или } (m=1), \\ 3, & {
m B } {
m octaльных } {
m cлучаях}. \end{cases}$$
 ((3)

Она существенно отличается от (2), но нетрудно убедиться в том, что она справедлива лишь при условии pN << 1, которое в большинстве случаев выполняется, иначе использование кода Хэмминга не имеет смысла.

Можно предположить, что подобная по форме аппроксимация существует и для более мощных кодов БЧХ, но численные значения ее параметров еще предстоит определить.

# Литература:

- 1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е изд.: Пер. с англ. М: Изд. дом. "Вильямс", 2003. 1104 с.
- 2. Кларк Дж., мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1987. 392 с
- 3. Акулиничев Ю.П. Теория электрической связи: Учеб. пособие. СПб., Лань, 2010. 240 с.
- 4. Акулиничев Ю.П., С.В. Мелихов Когда полезно применять помехоустойчивое кодирование // НАУКА И ПРАКТИКА: ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ Материалы региональной научно-практической конференции. Томск: Издательство ТУСУРа. 2016. С. 614 617.