



**ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И
ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И
ОБРАЗОВАНИЯ**

**(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет
имени В. И. Вернадского»)**

В 4-х томах

**Том I: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И
ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ
В ИНФОРМАЦИОННОЙ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРАХ**

Тамбов

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Администрация Тамбовской области
Fondazione Romualdo Del Bianco (Italy, Florence)
University of Allikante (Spain)
University of Porto (Portugal)
Universita degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli" (Italy)
Slovak University of Technology in Bratislava
DTI University (Slovak)

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет
Неправительственный экологический фонд имени В. И. Вернадского
Российская экологическая академия
Всероссийское общество охраны природы
Федеральный проект «Чистая страна»

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет»
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет»
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов
в сельском хозяйстве»
ТОГБПОУ «Аграрно-технологический техникум»
ТОГБПОУ «Уваровский химико-технологический колледж»
ООО «НаноТехЦентр»
Ассоциация «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»



ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ

(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

**Том I: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ
В ИНФОРМАЦИОННОЙ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРАХ**

Материалы Международной научно-практической конференции
29 – 31 мая 2019 г.

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2019

УДК 504(0.034)
ББК Б1я43+с6я43+У28я43
И62

В. А. Грачев – президент и генеральный директор Неправительственного экологического фонда имени В. И. Вернадского, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, проф.; **М. Н. Краснянский** – ректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», президент Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», д-р техн. наук, проф. РАН; **Н. В. Молоткова** – председатель Учебно-методического совета Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», первый проректор ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р пед. наук, проф.; **Д. Ю. Муромцев** – проректор по научно-инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А. И. Завражнов** – председатель Научного совета Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», проф. кафедры технологических процессов и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», акад. РАН, д-р техн. наук, проф.; **Е. С. Мищенко** – проректор по международной деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р экон. наук, проф.; **М. А. Конаков** – начальник Управления по охране окружающей среды и природопользованию Тамбовской области, д-р экон. наук, проф.; **В. Ф. Калинин** – вице-президент Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», советник при ректорате ФГБОУ ВО «ТГТУ», д-р техн. наук, проф.; **А. В. Козачек** – исполнительный директор Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского», зав. кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. пед. наук, доц.; **Е. А. Сергеева** – доц. кафедры «Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ТГТУ», канд. техн. наук, доц.

И62 **Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования** (к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»). В 4 т. : матер. Междунар. науч.-практ. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 29 – 31 мая 2019 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. ISBN 978-5-8265-2144-1

Том I: Современные технологии и цифровые решения в информационной, энергетической и робототехнической сферах. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 10,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. ISBN 978-5-8265-2148-9

Включены статьи участников Международной научно-практической конференции «Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования», посвященной 15-летию Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского».

Предназначены для историков, политологов, социологов, экологов, специалистов органов государственного и муниципального управления, общественных деятелей, краеведов, студентов.

УДК 504(0.034)
ББК Б1я43+с6я43+У28я43

Материалы статей предоставлены в электронном виде и сохраняют авторскую редакцию.

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2148-9 (т. I) © Федеральное государственное бюджетное образовательное
ISBN 978-5-8265-2144-1 (общ.) учреждение высшего образования «Тамбовский государственный
технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2019
© Ассоциация «Объединенный университет
имени В. И. Вернадского», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ, РОБОТОТЕХНИКА И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ

<i>Аль-Раммахи Али Абидалкарим Хабиб, Трефилов П. А.</i> Использование алгоритмов Дейва–Сена и нечетких С-средних для кластеризации данных: сравнительное исследование	8
<i>Аль-Раммахи Али Абидалкарим Хабиб, Трефилов П. А.</i> Кластеризация данных с использованием алгоритма Дзюбы (FDH) и нечетких С-средних: сравнительное исследование	10
<i>Андрианов Д. И., Дубровин В. В.</i> Интеллектуальная система распознавания гипертрофии левого предсердия	12
<i>Архипов А. Е., Сидорчук А. О., Зверев М. В., Балашов П. В.</i> Алгоритмическое обеспечение модулей сбора и анализа данных о процессе обучения на тренажерных комплексах	17
<i>Богачев И. В., Левенец А. В.</i> Способы разбиения телеметрических кадров на однородные области	21
<i>Брюзгин А. А., Ефремов А. А.</i> Современные тенденции развития роботизированных систем и комплексов военного и специального назначения	26
<i>Волчихин С. В.</i> Реализация генераторов хаотических колебаний для программно-аппаратного комплекса постановки помех	29
<i>Глушков В. А., Трифонова Е. С.</i> Применение программы Any Logic к моделированию системы энергоснабжения частных домовых хозяйств	32
<i>Голуб А. С., Ерохин С. Д., Казак П. А., Ильичев Н. С.</i> Анализ построения пакетов сигнала цифровой радиосвязи стандарта DMR	36
<i>Дедаев М. А., Коробова Л. А., Матъцина И. А.</i> Использование методологии SAP-структур при проведении закупочных процедур	42
<i>Драчев А. В., Рылов С. А., Клишин С. В., Глушков В. А.</i> Постановка задачи для расчета низкой околоземной орбиты сверхмалого космического аппарата	44
<i>Дьяков И. А., Терехова А. А., Дьяков А. И.</i> Информационные потоки протокола X10	46
<i>Епифанов А. С.</i> Методы анализа геометрических образов автоматных моделей систем	49
<i>Змеев А. А., Лавлинский В. В., Яньшин С. Н.</i> Анализ архитектур нейронных сетей для использования в управлении большими системами	53
<i>Ищук И. Н., Долгов А. А.</i> Алгоритм моделирования тепловых изображений районов воздушной разведки на основе их тепловых томограмм	57
<i>Ищук И. Н., Филимонов А. М.</i> Программное обеспечение для обработки динамических инфракрасных изображений	61

<i>Князев И. В., Овечкина Е. М., Глушков В. А.</i> Перспективы применения орнитоптеров	65
<i>Кокорев А. В., Мещеряков В. Н.</i> Применение матричного преобразователя частоты на четырехклетевом стане холодной прокатки	69
<i>Коновалова К. Н., Фролова Т. А.</i> Инновации в информационной модели аппарата искусственной вентиляции легких	73
<i>Коробов А. А., Алиев Н. Э., Фролов С. В.</i> Разработка программно-аппаратного комплекса для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний с учетом регуляции	76
<i>Коротков А. А., Астапов А. Ю., Криволапов И. П.</i> Результаты исследования вегетационного индекса NDVI на опытном поле Мичуринского ГАУ	80
<i>Краюхин С. Б., Бурцева Е. В.</i> Информатизация судебной системы как дополнительная гарантия доступности граждан к правосудию	83
<i>Лавлинский В. В., Змеев А. А.</i> Оценка угроз несанкционированного доступа в больших системах специального назначения	87
<i>Лавлинский В. В., Песецакая Т. В.</i> Критериальная оценка потоков речевых сигналов как больших систем	91
<i>Лавлинский В. В., Савченко А. Л.</i> Анализ современных моделей и алгоритмов для проектирования сложных функциональных блоков, стойких к воздействию тяжелых заряженных частиц	95
<i>Лавлинский В. В., Савченко А. Л.</i> Управление испытательными комплексами для оценки радиационно-стойких функциональных блоков	101
<i>Лавлинский В. В., Табаков Ю. Г., Ягодкин А. С.</i> Методы формирования управляющего НЧ-сигнала для больших человеко-машинных систем	105
<i>Лавлинский В. В., Ягодкин А. С.</i> Разработка аппаратно-программных средств для снятия сигналов коры головного мозга	109
<i>Лавлинский В. В., Яньшин С. Н.</i> Управление большими системами с использованием математического описания действий	113
<i>Левенец А. В.</i> Основные принципы организации эффективной системы сжатия измерительных данных	116
<i>Мазалов А. Н., Яковлев А. В.</i> Анализ размещения фрагментов РБД по узлам распределенной информационной системы	119
<i>Майстренко А. А., Майстренко Н. В.</i> Информационные системы проектирования высокоэкологических и ресурсосберегающих ХТП на основе объектно-ориентированного подхода	122

<i>Мартыросов С. А., Минаков С. Н.</i> Разработка интерфейса сканера частот для робототехнического комплекса	126
<i>Митрошина А. А., Глушков В. А.</i> Применение программы ADEM к автоматизации технологической подготовки производства	130
<i>Михина А. В., Строев В. М.</i> Разработка быстродействующих БТС для контроля кровоснабжения	136
<i>Мурашов П. М., Бочкарева Т. О., Аллямиин М. А.</i> Алгоритм установления механизма дорожно-транспортного происшествия	140
<i>Муромцев Д. Ю., Грибков А. Н.</i> Методика когнитивно-графического анализа задач оптимального управления многомерными объектами при наличии случайных возмущений	144
<i>Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Грибков А. Н.</i> Микропроцессорная интеллектуальная система энергосберегающего управления электрическим водонагревателем	147
<i>Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В., Шамкин В. Н.</i> Интеллектуальная система энергосберегающего управления группой камерных электропечей	149
<i>Наумова А. Ю., Зырянов Ю. Т.</i> Формализация задач энергосберегающего управления в информационно-измерительных системах	152
<i>Николюкин М. С., Соломатина Е. М., Логинова А. А.</i> Структурная модель системы поддержки принятия решений в СЭД конструкторской документации	155
<i>Нурутдинов Г. Н., Высоцкий А. В., Минин Ю. В.</i> Построение модели условно-пуассоновского потока для информационных систем	159
<i>Парфирьев А. В., Ищук И. Н.</i> Способ определения координат объектов для управления робототехническими комплексами	165
<i>Петрянин А. А.</i> Программно-аппаратная реализация динамического хаоса для постановки сложных помех робототехническими комплексами	170
<i>Потапов А. Н.</i> Проблемные вопросы построения конфликтоустойчивой автоматизированной системы подготовки операторов радиоэлектронных средств	173
<i>Ремесник Е. С.</i> Применение последовательностей Фишберна в теоретико-игровых моделях	177
<i>Рытов М. Ю., Горлов А. П., Лысов Д. А.</i> Разработка автоматизированной системы оценки эффективности программно-аппаратных средств защиты информации	182
<i>Рытов М. Ю., Мусиенко Н. О.</i> Основные направления обеспечения надежности обработки информации в коммуникационной среде органов исполнительной власти	186
<i>Сари Фарах Аббас, Трефилов П. А.</i> Обнаружение края с размытым и неразмытым изображением по алгоритму муравья	189

<i>Сари Фарах Аббас, Трефилов П. А.</i> Эффективный метод выявления заболеваний крови на основе алгоритма искусственных пчелиных семей	191
<i>Седых И. А.</i> Нечеткие динамические окрестностные модели	194
<i>Семин М. В., Потапов А. Н.</i> Вычислительная трудоемкость комбинированной методики классификации воздушных объектов системами управления специального назначения	197
<i>Соколов М. В., Алтунин К. А.</i> Применение интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов токарной обработки материалов	202
<i>Сысоев Э. В., Дьяков А. И., Дьяков И. А., Терехова А. А.</i> Методы оптимизации баз данных административных правонарушений	206
<i>Трефилов П. А.</i> Обработка нечеткой информации в темпоральных базах данных	208
<i>Уланов А. О.</i> Структурная надежность аппаратно-программного комплекса предприятия	211
<i>Чашкина Т. В., Коробова И. Л.</i> Направления развития информационных систем управления складом	222
<i>Черных А. А., Высоцкий А. В., Минин Ю. В.</i> Процедура определения критических элементов сетевой информационной системы	225
<i>Черных А. А., Минин Ю. В., Высоцкий А. В.</i> Выявление критичных узлов информационной системы при распределении ресурсов в ней	230
<i>Шабанов К. Б.</i> Применение методов Data mining для повышения эффективности управления ресурсами информационной медиа-системы	235
<i>Шнайдер А. А., Шатских В. В.</i> Вопросы применения SDR для анализа радиоэлектронной обстановки оператором БПЛА	237

ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

<i>Белоусов А. С., Мещеряков В. Н.</i> Пространственно-векторная модуляция преобразователя частоты с двухплечевым инвертором для двухфазного электропривода	240
<i>Бусин И. В., Нагорнов С. А., Корнев А. Ю.</i> Исследование влияния процессов механоактивации на физико-химические свойства дизельного топлива	246
<i>Зяблов Н. М., Кочергин С. В., Джапарова Д. А., Калинин В. Ф.</i> Рекуррентные нейронные сети в задаче прогнозирования потребления электрической энергии	252
<i>Иванова К. В., Локтев В. Ю.</i> Программно-аппаратная защита систем управления «Smart House»	256
<i>Корнев А. Ю., Бусин И. В., Ликсутина А. П.</i> Повышение смазывающей способности дизельных топлив за счет использования соединений из возобновляемого органического сырья	259

<i>Кустов А. Н., Зацепина В. И.</i> Надежность и эффективность в электросетевом комплексе за счет внедрения концепции «цифровой сети»	263
<i>Мартыненко Г. Н., Лукьяненко В. И., Галдин Д. А., Здобников И. А.</i> Современные материалы и технологии изготовления солнечных коллекторов	267
<i>Наумова А. Ю.</i> Формализация задач энергосберегающего управления в информационно-измерительных системах	271
<i>Романцова С. В., Ликсутина А. П., Нагорнов С. А.</i> Совершенствование технологии получения биодизельного топлива из некондиционных растительных масел	273
<i>Скоморохов П. И., Зацепина В. И.</i> Вопросы нормализации напряжения в распределительных электросетях	278
<i>Терехова А. А., Дьяков И. А., Дьяков А. И.</i> Математическое моделирование характеристик токосъемных элементов электроприводов АСУ	281
<i>Терехова А. А., Дьяков И. А., Дьяков А. И., Иванова К. В.</i> Управление потоками реактивной мощности АСУ	285
<i>Тетушкин В. А.</i> Маркетинговый анализ факторов стратегического энергетического планирования	288
<i>Якунина И. В., Балашов А. А., Абрашкин П. А.</i> Исследование метода энергосбережения при выборе систем водяного отопления с учетом внешних факторов	294

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ, РОБОТОТЕХНИКА И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ

Аль-Раммахи Али Абидалкарим Хабиб, П. А. Трефилов,
аспиранты кафедры «Информационные системы и защита информации»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЕЙВА–СЕНА И НЕЧЕТКИХ С-СРЕДНИХ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Аннотация. Кластеризация больших данных является одной из наиболее важных проблем в настоящее время, в связи с чем работа фокусируется на классификации данных с использованием стандартного алгоритма (нечеткое С-среднее) и другого алгоритма – Дейва–Сена (FRC) для определения оптимального алгоритма с точки зрения скорости работы и точности разделения и результатов испытаний, используя меры разделения.

Ключевые слова: алгоритм Дейва-Сена (FRC), нечеткое С-среднее, набор данных.

Наиболее популярным алгоритмом нечеткой кластеризации является алгоритм нечетких С-средних. Этот алгоритм позволяет одному фрагменту данных принадлежать двум или более кластерам [1] и заключается в минимизации следующей целевой функции.

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, 1 \leq m < \infty,$$

где m – любое действительное число, большее 1; u_{ij} – степень членства x_i в кластере j , x_i – i -й из d -мерных измеренных данных; c_j – центр d -размерности кластера, $\| \cdot \|$ – любая норма, выражающая сходство между любыми измеренными данными и центром.

Нечеткое разбиение выполняется посредством итеративной оптимизации целевой функции [2], показанной выше, с обновлением членства u_{ij} и центров кластера c_j путем

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}$$

Эта итерация остановится, когда $\max_{ij} \{ |u_{ij}^{(k+1)} - u_{ij}^{(k)}| \} < \varepsilon$, где ε – критерий завершения между 0 и 1, тогда как k – шаги итерации. Эта процедура сходится в локальном минимуме или седловой точке J_m .

FRC-алгоритм, который выводится, хорошо работает для всех типов неевклидовых данных о различиях. Таким образом, показано, что дополнительные вычисления для расширения данных (широко распространенное преобразование), которые требуются алгоритмом NERFCM, алгоритмом FRC не требуются. Этот новый алгоритм называется надежной неевк-

лидовой нечеткой реляционной кластеризацией данных (надежный NE-FRC), его надежность продемонстрирована на нескольких числовых примерах.

Преимущества этого нового алгоритма: более быстрая сходимость, устойчивость к выбросам и способность обрабатывать все виды реляционных данных, включая неевклидовы.

Получен новый алгоритм FRC, который объединил функции RFCM и FANNY. Функционал для FRC:

$$FRC = \sum_{i=1}^c \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n u_{ik}^m u_{ij}^m R_{jk}}{2 \sum_{t=1}^n u_{it}^m},$$

где $u_{ik} \geq 0$, $i = 1, 2, \dots, c$; $k = 1, 2, \dots, n$,

$$L = \sum_{i=1}^c \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n u_{ik}^m u_{ij}^m R_{jk}}{2 \sum_{t=1}^n u_{it}^m} - \sum_{k=1}^n \lambda_k \left(\sum_{j=1}^c u_{jk} - 1 \right).$$

Вышеупомянутое уравнение может быть минимизировано относительно u_{ik} путем устранения множителей Лагранжа, λ_k один может получить следующее для членства:

$$u_{ik} = \frac{\left(\frac{1}{a_{ik}}\right)^{1/(m-1)}}{\sum_w^c \left(\frac{1}{a_{ik}}\right)^{1/(m-1)}},$$

где a_{ik} – данные условия

$$a_{ik} = \frac{u_{ij}^m R_{jk}}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m} - \frac{m \sum_{h=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij}^m u_{ih}^m R_{jh}}{2 \left(\sum_{j=1}^n u_{iv}^m \right)}.$$

Таким образом, путем непосредственного применения метода множителей Лагранжа для получения минимизации с ограничением (1), решение для раздела получается из (4) и (5). Следует отметить, что при выводе предыдущего уравнения единственным ограничением R_{jk} было (1). Таким образом, этот вывод имеет преимущество перед выводом в RFCM. Рассмотрим несколько замечаний относительно (4) и (5). Во-первых, (4) является трансцендентным уравнением в u_{ik} , а во-вторых, ограничение (2) явно не выполняется. Чтобы решить u_{ik} из (4), можно использовать метод градиентного спуска, такой как метод Ньютона, или просто использовать метод последовательной замены, в котором можно многократно использовать старые значения u_{ik} в (5), чтобы получить a_{ik} , а затем решить для новых значений u_{ik} от (4) до сходимости. На практике можно улучшить порядок сходимости этого метода с помощью схемы итерации Зайделя, где в одном решении для a_{ik} используются все новые доступные значения членства.

Список литературы и источников

1. Модель анализа изображений на основе метода нечеткой кластеризации / Д. В. Лакомов, В. В. Алексеев, Ю. В. Минин, Г. Н. Нурутдинов // Информация и безопасность. – 2017. – № 4. – С. 580 – 583.
2. Алексеев, В. В. Модель анализа изображений на основе алгоритма кластеризации : сб. тр. XXVI Междунар. науч.-техн. конф. / В. В. Алексеев, Д. В. Лакомов ; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) ; Московский технологический университет «МИРЭА». – 2017. – С. 27–28.

Аль-Раммахи Али Абидалкарим Хабиб, П. А. Трефилов
аспиранты кафедры «Информационные системы и защита информации»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА ДЗЮБЫ (FDH) И НЕЧЕТКИХ С-СРЕДНИХ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Аннотация. Кластеризация больших данных является одной из наиболее важных проблем в настоящее время, в связи с чем работа фокусируется на классификации данных с использованием стандартного алгоритма (нечеткое С-среднее) и другого алгоритма (иерархическое нечеткое деление FDH) для определения оптимального алгоритма точки зрения скорости работы и точности разделения и результатов испытаний с использованием мер разделения.

Ключевые слова: нечеткое С-среднее, иерархическое нечеткое деление, набор данных.

Нечеткое С-среднее (FCM) – это метод кластеризации, который позволяет одному фрагменту данных принадлежать двум или более кластерам [1]. Этот метод, разработанный Данном в 1973 году и усовершенствованный Бездеком в 1981 году, часто используется при классификации данных. Он основан на минимизации следующей целевой функции:

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, 1 \leq m < \infty,$$

где m – любое действительное число, большее 1; u_{ij} – степень членства x_i в кластере j , x_i – i -й из d -мерных измеренных данных; c_j – центр d -размерности кластера, $\| \cdot \|$ – любая норма, выражающая сходство между любыми измеренными данными и центром.

Нечеткое разбиение выполняется посредством итеративной оптимизации целевой функции [2], показанной выше, с обновлением членства u_{ij} и центров кластера c_j путем

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}.$$

Эта итерация остановится, когда $\max_{ij} \{ |u_{ij}^{(k+1)} - u_{ij}^{(k)}| \} < \varepsilon$, где ε – критерий завершения между 0 и 1, тогда как k – шаги итерации. Эта процедура сходится в локальном минимуме или седловой точке J_m .

Алгоритм деления (FDH) является одним из иерархических кластеров, который построен с использованием нисходящего подхода. Процесс начинается со всей выборки, затем разбивает этот кластер на два подкластера. Процесс непрерывно повторяется снова в каждом подкластере, пока его член не станет единым объектом. На каждом шаге два новых кластера составляют так называемое «раздвоение бывшего». Преимущество этого алгоритма заключается в его способности обеспечить иерархическую структуру, которая может быть использована для филогенетического анализа.

Перед использованием алгоритма первый набор данных должен быть разделен на два класса с использованием алгоритма (FCM), и алгоритм FDH будет работать на первых двух кластерах.

После объединения вычисляется полярность двух групп, так что если $(x(P) > a)$ являются «реальными» кластерами, то снова собираются данные в каждой группе, чтобы найти подмножество и создать дерево плетения, используя FDH $k = 2, 3, 9$. В противном случае процесс фрагментации останавливается.

Список литературы и источников

1. Модель анализа изображений на основе метода нечеткой кластеризации / Д. В. Лакомов, В. В. Алексеев, Ю. В. Минин, Г. Н. Нурутдинов // Информация и безопасность. – 2017. – № 4. – С. 580 – 583.
2. Алексеев, В. В. Модель анализа изображений на основе алгоритма кластеризации : сб. тр. XXVI Междунар. науч.-техн. конф. / В. В. Алексеев, Д. В. Лакомов ; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) ; Московский технологический университет «МИРЭА». – 2017. – С. 27–28.

Д. И. Андрианов, студент кафедры «Биомедицинская техника»,
В. В. Дубровин, канд. техн. наук, доц. кафедры «Биомедицинская техника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ГИПЕРТРОФИИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ

Аннотация. Представлен метод распознавания гипертрофии левого предсердия путем применения частотно-временных преобразований. Выделены признаки, отклонение которых от нормы свидетельствует о патологических процессах в работе левого предсердия.

Ключевые слова: электрокардиограмма, гипертрофия левого предсердия, преобразование Фурье, непрерывное вейвлет-преобразование

Электрокардиограмма (ЭКГ) представляет собой запись электрических потенциалов активности сердца, снятую с одного или нескольких отведений. В нормальной кардиограмме выделяют несколько элементов: Р – зубец, отражающий процесс деполяризации правого и левого предсердия; QRS – комплекс, который отражает процесс деполяризации желудочков и Т – зубец, характеризующий процесс конечной реполяризации миокарда желудочков.

Сама по себе гипертрофия левого предсердия (ЛП) является не заболеванием, а синдромом, который может привести к серьезным болезням сердца. Следовательно, необходимо диагностировать данную патологию на ранних стадиях.

Обогащенная кислородом кровь из легких поступает в ЛП, затем передается в левый желудочек и в момент систолы распространяется по всему телу. Причинами гипертрофии могут быть ожирение, стеноз митрального клапана, легочные заболевания, стрессы. Так же гипертрофия ЛП зачастую связана с гипоксией: когда клеткам организма не хватает кислорода, сердце старается перекачать больший объем крови. Незначительная гипертрофия может наблюдаться у спортсменов.

В результате гипертрофии происходит увеличение размеров кардиомиоцитов – это специальные клетки, которые «проводят электрический ток», как следствие, возрастает их суммарное сопротивление, что приводит к усилению асинхронизации деполяризации обеих предсердий (рис. 1). Другими словами, при гипертрофии зубец раздвоен с преимуществом второй фазы.



Рис. 1. Р-зубец в норме и при гипертрофии

В норме Р-зубец должен обладать следующими основными величинами:

- продолжительность в норме: 11 до 112 мс;
- высота: от 0,05 мм до 2,5 мм в стандартных отведениях, до 1,5 мм в грудных отведениях;
- в отведении V1 двухфазный – ширина отрицательной фазы не более 40 мс и глубина не более 1 мм.

В настоящее время для анализа ЭКГ-сигнала перспективно применение вейвлет-анализа. Вейвлеты – это обобщенное название семейств математических функций определенной формы, которые локальны по времени и по частоте, и в которых все функции получаются из одной базовой функции посредством ее сдвигов и растяжений по оси времени. По сравнению с разложением сигналов на ряды Фурье, вейвлеты способны с гораздо более высокой точностью представить локальные особенности сигналов, вплоть до разрывов первого рода [1, 2].

Для увеличения эффективности оценки параметров Р-зубца предлагается применение непрерывного вейвлет-преобразования (CWT). Пусть s – сигнал и ψ – вейвлет. При непрерывном преобразовании вейвлет-коэффициенты сигнала s , соответствующие масштабному коэффициенту a и положению b , определяются формулой (1)

$$CWT(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) dt. \quad (1)$$

Для эффективной оценки параметров Р-зубца его необходимо выделить из сигнала. Решение этой задачи состоит из нескольких этапов.

Исходный сигнал оцифровывается с определенной частотой дискретизации fs , в нашем случае $fs = 200$ Гц (рис. 2).

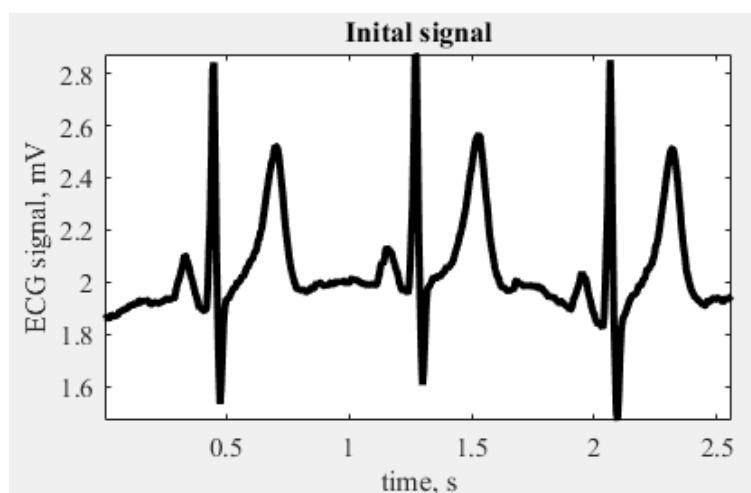


Рис. 2. Исходный ЭКГ-сигнал

Преобразуется в сигнал с математическим ожиданием равным нулю, а затем нормализуется. Спектр исходного сигнала с использованием биортогонального вейвлета «bior1.5» (рис. 4) приведен на рис. 3. Верхняя граничная частота является стандартной и равняется 100 Гц.

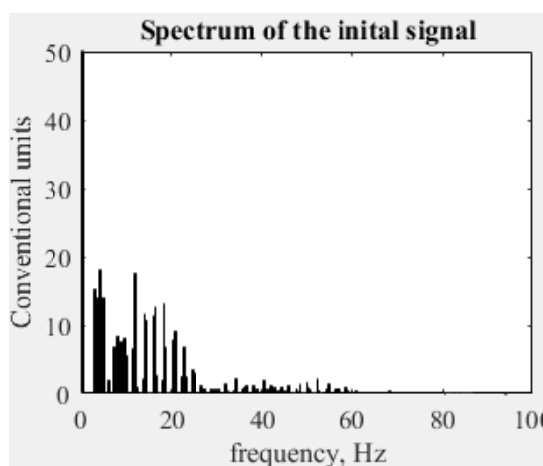


Рис. 3. Спектр исходного сигнала

Использование биортогонального вейвлета позволяет, по сравнению с другими вейвлетами, с большей точностью, порядка 98...99%, определить начало, пик и смещение нужных нам зубцов.

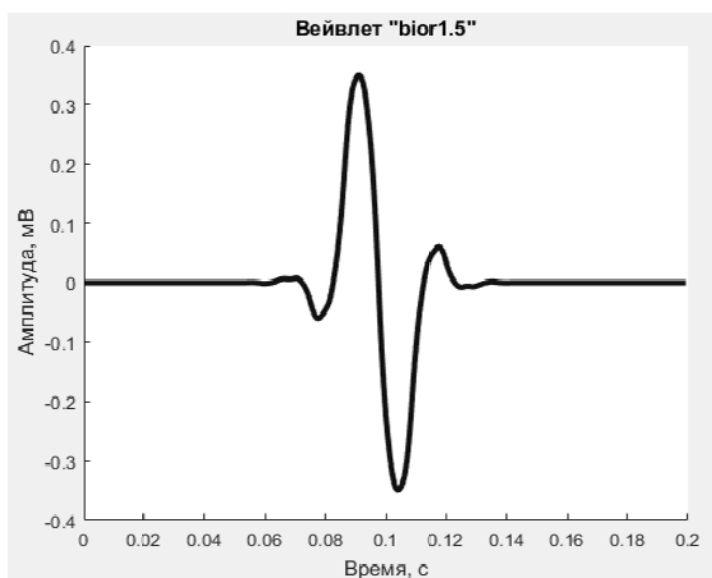


Рис. 4. Биортогональный вейвлет «bior1.5»

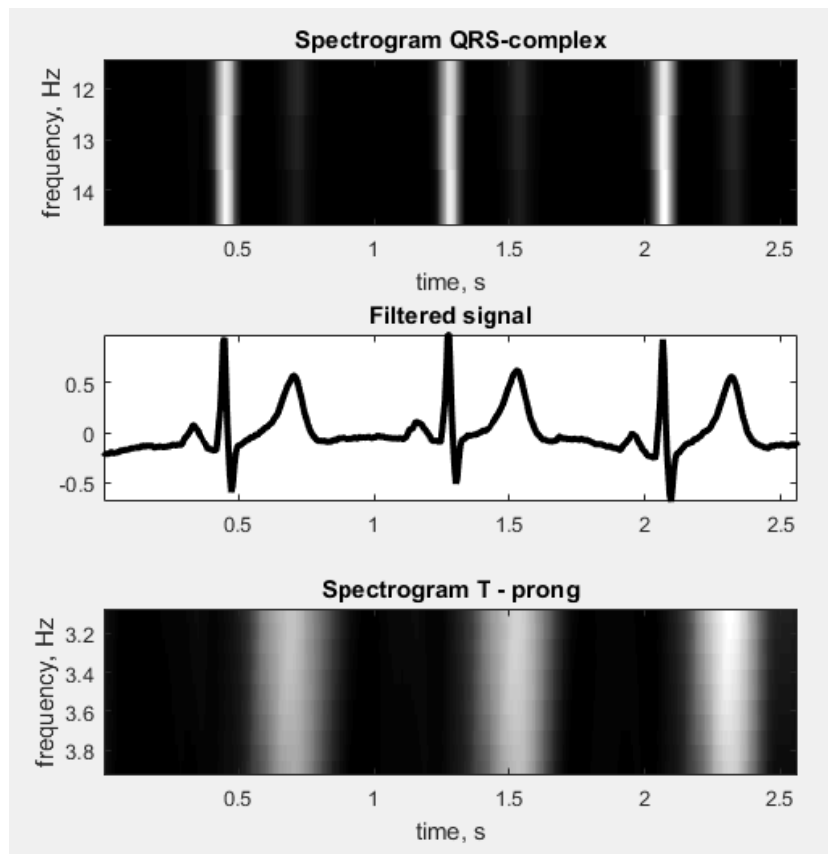
Каждый масштаб вейвлета a соответствует определенной частоте просмотра сигнала f , которая определяется формулой (2)

$$f = \frac{Fr fs}{a}, \quad (2)$$

где Fr – центральная частота вейвлета; fs – частота дискретизации сигнала.

На следующем этапе необходимо вырезать из сигнала QRS-комплекс и зубец Т.

На основе CWT-преобразования было определено, что QRS-комплексу соответствуют масштабы 11 – 13, пик Т обнаруживается на масштабах 40 – 50. Используя формулу 2, нетрудно посчитать, что частоты 11,9 – 14,4 Гц соответствуют QRS-комплексу, а частоты 3,1 – 3,8 Гц соответствуют Т-зубцу (рис. 5).



**Рис. 5. CWT-преобразование на масштабах 11 – 13. Отфильтрованный сигнал.
CWT-преобразование на масштабах 40 – 50**

После удаления из сигнала частот, соответствующих QRS-комплексам и T-зубцам, выполняем восстановление сигнала с использованием аппроксимирующих коэффициентов для реконструкции биортогонального вейвлета (рис. 6).

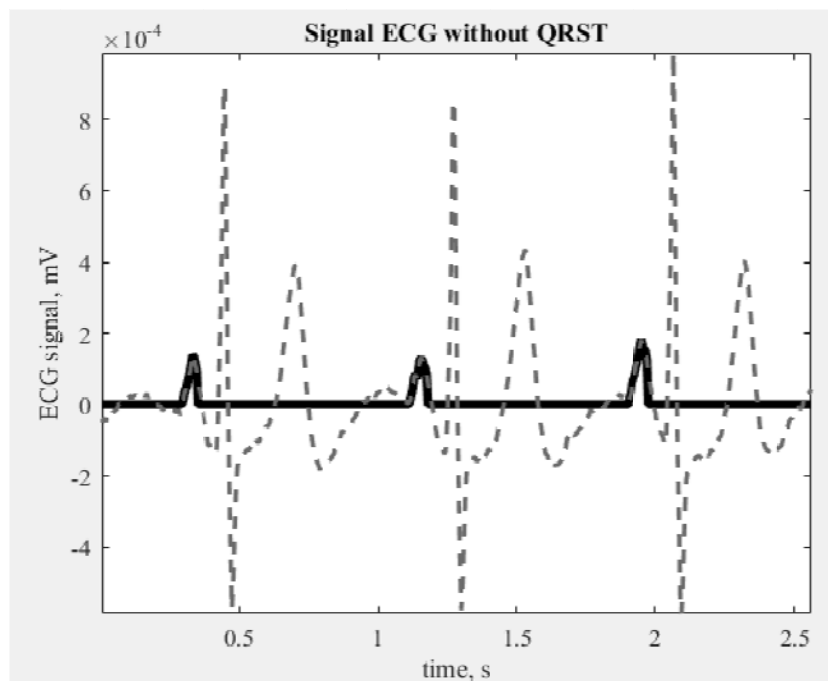


Рис. 6. Выделенный зубец P и исходный нормированный сигнал

В результате мы получили отфильтрованный ЭКГ-сигнал с выделенным Р-зубцом. Причем работать с параметрами зубца можно как во временной, так и в частотно-временной области. Благодаря этому можно с большой точностью определить начало и конец зубца, его частоту, амплитуду, локальные минимумы и максимумы, которые могут установить, является ли зубец двухфазным.

Программная фильтрация позволяет экономить место в памяти, где хранятся сигналы. Кардиосигнал, очищенный от шума, выглядит более наглядно, и его объем составляет от 10 до 5% от исходного сигнала [3].

На базе данного метода обработки можно создать обучаемую нейронную сеть, которая будет сравнивать полученные параметры зубца с референсными значениями, и в случае их отклонения от нормы, предупреждать больного или врача.

С развитием вычислительной способности процессоров нейронную сеть можно реализовать с помощью программы, зашитой в микроконтроллер. В совокупности мы получаем интеллектуальную систему распознавания гипертрофии левого предсердия. Конечно же, такая система не заменит квалифицированного врача-кардиолога, но если иметь достаточно большую базу сигналов и их признаков, то даже самые простые домашние кардиографы смогут предотвратить серьезные заболевания сердца и, возможно, спасти кому-то жизнь.

Список литературы и источников

1. Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н. К. Смоленцев – М. : ДМК Пресс, 2008. – 448 с.
2. Алексеев, К. А. Очерк «Вокруг CWT» [Электронный ресурс] / К. А. Алексеев. – URL : <http://mathlab.exponenta.ru/wavelet/book3/in-dex.php>
3. Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н. К. Смоленцев. – М. : ДМК Пресс, 2014. – 628 с.

А. Е. Архипов, аспирант,
А. О. Сидорчук, М. В. Зверев, П. В. Балашов, студенты
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЕЙ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ О ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ НА ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Аннотация. Приведено описание алгоритмического обеспечения модулей сбора и анализа данных о процессе обучения на тренажерных комплексах.

Ключевые слова: обучение, тренажер, анализ.

В эргатических системах профессионального назначения на предприятиях для понижения риска жизни и здоровья сотрудников активно применяются разнообразные тренажерные комплексы, основанные на виртуальной или дополненной реальности, пультовые тренажеры и различные интерактивные системы обучения. В последние годы качество визуального сопровождения подобных систем постоянно растет и позволяет все с большей эффективностью выработать необходимую зрительную память при отработке различных штатных и аварийных сценариев.

В процессе обучения персонала часто поднимается вопрос об эффективности средств визуализации, которые необходимо использовать для отображения обучающих сценариев. Не всегда наиболее эффективные в одной области технологии будут настолько же эффективны и применимы в других областях. Например, в исследовании [1] технология дополненной реальности при обучении технического персонала доказала свою перспективность. В работе [2] сопоставлялись: классический подход к обучению, видеокурсы и виртуальный тренажерный комплекс. У обучающихся, без опыта проведения хирургических операций, обучение с использованием виртуальной реальности значительно сократило время подготовки и количество допускаемых ошибок, что в будущем повысило точность выполняемых операций [3, 4].

Однако применение технологий виртуальной или дополненной реальности не определяет итоговую результативность обучения, необходимо также корректно сформировать последовательность обучающих сценариев, установить их сложность для каждого конкретного обучаемого, учесть его личные психологические и физические особенности [5].

Поэтому актуальной в научном и практическом планах является задача повышения эффективности процесса обучения на тренажерных комплексах. Ввиду высокой сложности выполнения данной задачи ее можно разделить на несколько компонентов:

- реализация сбора и анализа данных о процессе обучения; построение моделей процесса обучения и его оптимизация;
- выбор эффективных средств и технологий для реализации обучающего процесса;
- адаптация сценариев обучения под индивидуальные особенности каждого обучающегося.

В процессе данного исследования рассмотрен вопрос разработки алгоритмического и программного обеспечения модулей сбора и анализа данных о процессе обучения. Проанализированы основные направления решения поставленной задачи, которые затронуты в научных трудах [6].

Проанализировав индивидуальный опыт сотрудников предприятий, использующих тренажерные комплексы, была обнаружена возможность повышения качества процесса обучения, учитывающая дополнительные элементы деятельности. Этот аспект также учитывался в работах нашего научного коллектива, так как без подробного анализа деятельности сотрудников, обнаружения и реализации в обучающем курсе возможных аварийных и чрезвычайных сценариев достигнуть качественного результата невозможно [7].

Во время сбора данных о процессе обучения необходимо следить за возможностью появления ошибочной или искаженной информации. В реализуемом алгоритмическом и программном обеспечении должна учитываться возможность появления помех из-за особенностей функционирования аппаратного обеспечения тренажерного комплекса и особым образом обрабатывать такие исключения.

Таким образом, на основе проведенного анализа сделан следующий вывод: модули сбора и обработки данных о процессе обучения в тренажерных комплексах необходимо использовать не только для получения результатов, но и для последующей корректировки вектора учебного курса под индивидуальные особенности обучаемого. Для этого необходимо реализовать соответствующее алгоритмическое и программное обеспечение тренажерного комплекса, позволяющее собирать и обрабатывать данные не только о ходе выполнения сценария, но и о состоянии пользователя. Полученные данные в дальнейшем необходимо использовать для адаптации процесса обучения [8].

В рамках данного исследования были рассмотрены модули сбора и обработки данных о процессе обучения на тренажерных комплексах, их взаимодействие с другими подсистемами, алгоритмическое обеспечение.

Рассмотрим связи модулей сбора и обработки данных с другими подсистемами подробнее. Анализ связей даст общее понимание работы алгоритма сбора и обработки данных.

Связь модуля сбора данных с подсистемой сбора информации обусловлена тем, что большинство данных поступает от внешних датчиков, сенсоров и систем отслеживания движений. К датчикам и сенсорам относятся различные устройства, измеряющие текущие физические параметры обучаемых, например, пульс, объемы вдыхаемого и выдыхаемого воздуха через самоспасатель и т.д. К системе отслеживания относятся также данные о положении частей тела в пространстве. Полученные данные о положении человека позволяют реалистично отразить аватар обучаемого в виртуальной реальности, а также получить все необходимые данные о его физическом состоянии [9].

Собранные данные передаются в модуль анализа данных в целях определения фрагментов тренировочного курса, вызывающих затруднения у пользователя, а также оценки его физического состояния в процессе обучения. В случае, если физическая нагрузка превышает заданный предел, требуется снизить сложность курса. Для более подготовленных пользователей, наоборот, программа подготовки может быть усложнена. Таким образом, данные о прошлых сеансах обучения используются для формирования индивидуального курса подготовки. Реализуется это в отдельном модуле адаптации, отвечающем за варьиро-

вание входящих в обучающий курс заданий, их сложности, порядка выполнения и количества [10].

Взаимодействие рассмотренных модулей между собой отражает тесную взаимосвязь между подсистемами визуализации и обучения. С одной стороны, подсистема визуализации используется для отображения обучающего курса, с другой – подсистема обучения задает набор используемых виртуальных сцен и правила деятельности в них.

Рассматривать процессы сбора и анализа данных невозможно в отрыве от процесса обучения, так как это не позволит сформировать полноценное и четкое понимание существующих в данной области закономерностей.

Начало процесса обучения связано с этапами регистрации и идентификации пользователя. Далее запускаются модули, отвечающие за контроль выполнения сценария обучения и сбор всей необходимой для дальнейшей работы информации. Модуль исполнения сценария выполняется параллельно процессу сбора данных. Алгоритм сбора данных работает в фоновом режиме и отслеживает параметры как обучающегося, так и окружения, с которым он взаимодействует. Сбор данных осуществляется по трем основным категориям, взаимосвязанных между собой данных:

- 1) о положении в пространстве;
- 2) о физическом состоянии обучающегося;
- 3) о действиях обучающегося.

После завершения сценария модули обучения и сбора информации прекращают работу, и запускается модуль обработки накопленной информации за весь процесс обучения.

На первом этапе выполняется анализ активности на основе данных с трекеров, перчаток и VR-шлема. Таким образом определяются периоды активности и простоя обучающегося, определение временных промежутков активности и простоя, сопоставление этого времени с временем выполнения всех этапов сценария. Проводится оценка адекватности перемещения по VR-пространству и оценка качества следования маршруту согласно заданиям сценария, а также скорости и точности реакции на происходящие события.

Далее проводится анализ на основе данных состояния обучающегося. В анализ входит динамика изменения состояния обучающегося на протяжении всего процесса тренировки, сопоставление данных с периодами активности и покоя, определенными ранее, и сопоставление данных с оптимальными значениями для данного сценария. Анализ действий проводится с целью выявить все манипуляции с интерактивными объектами, сопоставить эти манипуляции с ходом выполнения сценария, выявить адекватность совершенных действий и сравнить с оптимальными действиями в рамках данного сценария.

Полученный набор данных сохраняется в БД для дальнейшего использования при корректировке личных характеристик обучаемого и составления новой программы подготовки.

Подобный подход к реализации алгоритмического и программно-аппаратного обеспечения тренажерного комплекса позволяет получить бóльшую информативность от процесса тренировки, определить уровень подготовки пользователей и скорректировать программу обучения исходя из полученной информации. Использование этого подхода позволяет значительно снизить пробелы в знаниях пользователей за счет моделирования индивидуальной программы обучения.

Список литературы и источников

1. Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks / N. Gavish et al. // *Interactive Learning Environments*. – 2015. – Т. 23, № 6. – С. 778 – 798.
2. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery / K. S. Gurusamy et al. // *Cochrane database of systematic reviews*. – 2009. – № 1.
3. Краснянский, М. Н. Специфика сопровождения цифрового обучения при использовании СУЭД в образовательной деятельности / М. Н. Краснянский, А. И. Попов, А. Д. Обухов // *Вопросы современной науки и практики ; Университет им. В. И. Вернадского*. – 2018. – № 3(69). – С. 147 – 154.
4. Silvennoinen, M. Usability challenges in surgical simulator training / M. Silvennoinen, L. Kuparinen // *Proceedings of the ITI 2009 31st International Conference on Information Technology Interfaces*. – IEEE, 2009. – С. 455 – 460.
5. Development of algorithmic and mathematical support of adaptive training complexes / D. L. Dedov, A. D. Obukhov et al. // *Proceedings of the 18th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference*. – 2018. – Т. 1.3. – P. 279 – 286.
6. Modeling of the learning process in adaptive training complexes / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyansky, D. L. Dedov, A. A. Siukhin // *Journal of Applied Engineering Science*. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 487 – 493.
7. Petukhov, I. Application of virtual environments in training of ergatic system operators / I. Petukhov, L. Steshina, A. Glazyrin // *Journal of Applied Engineering Science*. – 2018. – Т. 16, № 3. – С. 398 – 403.
8. Noe, R. A. The influence of trainee attitudes on training effectiveness: Test of a model / R. A. Noe, N. Schmitt // *Personnel psychology*. – 1986. – Т. 39, № 3. – С. 497 – 523.
9. State of virtual reality based disaster preparedness and response training / E. B. Hsu et al. // *PLoS currents*. – 2013. – Т. 5.
10. Adaptive perceptual training in a virtual environment / Schatz S. et al. // *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. – Sage CA: Los Angeles, CA : SAGE Publications, 2012. – Т. 56, № 1. – С. 2472 – 2476.

И. В. Богачев, аспирант кафедры «Автоматика и системотехника»,
А. В. Левенец, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры «Автоматика и системотехника»
(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия)

СПОСОБЫ РАЗБИЕНИЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ КАДРОВ НА ОДНОРОДНЫЕ ОБЛАСТИ

Аннотация. Рассматривается представление телеметрических данных в виде битового пространства. Предложены способы разбиения структуры, представленные в битовом виде и отображенные на плоскости телеметрических кадров данных. Приведены экспериментальные результаты, показывающие, что предложенные подходы могут быть положены в основу высокоэффективных специализированных алгоритмов обратимого сжатия.

Ключевые слова: телеметрические данные, кадр данных, разбиение.

Введение. Планомерное развитие и усложнение систем телеметрии за последнее десятилетие вызвало необходимость решения задачи об уменьшении избыточности объема передаваемых по каналам связи телеметрических данных путем сжатия [1] в целях оптимизации ряда как экономических, так и технических параметров. При этом важно учесть, что, основываясь на результатах, полученных в работе [2], универсальные алгоритмы сжатия малоэффективны применимо к данной задаче, что вызвано ограничениями, накладываемыми классическим подходом к представлению данных телеметрии.

Так, при классическом подходе не учитывается, что для телеметрических данных, полученных от разных источников одного сложного телеметрируемого объекта, можно декларировать наличие двух видов корреляционных связей – явных и неявных [3]. Корреляционные связи явного вида определяются особенностями измеряемых физических процессов, в то время как неявные корреляционные связи задаются неучтенными взаимодействиями между параметрами системы. Рассмотренный подход задает границу верхнего коэффициента сжатия для всех алгоритмов сжатия, применяемых к телеметрическим данным. В таком случае более эффективными могут оказаться алгоритмы, в основу которых лягут способы учета описанных корреляций, выражающихся в том, что большинство бит в кадрах после процедуры дельта-кодирования будут нулевыми, а также биты одного типа должны быть расположены так, что образуют некоторые однородные области [3].

В таком случае для эффективного сжатия телеметрических данных необходимо разработать способы разбиения структуры кадров данных на строго однородные области и компактного описания произведенных манипуляций.

Представление кадров данных. Для телеметрических данных можно предположить, что в штатном режиме работы системы арифметическая разность между одним и тем же отсчетом в двух соседних кадрах будет составлять не более четырех единиц (без учета знака) [4]. Из этого следует, что в качестве способа предварительной обработки эффективным будет алгоритм дельта-кодирования, представляющий собой поэлементное вычисление операции арифметической разности между одними и теми же отсчетами в текущем и предыдущем кадрах, что позволит снизить их динамический диапазон.

Если кадр содержит отсчеты n датчиков, то разностный кадр можно представить в виде вектора-столбца \mathbf{d} размерностью n : $\mathbf{d} = (d_1, d_2, \dots, d_j, \dots, d_n)^T$. Предполагая, что телеметриче-

ские данные имеют разрядность m , каждый элемент вектора-столбца d_i можно представить в виде битовой последовательности и записать в виде вектора-строки \mathbf{b} размерности m : $d_i = \mathbf{b}_i = (b_{i,1}, b_{i,2}, \dots, b_{i,j}, \dots, b_{i,m})$. Таким образом, вектор-столбец \mathbf{d} можно представить в виде разностно-битовой матрицы \mathbf{B} размерностью $n \times m$: $\mathbf{B} = (\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_j, \dots, \mathbf{b}_n)^T$. Предложенный подход позволяет совместить операции уменьшения динамического диапазона данных после дельта-кодирования и обнаружения корреляций между соседними отсчетами.

Способ рекурсивного разбиения. Принцип работы предлагаемого способа основывается на рекурсивном разбиении телеметрического кадра, под которым предлагается понимать такое разбиение, при котором на каждом его шаге с глубиной рекурсии l , каждая еще неоднородная область битового представления кадра в общем случае разбивается на четыре равные области, как показано на рис. 1.

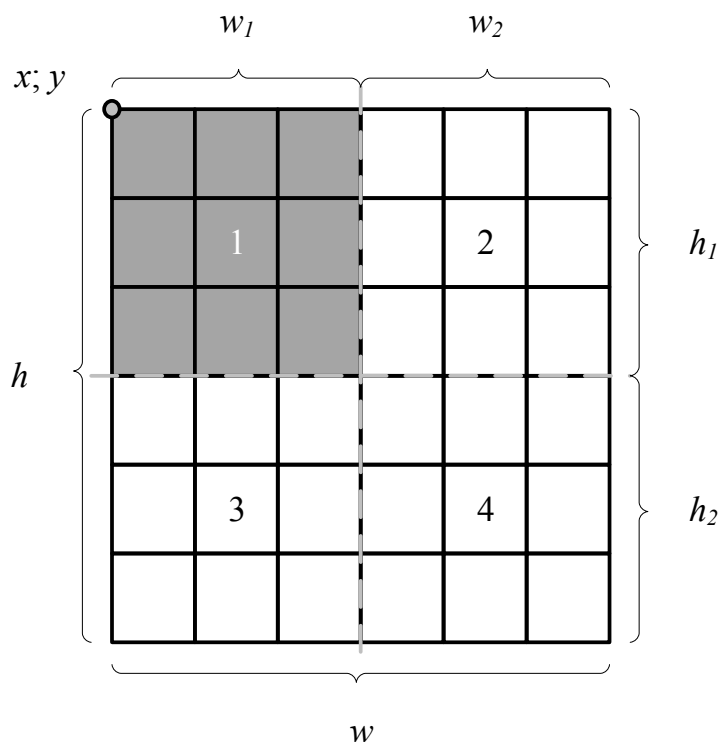


Рис. 1. Пример рекурсивного разбиения кадра данных

На рисунке 1 показан пример разбиения кадра данных с текущими глубинами рекурсии (l_i), требуемыми для получения каждой i -й из всех областей, равными единице, и приняты следующие обозначения: 1 – 4 – номера областей, получившихся в результате разбиения; h_1 – число столбцов 1-й и 3-й областей; h_2 – число столбцов 2-й и 4-й областей; w_1 – число строк 1-й и 2-й областей; w_2 – число строк 3-й и 4-й областей; x, y – пара координат точки, описывающей верхний левый угол области, для которой происходит разбиение; h – число строк области, для которой проводилось разбиение; w – число столбцов области, для которой проводилось разбиение. Важно заметить, что разбиение происходит строго по часовой стрелке, начиная с левого верхнего угла.

После разбиения телеметрического кадра, полученные области предлагается кодировать при помощи глубины рекурсии, требуемой для их получения и их типа, при этом код представляет собой битовую последовательность следующего вида: $1_1 1_2 \dots 1_i \dots 1_{l_i} 00/1$.

Таким образом, для примера, представленного на рис. 1, будут получены следующие четыре кода: 1. 1 0 1; 2. 1 0 0; 3. 1 0 0; 4. 1 0 0.

Способ «паркетного» разбиения. В основу способа положено последовательное «паркетное» разбиение телеметрического кадра, под которым предлагается понимать такое разбиение, при котором битовое представление кадра данных разбивается на множество областей произвольного размера, которые полностью покрывают его поверхность, как показано на рис. 2.

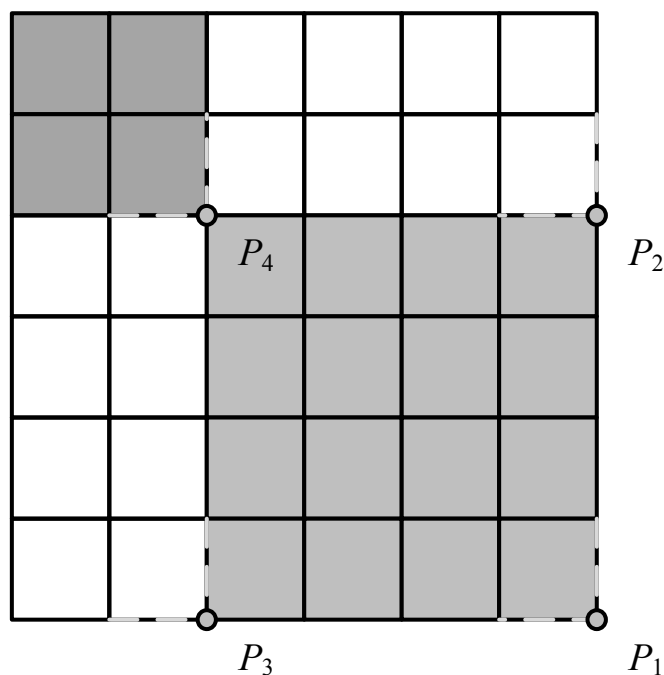


Рис. 2. Пример «паркетного» разбиения кадра данных

После разбиения полученные области предлагается кодировать одной парой координат $P_i[x_i, y_i]$, которая задает положение правого нижнего угла области и состоянием ее левого верхнего бита, кодирующим тип области (нулевая либо единичная).

Важно отметить, что поиск областей осуществляется по принципу наибольшей площади, т.е. сначала будет найдена область, имеющая наибольшую возможную площадь, затем область, следующая за ней по величине площади и т.д., пока не будет проведено разбиение для всего кадра.

Для примера телеметрического кадра, представленного на рис. 2, будет проведено разбиение на четыре однородные области со следующими координатами правых нижних углов: $P_1[6, 6]$; $P_2[6, 2]$; $P_3[1, 6]$ и $P_4[2, 2]$.

Способ разбиения секущими. В основе предлагаемого способа лежит разбиение множеством секущих телеметрического кадра, под которым предлагается понимать такое разбиение, при котором битовое представление телеметрического кадра данных разбивается на области с использованием множества пар отрезков, являющихся секущими для периметра плоскости, на которую был отображен кадр. При этом под парой секущих понимается два секущих отрезка, перпендикулярных друг к другу, как показано на рис. 3.

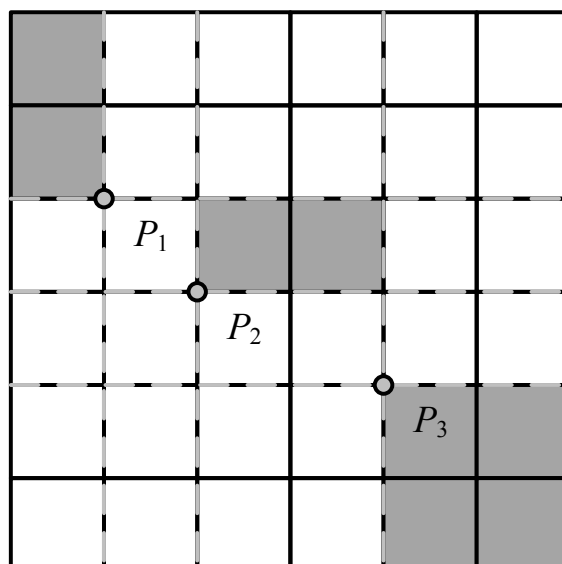


Рис. 3. Пример разбиения секущими кадра данных

Данный способ не позволяет непосредственно закодировать полученные области. В таком случае, чтобы описать структуру исходного кадра, необходимо иметь набор точек, через которые проходят секущие, а также тип каждой из полученных в результате разбиения областей (нулевая, либо единичная). При этом число полученных в результате разбиения областей (Q_A) будет вычисляться согласно следующей формуле:

$$Q_A = (Q_P + 1)^2,$$

где Q_P – число точек, через которые проходят парные секущие.

Для примера, представленного на рис. 3, будет проведено разбиение на 16 однородных областей со следующими координатами точек, через которые проходят парные секущие: $P_1[1, 2]$; $P_2[2, 3]$ и $P_3[4, 4]$.

Исследование способов разбиения на тестовых данных. В данной статье приведены результаты работы с пятью наиболее характерными наборами телеметрических данных объемом от 11 до 19 тысяч кадров. В таблице 1 представлены основные параметры способов разбиения, при этом оценивались среднее время, затрачиваемое на разбиение (СВР), и средняя длина кодовой последовательности, отводимой на описание результатов разбиения (СДКП).

1. Усредненные параметры работы способов разбиения

Способ разбиения	Параметры	Набор данных				
		НД1	НД2	НД3	НД4	НД5
Рекурсивное разбиение	СВР, мс	0,058	0,162	0,073	0,162	0,078
	СДКП, бит	247,7	579,9	328,9	579,1	333,1
«Паркетное» разбиение	СВР, мс	0,194	0,554	0,262	0,593	0,281
	СДКП, бит	167,3	417,6	223,0	398,3	203,9
Разбиение секущими	СВР, мс	0,291	0,876	0,388	0,915	0,433
	СДКП, бит	129,3	336,0	172,3	323,9	160,7

Полученные данные показывают, что предложенным способам при обработке наборов телеметрических данных на процедуру разбиения требуется примерно одинаковое время. Оценивая общую эффективность способов через отношение средней длины кодовой последовательности, отводимой на описание результатов разбиения к среднему времени разбиения, следует отметить, что в общем случае наиболее эффективным является способ, основанный на разбиении текущими с кодированием результатов разбиения кодом, имеющим наименьшую длину.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали, что предложенные способы разбиения телеметрических кадров данных на строго однородные области обеспечивают как достаточно малую длину кода, отводимого на описание результатов разбиения для данных с различными стационарными свойствами, так и достаточно высокое быстродействие, позволяющее проводить обработку кадров в режиме «мягкого» реального времени. Дальнейшее развитие предложенных способов можно связать с оптимизацией описания полученных в результате разбиения областей.

Список литературы и источников

1. Salomon, D. Data compression / D. Salomon. – New York : Springer, 2004. – 900 p.
2. Чье Ен Ун. Применение популярных алгоритмов компрессии изображений для сжатия измерительных данных / Чье Ен Ун, А. В. Левенец, Р. Е. Токарев // Вестник ТОГУ, 2012. – № 4(27). – С. 125 – 132.
3. Богачев, И. В. Статистический анализ телеметрических данных с точки зрения задачи сжатия / И. В. Богачев, А. В. Левенец, Чье Ен Ун // Информационно-управляющие системы, 2017. – № 1(86). – С. 11 – 16.
4. Левенец, А. В. Классификация телемеханических данных и их разностных рядов с точки зрения задачи сжатия / А. В. Левенец // Вестник ТОГУ. 2009. – № 4. – С. 71 – 80.

А. А. Брюзгин, А. А. Ефремов, операторы научной роты
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы
(учебный и испытательный), В/Ч 61460, Тамбов, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Приводится описание и основные направления развития роботизированных систем и комплексов.

Ключевые слова: роботизированные системы и комплексы, радиоэлектронная борьба, беспилотные летательные аппараты.

В настоящее время ведущие зарубежные государства рассматривают роботизацию военной техники как одно из главных направлений развития средств вооруженной борьбы. Все ведущие державы мира осуществляют работы по исследованию, производству и широкому применению роботизированных комплексов и боевых роботов для достижения преимущества в вооруженном конфликте [1, с. 124]. Основной задачей всех роботизированных систем является исключение пребывания личного состава в зоне досягаемости средствами противника в целях сокращения или исключения вовсе людских потерь, а также для работы в условиях, не совместимых с возможностями человека. Разновидностей боевых роботов столько же, сколько и боевых задач для войсковых подразделений:

- поиск, обнаружение и слежение за силами и средствами противника;
- устранение важных целей и объектов;
- использование совместно с пилотируемыми боевыми средствами в качестве компонента их систем обеспечения и вооружения;
- операции по минированию, разминированию и нейтрализации взрывоопасных объектов, минных заграждений и т.п.;
- патрулирование на заданных рубежах и боевое охранение;
- мероприятия по радиоэлектронной и информационной борьбе;
- поисковые и аварийно-спасательные работы, медицина;
- тыловое обеспечение и обслуживание военной инфраструктуры.

Лидерами по производству и развитию роботизированных систем в настоящее время являются следующие государства: США, Израиль, Китай и ряд европейских стран. Быстрыми темпами в этом направлении продвигаются США и Китай, военное руководство которых следит за внедрением новых технологий в военную сферу. Многие принципиально важные решения по конструкции, программному обеспечению, технологиям изготовления и способам управления находят свое применение при выполнении оборонных заказов. Аналогичные отечественные разработки не вполне удовлетворяют требованиям к появившимся задачам [2]. Следует также отметить, что в настоящее время в отечественной промышленности отсутствует налаженный выпуск необходимой элементной базы для создания комплексов и систем с требуемыми характеристиками.

В области радиоэлектронной борьбы (РЭБ) самыми распространенными автоматизированными комплексами, используемыми в военных конфликтах, являются беспилотные лета-

тельные аппараты (БЛА). Основными достоинствами беспилотных аппаратов по сравнению с другими летательными аппаратами являются: исключение потерь личного состава; уменьшение затрат при потерях; высокая маневренность и большая живучесть. Но их использование оправдано не во всех случаях, в некоторых ситуациях требуются другие технические решения в связи с условиями проведения операций [3]. Например, применение беспилотников в городских условиях будет крайне неудобным. *Рассмотрим ситуацию.* Группа людей захватила часть здания. По данным разведки, в подвальном помещении установлены взрывчатые вещества с радиовзрывателями, обмен информацией между ними осуществляется при помощи радиостанций и сотовой связи. К данной операции, с большей вероятностью, будут привлечены группы специального назначения, у которых на вооружении есть спецсредства, направленные на радиоэлектронное подавление, представленные на рис. 1.

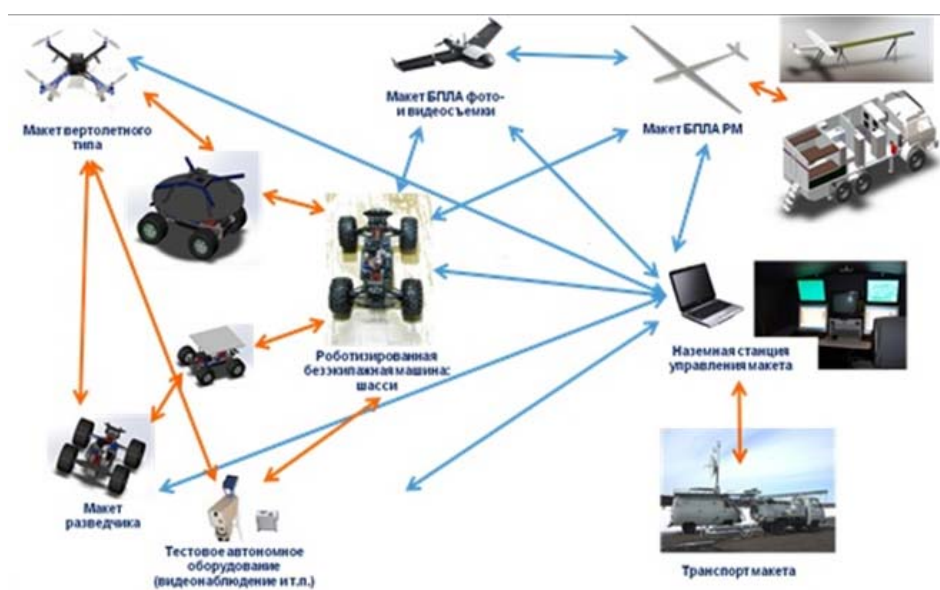


Рис. 1. Спецсредства, направленные на радиоэлектронное подавление

Анализируя дальнейшие действия, можно выделить основные задачи радиоэлектронного воздействия:

- 1) создание помех сотовой связи между захватчиками и внешним миром;
- 2) создание помех радиосвязи между захватчиками;
- 3) предотвращение подрыва путем создания помех радиоканала дистанционных взрывателей.

В данной ситуации оптимальным способом является использование носимой системы радиоэлектронной борьбы, которая способна точно подавить радиосвязь, но с уменьшением габаритов устройства также уменьшается его мощность. Это означает, что для выполнения поставленной задачи требуется подойти практически вплотную к объекту, на который направлено радиоэлектронное воздействие, при этом существует опасность быть замеченным или вовсе потерять личный состав группы специального назначения. Данные роботизированные комплексы РЭБ расширяют функциональность подразделений специального назначения, позволяют использовать их как систему радиоэлектронной борьбы, совмещенную с разведывательным комплексом, направленную на уменьшение вероятности потерь личного состава. Робот управляется на безопасном расстоянии, а при обнаружении, максимум, чего

добьется противник, это уничтожение устройства. Но к тому времени ценная информация уже будет получена [4].

Это наталкивает на создание комплексов РЭБ, которые совмещают в себе мобильность, автономность, multifunctionality и возможность дистанционного управления [5, с. 33]. Соответствующие этим требованиям пути решения лежат на направлениях развития роботизированных систем и комплексов:

- способность к восприятию (местности, ситуации);
- способность к адаптации (за счет сенсорного обеспечения, реконфигурируемости, интеллектуальности);
- способность к передвижению (за счет качественного (интерпретирующего) управления движением);
- способность к изменению конфигурации;
- способность автономно принимать решения;
- уровень взаимодействия работа с человеком-оператором (включая управление от человека-оператора, например, посредством интеллектуальных интерфейсов с виртуальной реальностью и другими роботами).

Список литературы и источников

1. Мосиенко, С. А. Концепция построения наземного робототехнического комплекса / С. А. Мосиенко, В. И. Лохтин. – М. : ООО «Самполиграфист», 2014. – 124 с.
2. Последние новости науки и техники. Будь на пике технического прогресса. Роботоперспективы армии России 02.08.2013 [Электронный ресурс] // Техномания: сайт. – URL : <http://texnomaniya.ru/voennaya-texnika/robotoperspektivi-armii-rossii.html> (дата обращения: 15.05.2019).
3. Сивков, К. Халтура в ответ на вызовы [Электронный ресурс] / К. Сивков // Военно-промышленный курьер – 2015. – № 4 (570). – URL : http://vpk.name/news/125839_haltura_v_otvet_na_vyizovyi.html (дата обращения: 17.05.2019).
4. Круглов, А. А. Помеха для врага. Новейшие российские комплексы РЭБ ослепят вражеские самолеты-радары и спутники 04.05.18. [Электронный ресурс] / А. А. Круглов, А. А. Рамм // Известия: сайт. – URL : <https://iz.ru/733273/aleksei-ramm-aleksandr-kruglov/pomekha-dlia-vraga> (дата обращения: 16.05.2019).
5. Кравченко, А. Ю. Проблемы и перспективы создания робототехнических комплексов военного назначения / А. Ю. Кравченко – М. : ТТИЮФУ, 2013. – 378 с.

С. В. Волчихин, старший оператор научной роты
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы
(учебный и испытательный), В/Ч 61460, Тамбов, Россия)

РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ХАОТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПОСТАНОВКИ ПОМЕХ

Аннотация. Приводится реализация моделей генераторов хаотических колебаний в программной среде *MATLAB* и блока управления для программно-аппаратного комплекса постановки помех.

Ключевые слова: хаотические колебания, помехи, *MATLAB*, *ArduinoUno*.

Для создания программно-аппаратного комплекса постановки помех необходимо выбрать аппаратную платформу, позволяющую реализовать это. Программируемая логическая интегральная схема является устройством, позволяющим разработчикам устройств работать с данными больших объемов. Оно позволяет быстро их обрабатывать, в отличие от устройств, построенных на процессорах. Но прежде чем реализовать устройство на ПЛИС, разработчики моделируют свои проекты в различных пакетах компьютерного моделирования, одним из которых является пакет *Simulink*. В связи с этим производители пакета *Simulink* реализовали возможность преобразовывать модели в код *VHDL*. Данный способ в разы увеличивает скорость разработки программ для ПЛИС, так как позволяет инженерам не тратить время на написание кода вручную, на отладку и поиск ошибок, которые возникают при этом [1].

Целью работы является реализация разработанных математических моделей генераторов хаотических колебаний Лоренца, Ресслера, Рикитаке и Нозе–Гувера в пакете *Simulink* программной среды *MATLAB* в качестве микропрограммы для программно-аппаратного комплекса постановки помех.

На рисунке 1 представлена модель одного из четырех генераторов хаотических колебаний – генератора Лоренца [2].

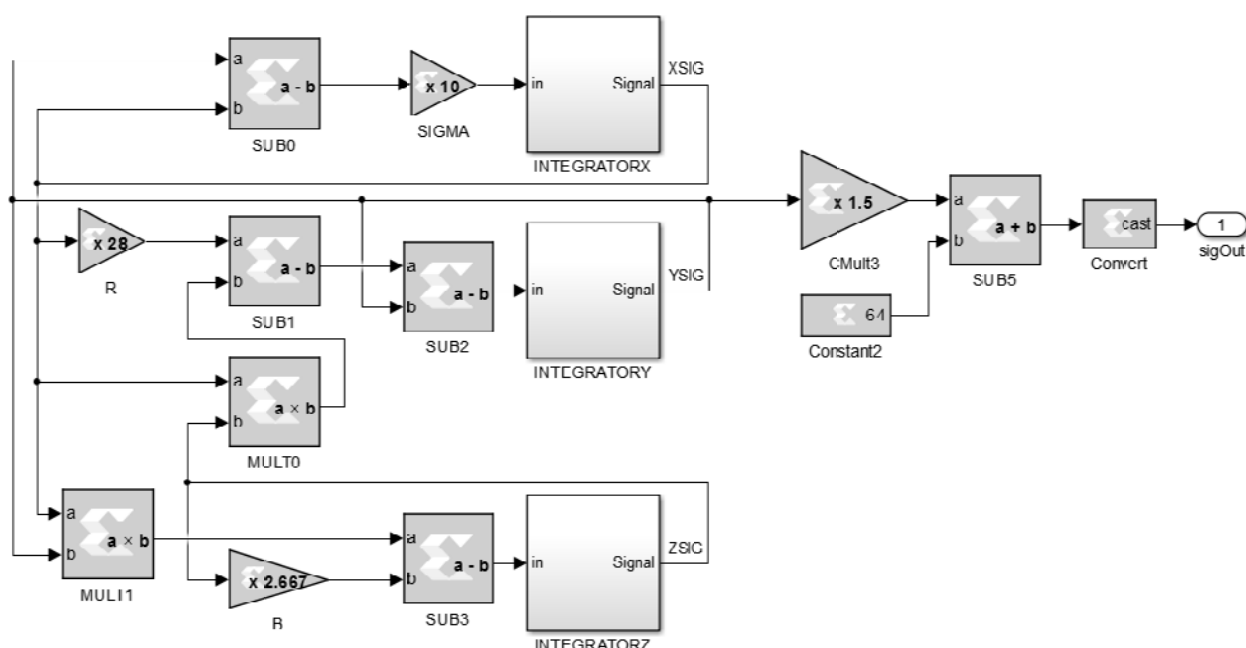


Рис. 1. Модель генератора Лоренца в программном пакете *Simulink*

Представленная модель состоит из набора математических операций. Внутри каждого узла математических операций необходимо указать разрядность промежуточных данных и их тип. Для корректной работы ПЛИС все операции производятся в формате с фиксированной точкой. В результате исследований были выбраны следующие форматы данных: 32-битный вектор знаковых чисел в формате с фиксированной точкой. Двенадцать битов отводится на целую часть и двадцать битов на дробную часть.

На рисунке 2 представлен сигнал на выходе генератора хаотических колебаний Лоренца.

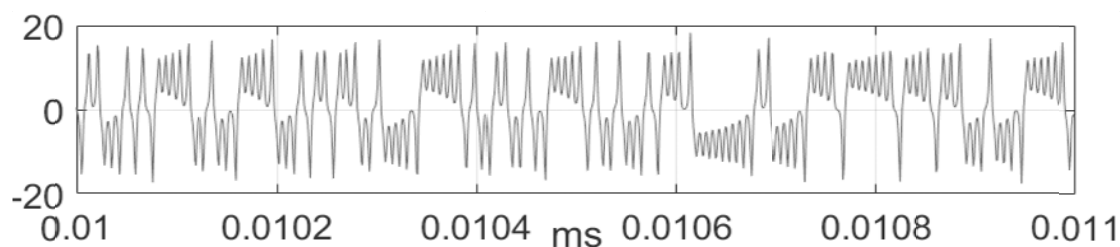


Рис. 2. Результат работы модели

Сигналы с выходов генераторов можно использовать в качестве широкополосной помехи. Однако для этого необходимо разработать и реализовать алгоритм синтеза итогового сигнала. Аппаратной основой для реализации данного блока управления будет выступать *ArduinoUno* [3].

В программно-аппаратном комплексе постановки помех было решено реализовать блок управления синтезатором сигналов в виде отдельного программно-аппаратного модуля. Данное решение позволяет избавиться от необходимости изменять микропрограмму ПЛИС при изменении параметров переключения генераторов и позволяет реализовать блок управления на любой удобной аппаратной платформе. В качестве аппаратной платформы была выбрана плата *ArduinoUno* на микроконтроллере *AtMega*.

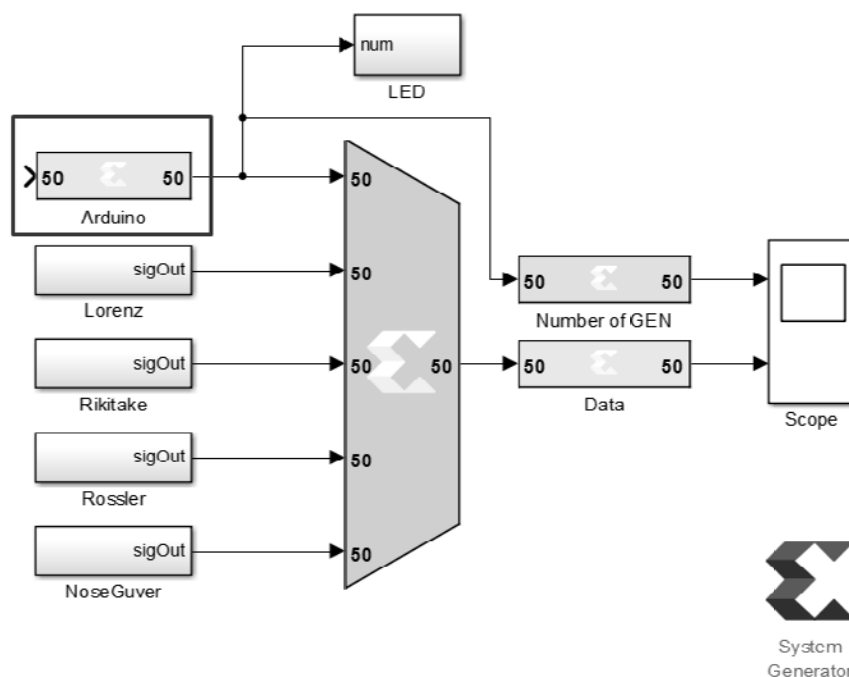


Рис. 1. Вход блока управления на модели микропрограммы в пакете *Simulink*

Блок управления работает по алгоритму, позволяющему формировать итоговый сигнал путем переключения между генераторами хаотических колебаний в случайной последовательности на случайные промежутки времени из заданного диапазона значений. Результат работы данного блока представлен на рис. 2.

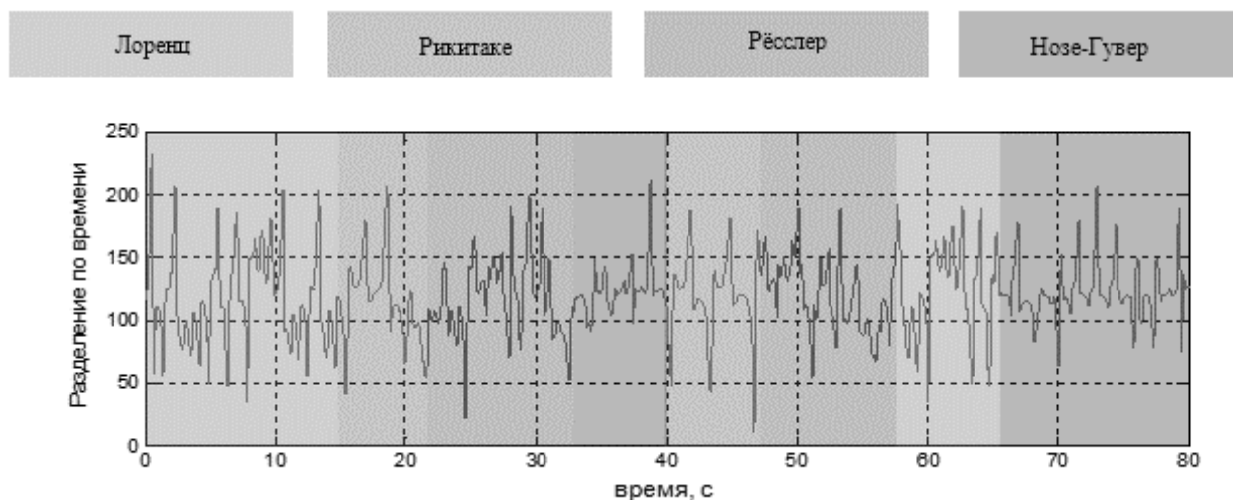


Рис. 2. Итоговый сигнал

Список литературы и источников

1. Потемкин, В. Г. Matlab 6: среда проектирования инженерных приложений / В. Г. Потемкин. – М. : Диалог-Мифи, 2003. – 202 с.
2. Рябов, И. В. Принципы программно-определяемых радиосистем и их применение в рамках задачи исследования метеорной радиосвязи / И. В. Рябов, С. В. Толмачев, А. А. Лебедева. – Технические науки. 2016. – С. 59 – 66 с.
3. Улли, С. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino / С. Улли. – М. СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 326 с.

В. А. Глушков, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»,
Е. С. Трифонова, аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»
(Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ ANY LOGIC К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНЫХ ДОМОВЫХ ХОЗЯЙСТВ

Аннотация. Описывается модель системы энергоснабжения района частных домовых хозяйств, целью которой является оценка рентабельности внедрения возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: AnyLogic, агентное моделирование, возобновляемые источники энергии, имитационное моделирование, энергоснабжение.

Определение решаемой проблемы с точки зрения ее влияния на общие или отдельные элементы экологической деятельности и устойчивого развития

Мы живем в эпоху, когда потребление электроэнергии (ЭЭ) увеличивается ежегодно. Это связано как с развитием техники и технологий, так и с ростом численности населения на планете. В недалеком будущем настанет момент, когда потребности человечества в ЭЭ будет сложно покрыть с помощью ископаемых традиционных видов топлива, а также, когда количество выбросов от их переработки может стать критическим и нанести непоправимый вред экологии [1].

Одним из выходов из ситуации является переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ), которые наносят значительно меньший вред окружающей среде. Также они стимулируют устойчивое развитие в части эффективного использования ресурсов, сохранения чистого воздуха и воды, стремления к «нулевым» отходам и контролю над изменением климата.

Для эффективного и обоснованного внедрения ВИЭ в существующие электросети, в частности российские, необходимо моделирование будущих процессов. Данное моделирование позволит повлиять на управление рисками при внедрении, а грамотный переход на ВИЭ будет стимулировать экономическое развитие [2].

Таким образом, данная статья ставит проблему внедрения ВИЭ в существующие электросети путем создания модели энергоснабжения частных домовых хозяйств, руководствуясь при этом концепцией устойчивого развития.

Краткий обзор источников по проблеме

При написании статьи использовалась книга по имитационному моделированию в программе AnyLogic [3], которая совместно с [4] помогла грамотно использовать названия инструментов программы, а также последовательно изложить описание построения модели.

Книга [2] об экономике устойчивого развития дала четкое понимание о понятиях и составных частях устойчивого развития. Авторы ясно показывают, почему устойчивое развитие важно особенно сейчас.

Также использовалось исследование [1] о ВИЭ для описания насущности поставленной в статье проблемы, в частности, ее экологических факторов.

Постановка задачи

Задача состоит в создании имитационной модели распределенной системы энергоснабжения частных домовых хозяйств с помощью программы Any Logic и агентного подхода.

Используемые для решения задачи либо предлагаемые подходы, методы, материалы

Наиболее подходящим методом решения задачи является имитационное моделирование – построение компьютерных моделей и постановка экспериментов на них. В данном моделировании можно использовать модель с низким уровнем абстракции, т.е. с большим количеством деталей. Это позволяет исследовать взаимосвязи и взаимодействия отдельных потребителей и объектов микрогенерации ЭЭ [3].

Для решения поставленной задачи использовано агентное моделирование – вид имитационного моделирования. Этот вид позволяет создавать различных агентов – объектов – с различными характеристиками, каждый из которых также является автономным объектом и может самостоятельно реагировать на внешние события и выбирать соответствующие действия [4].

В статье в качестве примера применения программы AnyLogic к моделированию системы энергоснабжения частных домовых хозяйств описана простейшая агентная модель.

Процедура и особенности решения поставленной задачи

Для создания простейшей агентной модели малой распределенной системы энергоснабжения (модель «Энергоснабжение домов») использованы следующие два типа агентов:

- потребители ЭЭ (*consumers*) – только потребляют ЭЭ, количество – 20 домов;
- просьюмеры ЭЭ (*prosumers*) – потребители ЭЭ, являющиеся также и производителями ЭЭ, т.е. имеющие объекты микрогенерации ЭЭ, количество – 10 домов. В данной модели примем, что просьюмеры имеют солнечные панели и ветрогенераторы для производства ЭЭ и могут вырабатывать ее достаточное количество.

Вместе потребители и просьюмеры ЭЭ являются группой из 30 домов. Потребители могут пользоваться ЭЭ, произведенной просьюмерами.

Эти агенты входят в поле агента *Main* (рис. 1).

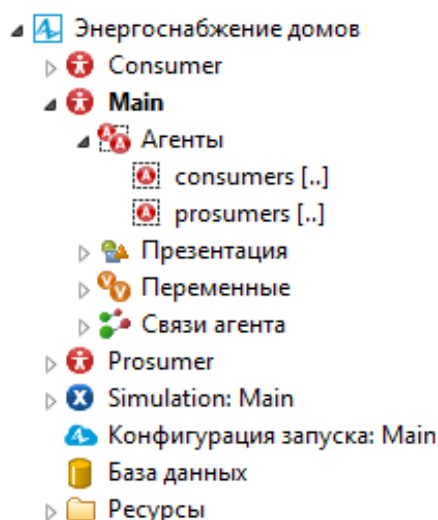


Рис. 1. Проект модели «Энергоснабжение домов»

1. Показатели потребления и генерации ЭЭ агентов

Тип агентов	Потребление ЭЭ, кВт·ч		Генерация ЭЭ, кВт·ч	
	День	Ночь	День	Ночь
Потребители	10...100	10...20	0	0
Просьюмеры	10...100	10...20	0...40	0...20

Примем показатели потребления и генерации ЭЭ случайно из интервала, указанного в таблице 1, причем условимся, что день и ночь равны 12 часам.

Данные показатели зададим агентам с помощью динамических (c_{p_d} ; c_{p_n} ; c_{g_d} ; c_{g_n} ; p_{p_d} ; p_{p_n} ; p_{g_d} ; p_{g_n}) и простых переменных (c_p , c_g ; p_p , p_g). Динамические переменные отвечают за генерацию случайных чисел из интервалов, приведенных в табл. 1. Простые переменные необходимы для построения графика потребления и генерации ЭЭ. Взаимосвязь переменных определим с помощью диаграммы состояний, в качестве состояний примем время суток – день (*Day*) и ночь (*Night*) (рис. 2).

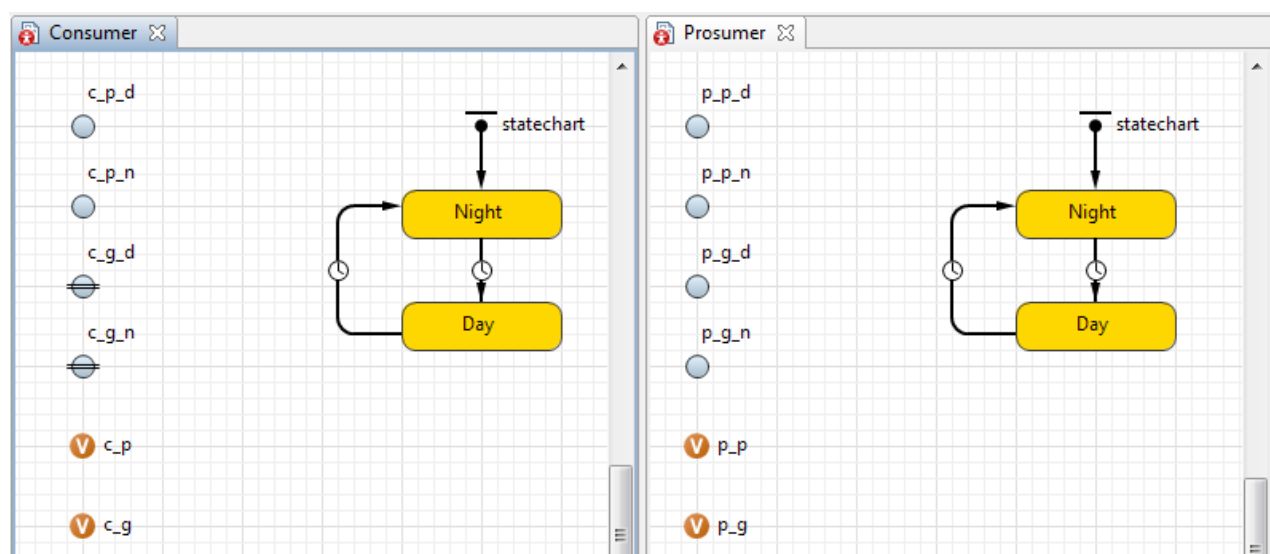


Рис. 2. Поля графического редактора агентов *Consumer* и *Prosumer*

Полученные результаты и их обсуждение

Результатом моделирования является график потребления и генерации ЭЭ группы из 30 жилых домов (рис. 3). На нем видно, что, как и следовало ожидать, потребление ЭЭ сильно превосходит генерацию ЭЭ от ВИЭ. Но могут быть дни, когда потребление ЭЭ минимально, и количество произведенной ЭЭ от ВИЭ почти полностью может покрыть потребности. Например, при отсутствии людей в течение дня, или при долгом солнечном дне, сильном ветре и отсутствии у жильцов бытовых задач.

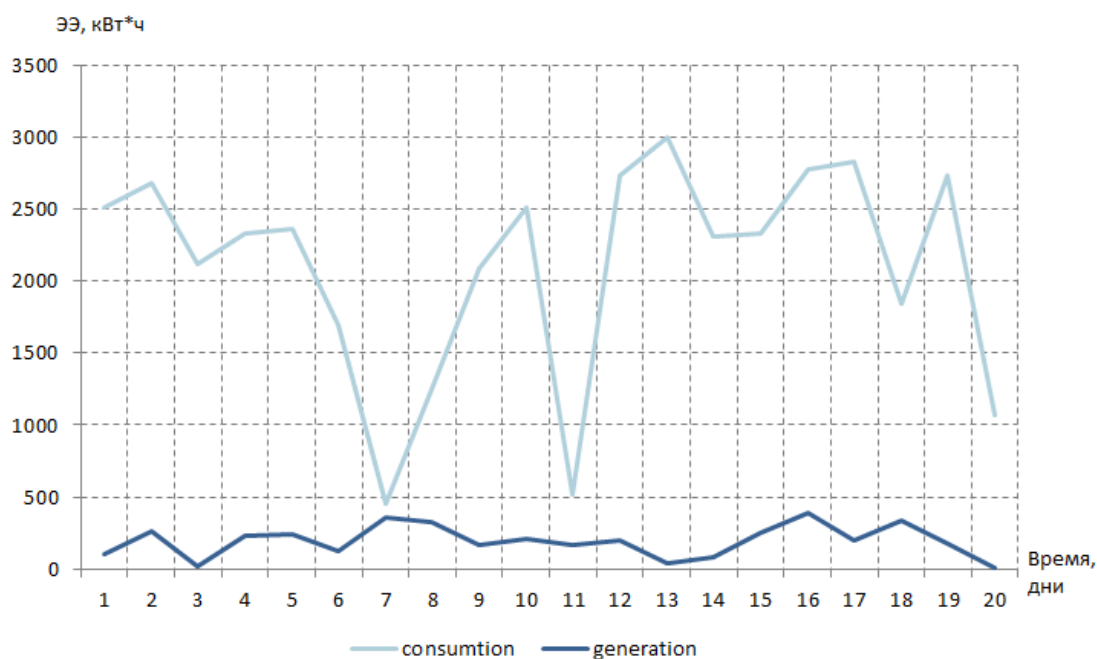


Рис. 3. График потребления и генерации ЭЭ

Если собрать статистику по потреблению ЭЭ в течение года по дням, а также рассчитать количество предполагаемой произведенной ЭЭ от ВИЭ в зависимости от времени года, то можно построить подробную модель потребления и генерации ЭЭ любого жилого дома или района.

Рекомендации для применения полученных результатов в практике экологической деятельности и устойчивого развития

Полученные результаты применимы для улучшения экологической обстановки областей, где сжигание топлива для получения ЭЭ приносит ущерб окружающей среде и влияет на изменение климата. Также, если построить подробные модели для городов и даже, возможно, стран, то при сокращении рисков при внедрении будет стимулироваться экономическое развитие города (страны).

Список литературы и источников

1. Трифонова, Е. С. Обзор ресурсов солнечной энергетики на территории г. Ижевска / Е. С. Трифонова, В. А. Глушков // Приборостроение в XXI веке – 2017. Интеграция науки, образования и производства [Электронный ресурс] : сб. матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. (Ижевск, 22 – 24 ноября 2017 года). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2018. – С. 124 – 129.
2. Бобылев, С. Н. Экономика устойчивого развития : учебное пособие / С. Н. Бобылев, Э. В. Гирусов, Р. А. Перелет. – М. : Ступени, 2004. – 303 с.
3. Карпов, Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Карпов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
4. Куприяшкин, А. Г. Основы моделирования систем : учебное пособие / А. Г. Куприяшкин. – Норильск : НИИ, 2015. – 135 с.

А. С. Голуб, С. Д. Ерохин, магистры, операторы научной роты,
П. А. Казак, начальник отделения отдела,
Н. С. Ильичев, начальник отдела
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия)

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ПАКЕТОВ СИГНАЛА ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ СТАНДАРТА DMR

Аннотация. Описывается структура открытого стандарта цифровой подвижной радиосвязи DMR (DigitalMobileRadio). Особое внимание уделяется рассмотрению физического уровня сигнала: приводится алгоритм построения пакетов, раскрываются общие особенности их формирования, затрагиваются вопросы синхронизации и модуляции.

Ключевые слова: цифровая радиосвязь, DMR, построение пакетов, физический уровень, CSBK.

Стандарт DMR, согласно спецификации [1], представлен в виде модели, состоящей из трех уровней: физического, канального и уровня управления вызовами. Процедуры управления каналом и доступом к среде, адресации соединений, согласования голосовых приложений, обеспечения типовых услуг передачи данных, а также механизм подтверждения и повторения относятся к радиointерфейсам высокого уровня и в данной работе не рассматриваются. К основным функциям физического уровня относятся: определение битов и символов, построение пакетов, частотная и символьная синхронизация, модуляция и демодуляция, включение передатчика и приемника.

Основу физического уровня составляют три типа физических пакетов с различным числом битов: информационные пакеты, пакеты общего канала передачи уведомлений (CACH), пакеты обратной связи (RC). Информационные пакеты длиной в 264 бита передают голос либо данные. Во временной области такой пакет занимает TDMA-слот длительностью 30 мс. Голосовые пакеты предназначены для переноса битов вокодера. Каждый голосовой пакет содержит 216 битов полезной нагрузки в «сокетe вокодера», которая передает 60 мс сжатой речи. Вдобавок к битам вокодера, голосовые пакеты переносят встроенную или кадровую синхронизацию (SYNC) в центре пакета. Пакеты данных и управления предназначены для указания начала или конца передачи голоса, переноса управляющих блоков, индикатора конфиденциальности информации, управления составными пакетами заголовков и т.д. Пакеты CACH длиной в 24 бита предоставляют информацию о фреймировании и доступе для пакетов, а также низкоскоростных данных. Пакеты RC длиной в 96 бит необходимы для поддержки определенных возможностей оборудования и могут передавать сигнализацию реверсного канала обратно источнику во время его передачи.

Рассмотрим структуру информационных пакетов стандарта DMR (рис. 2). Пакет данных состоит из двух 108-битных информационных полей и 48-битной синхронизации или поля сигнализации (SYNC). Сигналы синхронизации содержат уникальные наборы битов, которые позволяют идентифицировать каждый из видов передачи (данные, речь) сигналов в соответствии со стандартом DMR. Поле «SlotType» используется для распознавания типа передаваемого пакета.

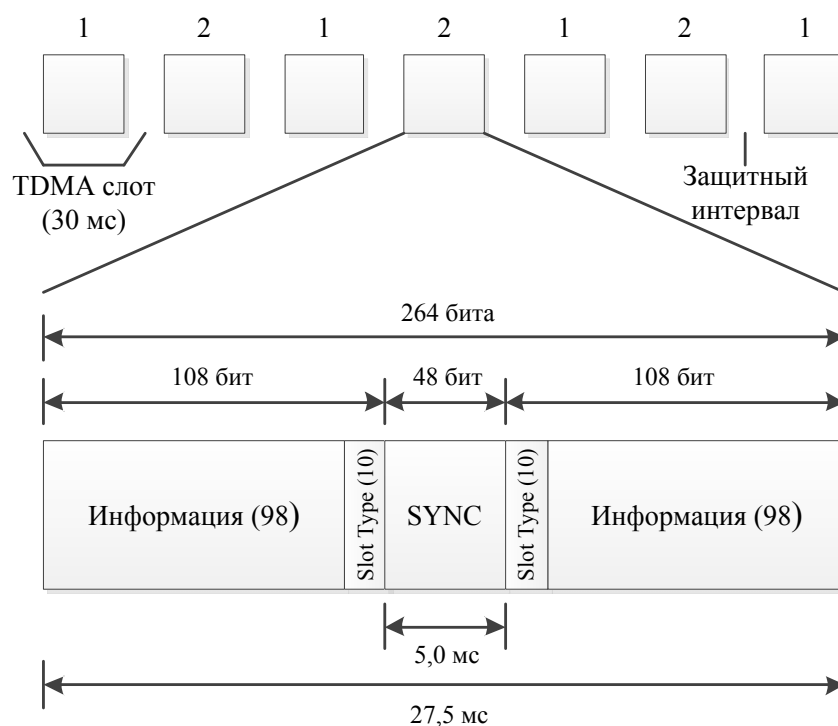


Рис. 2. Обобщенная структура информационного пакета

Структурно поле состоит из 20 битов, однако только 8 содержат информацию о пакете. Большая избыточность «SlotType» объясняется использованием кода Голея (20,8), позволяющего корректировать до трех неправильно принятых символов поля. 4 бита выделены для определения принадлежности радиостанции к сети (ColorCod), остальные 4 бита содержат информацию о типе данных. «Цветовой код» предназначен для различения групп абонентских терминалов, работающих на одной частоте [2]. Значения используемых в стандарте DMR типов данных рассмотрены в табл. 1.

1. Значения типов данных и CRC-маска для различных пакетов

Тип данных	Значение	CRC-маска
Пакет заголовка индикатора конфиденциальности (PI)	0000 ₂	6969 ₁₆
Заглавный пакет управления соединением речи (LC)	0001 ₂	969696 ₁₆
Терминатор с LC	0010 ₂	999999 ₁₆
Сообщение управляющего блока сигнализации (CSBK)	0011 ₂	A5A5 ₁₆
Заглавный пакет управления блоками (MBC)	0100 ₂	AAAA ₁₆
Продолжение MBC	0101 ₂	–
Заглавный пакет данных	0110 ₂	CCCC ₁₆
Данные со скоростью 1/2	0111 ₂	0F0 ₁₆
Данные со скоростью 3/4	1000 ₂	1FF ₁₆
Данные со скоростью 1	1010 ₂	10F ₁₆

	LB	PF	CSBKO								
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	FID	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Резерв	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Адрес вызываемого абонента (ID-1234)	
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
6	1	1	0	1	0	0	1	0	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Собственный адрес р/ст (ID-3)	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	0	0	0	0	0	0	1	1	1		
10	1	1	1	0	1	1	1	1	1	CRC	
11	0	1	0	1	0	1	0	1	1		
			7	6	5	4	3	2	1	0	

Рис. 3. Блок данных CSBK-запроса услуги передачи речи от станции к станции

Одним из часто используемых пакетов является CSBK (сообщения управляющего блока сигнализации), который предназначен для контроля передачи данных. Сообщение CSBK содержит информационное поле из 96 битов, сформированное в октеты (рис. 3). Верхняя строка сообщения содержит код операции, определяющий функциональные возможности пакета – CSBKO, флаг защиты (PF) и «последний блок» (LB), указывающий на окончание передачи. Следующая строка представляет собой идентификатор набора функций FID, которая, согласно стандарту, принимает нулевые значения.

Октеты 4 – 6 и 7 – 9 служат для записи адресов вызываемого и собственного абонентских терминалов соответственно. Нижние строки блока данных являются проверочными и состоят из циклической избыточной контрольной суммы обнаружения ошибок CRC. Остальные позиции сообщения CSBK не используются и зарезервированы для будущих обновлений.

Поля CRC рассчитываются по окончанию формирования октетов бит информации путем умножения вектора данных на генераторный полином. Для пакета CSBK справедливо выражение (1)

$$F(x) = (x^{16}D(x) \oplus G(x)) \oplus I(x), \quad (1)$$

где x – биты октета данных $D(x)$; $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ – генераторный полином; $I(x) = x^{15} + x^{14} + \dots + x + 1$ – полином инверсии; \oplus – операция суммирования по модулю 2.

На полученный полином $F(x)$ накладывается уникальная маска $M(x)$ (табл. 1), характерная для каждого типа данных (2).

$$C(x) = F(x) \oplus M(x), \quad (2)$$

где $C(x)$ – итоговая контрольная сумма.

Из 96 бит блока данных формируется матрица H размерностью (9×11) . Три крайних элемента этой матрицы дополняются нулями до полного заполнения полезной нагрузки. Массив $H_{9,11}$ поэтапно кодируется кодами Хэмминга $(15, 11, 3)$ для строк и $(13, 9, 3)$ для

столбцов согласно условиям (3а, 3б). Процедура кодирования с использованием блоковых линейных кодов описывается в ряде работ, например [3, 4].

$$H_{row} = H_{9,11} \times G_{11,15}, \quad (3a)$$

$$B_{13,15} = H_{column} = H_{row}^T \times G_{9,13}, \quad (3b)$$

где $G_{11,15}$ и $G_{9,13}$ – порождающая матрица кодов Хэмминга (15, 11, 3) и (13, 9, 3) соответственно; T – операция транспонирования.

Таким образом, формируется блоковый турбокод Хэмминга В (195, 96), способный корректировать до 4 ошибок в строке (столбце) при итерационном декодировании (рис. 4).

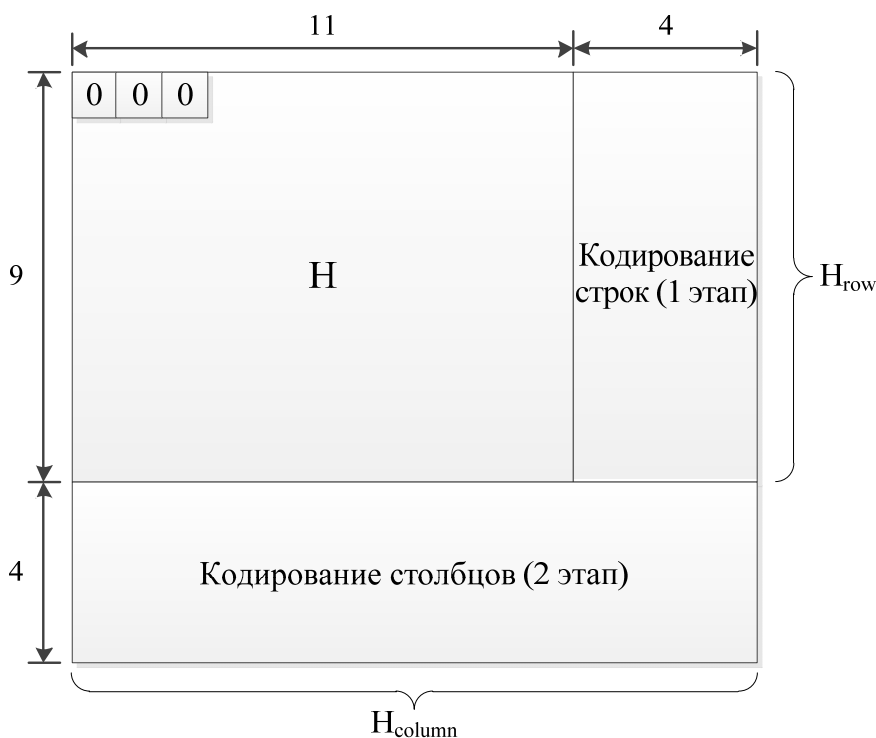


Рис. 4. Формирование блокового турбокода Хэмминга (195, 96)

Для увеличения помехоустойчивости дополненный одним элементом массив В(196, 96), подвергается перемежению битов. При этом данные вначале нумеруются слева направо, затем сверху вниз. Каждому биту присваивается новый индекс в массиве перемежения по закону (4)

$$j = \text{mod}_{196}(181 \times i), \quad (4)$$

где i – индекс бита массива В; j – значение индекса перемежения, как остаток от деления на 196.

Значение индекса перемежения определяет местоположение каждого бита в массиве передачи, помещенного в полезную нагрузку общего пакета данных.

Из полученного пакета формируется символьный массив $S\{-3, -1, 1, 3\}$, который поступает на вход 4FSK модулятора. Особенности построения и функционирования 4FSK мо-

дулятора подробно раскрыты в работе [5]. Для уменьшения межсимвольных искажений в состав 4FSK модулятора входит образующий фильтр типа «приподнятый косинус». К фильтру каскадно подключен частотный модулятор с индексом девиации $m_f = 0,27$. Девиация символов D определяется из условия (5)

$$D = \frac{3}{2} F m_f = 1,944 \text{ кГц}, \quad (5)$$

где $F = 4,8 \text{ кГц}$ – символьная скорость.

Соответствие значений символьного слова девиации 4FSK модуляции приведено в табл. 2.

2. Соответствие девиации сигнала дибитам сообщения

Биты информации		Символы, s	Девиация, D
c_1	c_0		
0	1	3	+1,944 кГц
0	0	1	+0,648 кГц
1	0	-1	-0,648 кГц
1	1	-3	-1,944 кГц

Сигнал на выходе 4FSK модулятора, по сути, представляет собой TDMA-слот, и в дальнейшем может подвергаться частотной селекции, переносу в область рабочих частот, усилению и т.д.

Алгоритм формирования слота пакета запроса услуги передачи речи от станции к станции показан на рис. 5.

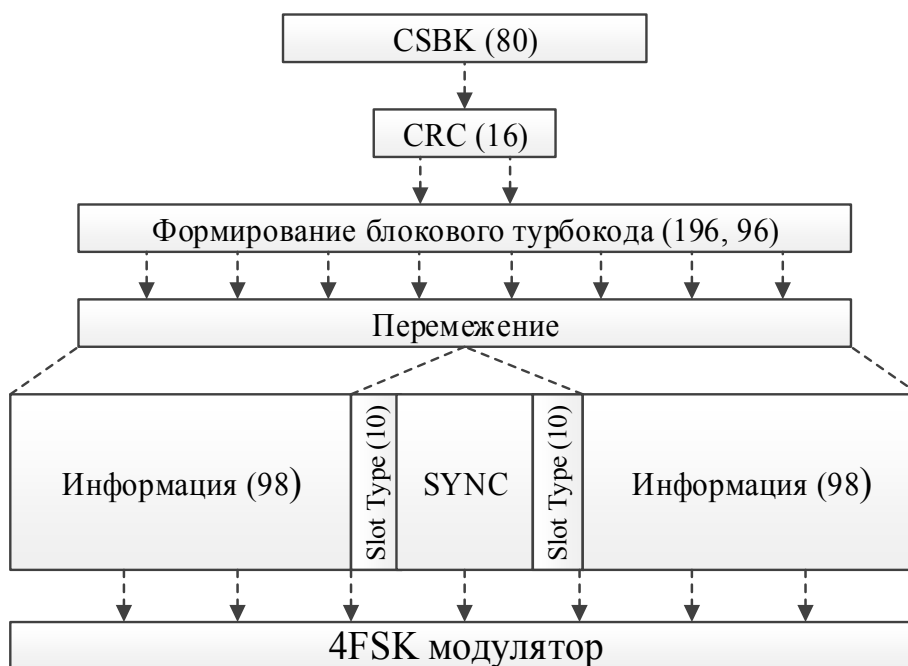


Рис. 5. Схема формирования TDMA -слота

В работе был проведен обзор структуры физического уровня сигнала стандарта DMR. Были рассмотрены основные функции физического уровня, проанализирована структура информационного пакета. На примере блока данных CSBK запроса услуги передачи речи от станции к станции сформировано поле сообщения, проведен расчет октетов CRC, получен блоковый турбокод Хемминга (196, 96) и соответствующий ему символьный массив. Были изложены принципы модуляции, представлена обобщенная схема формирования TDMA-слота.

Список литературы и источников

1. ETSI TS 102 361-1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 1: DMR Air Interface (AI) protocol // ETSI (European Telecommunications Standards Institutes). – Sophia Antipolis, 2016. – 177 p.
2. ETSI TS 102 361-2. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 2: DMR voice and generic services and facilities // ETSI (European Telecommunications Standards Institutes). – Sophia Antipolis, 2016. – 96 p.
3. Теоретические основы цифровой радиосвязи : учеб. пособие / Н. И. Листопад и др. – Минск : БГУИР, 2012. – 330 с.
4. Glavieux, A. Channel coding in communication networks: from theory to turbo codes / A. Glavieux. – Paris : Hermes science, 2005. – 409 p.
5. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.

М. А. Деяев, магистрант кафедры «Высшая математика и информационные технологии»,
Л. А. Коробова, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Высшая математика и информационные технологии»,
И. А. Матыцина, ассистент кафедры «Высшая математика и информационные технологии»
(Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ SAP-СТРУКТУР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАКУПОЧНЫХ ПРОЦЕДУР

Аннотация. Посвящена анализу проблем, которые кроются в выборе стратегии закупок и проведения логистических цепочек предприятия. На нескольких абстрактных примерах приводятся основные признаки искомых сложностей, возникающих непосредственно в ходе процесса обеспечения предприятия необходимыми товарами и работы с внешними контрагентами.

Ключевые слова: рынок, SAP, ИТ-инструмент, методология, логистика, закупки, ERP.

На сегодняшний день мы смело можем говорить о том, что современная рыночная система экономики наиболее сильно зависима от грамотности построения, а также четкости реализации процессов и процедур, логично отделенных в отдельный контур деятельности под названием «Закупочные процедуры». Еще пару лет тому назад на Российском (впрочем, как и европейском) рынке крупные компании тяготели к понятию аутсорса, пытаясь оптимизировать работу собственных логистических отделов [1]. Такой подход был во многом осознанным, поскольку главная проблема, за решением которой гонялось множество отраслевиков, заключалась в том, как быстро удовлетворить потребности заказчика, опираясь на изменчивость рынка, сохранив при этом собственную фискальную стабильность [2]. Существовавшие на тот момент решения с использованием информационных технологий (ИТ-решений) покрывали лишь часть представленных проблем. Это приводило в свою очередь к появлению такого понятия, как «Технологический зоопарк», т.е. множество разрозненных ИТ-систем, которые, создавали еще больше внутренних задач, порождаемых несогласованностью систем. Поэтому наличие кроссплатформенных приложений, которые смогли бы по-настоящему решить проблемы крупных логистических отделов – оставалось лишь розовой потребительской мечтой, но, тоже, как оказалось, лишь до некоторого времени [3].

Несмотря на всю ложность и многоаспектность сферы закупок, в России она является одной из самых зарегулированных не только внутри страны, но и на фоне мировой экономики. На уровне законодательства постоянно появляются изменения и дополнения нормативной базы, которые касаются закупочных процедур с государственным участием. Из этого вытекает еще одна проблема, которая заключается в необходимости постоянно менять бизнес-процессы, а также взаимодействие с внутренними и внешними ИС, а это, в свою очередь требует значительных трудовых затрат и финансовых вложений. Подвергнув анализу

публичные финансовые планы различных организаций, можно сделать вывод, что крупные компании тратят на развитие и сопровождение процессов закупочной деятельности от нескольких десятков до многих сотен миллионов рублей. При этом, безусловно, мы опускаем дополнительные затраты на содержание штата специалистов, обеспечивающих последующую поддержку. Таким образом, существующий акцент на поддержании операционных задач во многом не позволяет сконцентрироваться на решении актуальных внешних проблем, и в этом разрезе, на наш взгляд, SAP может оказаться очень полезным инструментом решения проблемы, позволив, чаще подстраивать правила игры на рынке под себя [4]. Если говорить более конкретно, то уже на этом этапе информационная система, построенная на базе методологий SAP, может решить следующий перечень проблем, совмещенных по укрупненным классам типизации:

- 1) планирование закупок:
 - устранение ошибок планирования;
 - конкретизация предмета закупки;
 - централизация корректировочного процесса;
 - упрощение формирования НМД;
- 2) соблюдение сроков закупки:
 - минимизация риска срыва закупки;
 - уменьшение длительности закупочного процесса;
 - унификация сроков проведения этапов закупки;
- 3) типизация правил электронного документооборота (ЭД):
 - унификация внутренних отчетных форм;
 - устранение ошибок заполнения;
 - увеличение скорости подписания документов;
- 4) унификация закупочных процессов.

Список литературы и источников

1. Модель поставки молочного сырья методом векторной оптимизации / Е. И. Пустыльник, Ю. С. Сербулов, О. А. Гордиенко, Л. А. Коробова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1997. – № 2. – С. 28 – 30.
2. Лемешкин, А. В. Особенности управления запасами на предприятиях торговли / А. В. Лемешкин, Ю. А. Сафонова, Л. А. Коробова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 2 (72). – С. 94 – 100.
3. Дедаев, М. А. Возможности применения технологии BLOCKCHAIN вне зоны действия цифровой экономики [Электронный ресурс] / М. А. Дедаев, Л. А. Коробова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5. – С. 132.
4. Терлецкая, А. Ю. Модель управления распределением задач компании «НЛМК-ИТ» на основе нечетких правил вывода / А. Ю. Терлецкая, Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова // Интеллектуальные информационные системы : тр. Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. – 2018. – С. 97 – 101.

А. В. Драчев, С. А. Рылов, студенты
кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»,
С. В. Клишин, канд. физ.-мат. наук, доц.,
доц. кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»,
В. А. Глушков, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», Ижевск, Россия)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДЛЯ РАСЧЕТА НИЗКОЙ ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЫ СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Аннотация. Рассмотрена проблематика определения траектории движения спутника по низко-орбитальной круговой орбите, определены основные возмущающие факторы, оказывающие влияние на траекторию полета МКА.

Ключевые слова: спутник, CubeSat, ИСЗ, МКА, низкая околоземная орбита, траектория движения спутника, возмущающие факторы.

При проектировании малого космического аппарата следует оценить параметры его орбиты. Правильная оценка всех возмущающих факторов, действующих на МКА, поможет определить траекторию его полета, периоды нахождения аппарата в тени, моменты и направления его восхода, захода и кульминации по отношению к наземной станции, время пребывания на орбите, а также траекторию схода с орбиты.

В дальнейшем это позволит:

- 1) правильно оценить энергетические ресурсы аппарата, необходимое количество солнечных батарей, типы и размеры источников питания;
- 2) определить количество и продолжительность сеансов связи, что необходимо для определения объемов передаваемой информации;
- 3) создать управляющую программу спутника для организации автономной работы, включения и отключения подсистем и выполнения эксперимента полезной нагрузкой;
- 4) получить необходимые данные для программы управления поворотным механизмом антенны наземной станции.

На спутник действуют различные возмущающие факторы, которые изменяют его траекторию движения. Однако каждый из факторов оказывает влияние в различной степени, в зависимости от массы, размеров, физических свойств материалов КА и параметров его орбиты.

Чем более качественно будут оценены воздействующие факторы, тем точнее реальная траектория совпадет с теоретически рассчитанной.

Для космического аппарата выбрана низкая околоземная орбита высотой 300 км. Данный МКА является спутником формата CubeSat и имеет размер 3U (максимальный габарит 10×10×30 см), что является относительно малым значением в условиях космического пространства.

На движение КА действуют следующие факторы:

1. Гравитационное поле Земли.
2. Сопротивление атмосферы Земли.
3. Притяжение Луны, Солнца и других планет.
4. Световое давление.
5. Магнитное поле Земли.
6. Ряд других, менее значимых факторов.

Рассмотрим каждый из факторов:

1. Потенциал гравитационного поля Земли изменяется не только с изменением расстояния до центра Земли, но и с местом положения относительно земной поверхности, это вызвано несферичностью Земли и неоднородностью ее плотности. При значительных расстояниях, когда расстояние до объекта в десятки раз превышает радиус Земли, влияние этого фактора сильно уменьшается, и взаимодействие тел мало отличается от взаимодействия материальных точек. В нашем случае данный фактор оказывает наибольшее влияние.

2. Сопротивление атмосферы Земли зависит от ее плотности, которая падает с высотой приблизительно по экспоненциальному закону: $\rho = \rho_0 \cdot \exp(-h/H)$. Кроме того, плотность атмосферы зависит от ее температуры, которая различна на теневой и солнечной стороне, а также зависит от активности Солнца.

3. Влияние силы притяжения Луны, Солнца и других планет. Притяжение Луны существенно сказывается только на высокоапогейные ИСЗ.

4. Световое давление примерно пропорционально площади поверхности объекта и обратно пропорционально его массе. В целом, чем меньше КА, тем сильнее влияние данного фактора, так как при неизменной плотности при уменьшении ребра куба в a раз, масса уменьшается a^3 раз, в то время как площадь грани лишь в a^2 раз. Соответственно, чем меньше габаритные размеры объекта, тем больше соотношение площадь/масса, и поэтому наибольшему воздействию подвергаются мелкие частицы (например, частицы хвостов комет).

5. Воздействие магнитного поля будет обуславливать применение магнитных материалов (в том числе магнитных катушек) и масс спутника.

6. К другим факторам относятся: микрометеориты, заряженные и нейтральные частицы.

Исходя из габаритов космического аппарата и выбранной высоты орбиты наиболее существенное влияние на траекторию движения нашего космического аппарата оказывают следующие факторы:

1. Потенциал гравитационного поля Земли.
2. Сопротивление атмосферы Земли.
3. Световое давление.

Заключение

Была установлена необходимость расчета орбиты МКА, проанализированы основные возмущающие факторы, влияющие на траекторию движения ИСЗ и определены наиболее существенные для нашего случая. В дальнейшем планируется описать алгоритм расчета траектории движения спутника с учетом воздействующих факторов.

Список литературы и источников

1. Концепция наноспутника ИжГТУ имени М. Т. Калашникова / В. Н. Белослудцев, Е. С. Бояринцева, В. Н. Широбоков, А. В. Драчев, В. А. Глушков // Приборостроение в XXI веке – 2015: сб. матер. XI Междунар. науч.-техн. конф. (Ижевск, 25 – 27 ноября 2015 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. – С. 27 – 32.
2. Дубошин, Г. Н. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Г. Н. Дубошин. – М. : Наука, 1976. – 852 с.
3. Каула, У. Спутниковая геодезия / У. Каула. – М. : «МИР» 1970. – 172 с.
4. Бордовицына, Т. В. Теория движения ИСЗ аналитические и численные методы : учебное пособие / Т. В. Бордовицына, В. А. Авдюшев. – Томск : Томский государственный университет, 2007. – 175 с.

И. А. Дьяков, канд. техн. наук, доц.,
 доц. кафедры «Информационные системы и управление»,
А. А. Терехова, магистр, ассистент кафедры
 «Информационные системы и управление»,
А. И. Дьяков, студент
 (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ ПРОТОКОЛА X10

Аннотация. Современная технология интеллектуального управления компонентами инженерных систем предполагает интеграцию компьютерных систем в сеть электрического питания. Отсутствие дополнительных коммуникационных линий снижает затраты на монтаж и эксплуатацию.

Ключевые слова: «Умный дом», протокол X10, сеть X10.

Технология интеллектуального управления компонентами инженерных систем основана на взаимодействии контроллеров и исполнительных устройств, поддерживающих протокол обмена X10 [1 – 4]. Физическая среда передачи данных – электрическая сеть (рис. 1).

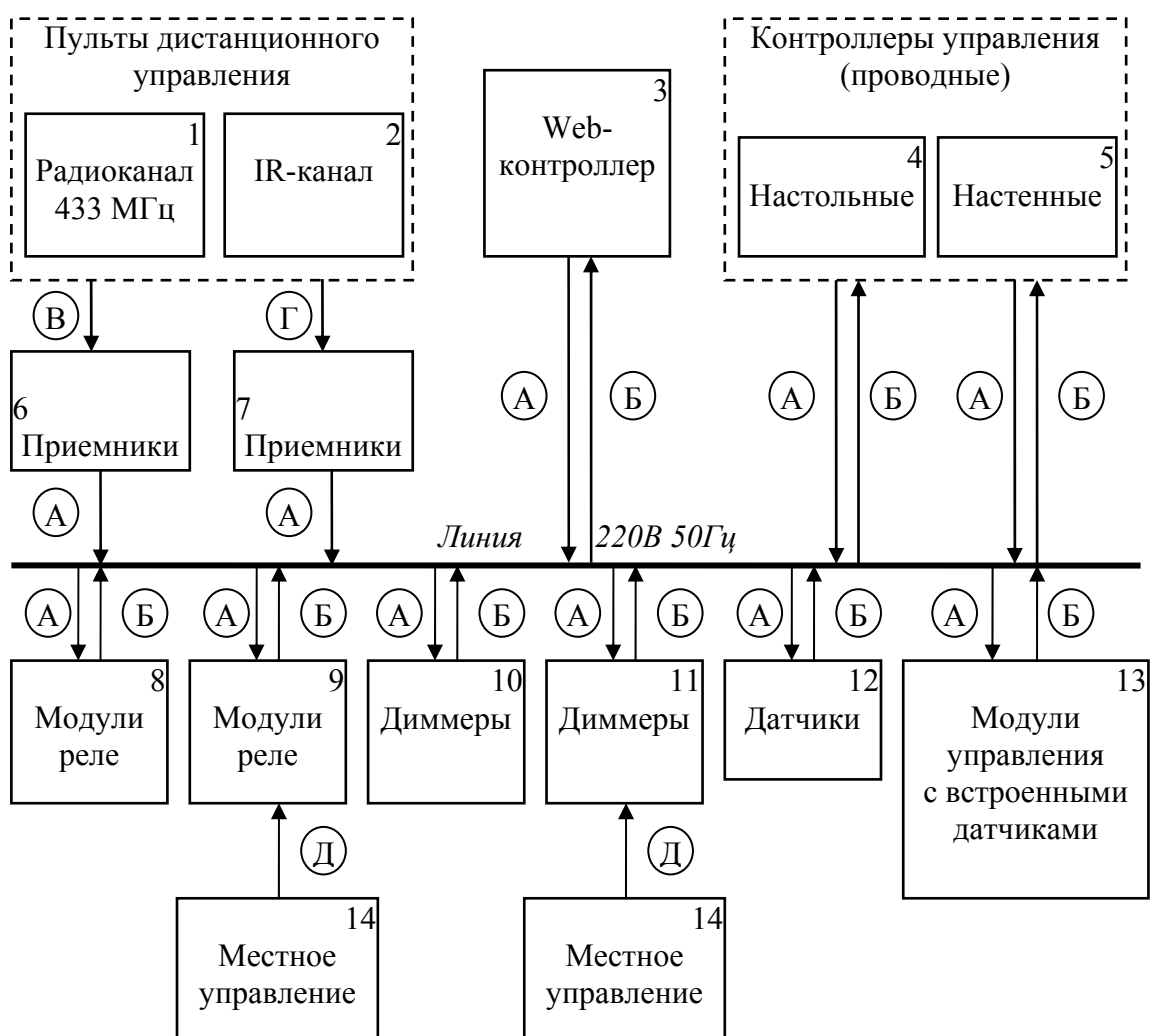


Рис. 1. Поток данных сети X10

Техническое обеспечение включает пульта управления (1, 2, 4, 5), модули преобразования сигналов (6, 7), модули исполнительных устройств и датчики (8 – 13). Пульты дистанционного управления могут быть как беспроводными (1, 2), передающими команды либо по радиоканалу, либо по оптическому каналу, так и проводными (4, 5). Беспроводные пульты передают команды по собственному протоколу и работают в паре с принимающими устройствами (6, 7), назначение которых – преобразование полученной команды в формат сети X10. Контроллеры управления (4, 5) подключаются непосредственно к сети электропитания, а элементы управления располагаются, как правило, на их лицевой панели. В сети может присутствовать контроллер (3), получающий команды через сеть Internet и формирующий команды в стандарте X10.

Исполнительные устройства – интеллектуальные реле (8, 9) или формирователи импульсного сигнала, например, широтно-импульсные модуляторы (10, 11). Подобные модули имеют второй канал управления (14), не связанный с передачей по сети X10 и не зависимый от нее. Для оценки параметров объекта в сеть X10 могут быть подключены датчики, например, температуры, влажности, освещенности, движения (12). Если требуется управление с оценкой состояния объекта, например, управление жалюзи или включение света в условиях недостаточной освещенности и наличия движения, то применяются модули, способные автономно выполнять полученную по сети X10 команду. Эти модули (13) снабжены входами подключения датчиков [1 – 4].

Информационный обмен заключается в передаче команд или запросов (рис. 1, А) от контроллера к исполнительным устройствам (модулям). Модули в соответствии с алгоритмами обработки либо исполняют команду, либо передают контроллеру данные статуса (рис. 1, Б).

Логические связи образуют шесть типов команд [1 – 4]:

- тип 0, для управления ставнями и жалюзи;
- тип 1, для работы с датчиками;
- тип 2, зарезервирован для систем безопасности;
- тип 3, для работы с модулями управления (диммеры и осветительные приборы);
- тип 4, для безопасной адресации расширенных команд 3-го типа;
- тип 5 – для безопасной адресации расширенных групповых команд.

Команды «Выключить все устройства / Включить все устройства / Выключить все освещение» (All Units Off / All Units On / All Lights Off) являются групповыми и переводят в указанное состояние все приборы (до 16) одного адресуемого объекта одним нажатием кнопки.

Команды «Включить прибор / Выключить прибор» (On / Off) переводят в указанное состояние только один прибор одним нажатием кнопки.

Команды «Темнее / Ярче» (Dim / Bright) предназначены для управления устройствами регулирования мощности нагрузки (диммерами), в первую очередь осветительных приборов. Команда повторяется до тех пор, пока не будет отпущена кнопка пульта управления. Шаг изменения мощности нагрузки различен для различных устройств. Диапазон изменений мощности нагрузки 0...100% может составлять 17...21 дискрет.

Команды «Установить уровень яркости = 1 / Установить уровень яркости = 2» (Pre-Set Dim 1 / Pre-Set Dim 2) устанавливают заданную мощность нагрузки.

Команды «Расширенный код / Данные АЦП» (Extended code / Extended Data analog) применяются для устройств, поддерживающих расширенный набор команд, включающий дополнительные байты данных. Расширенные данные состоят из нескольких байт, содержащих аналоговые данные, полученные после аналого-цифрового преобразования (АЦП). Первые байты могут быть использованы для определения количества байтов данных.

Команды «Запрос передатчика / Подтверждение от передатчика» (Nail Request / Nail Acknowledge) предназначены для поиска в сети приборов с заданным в команде адресом объекта (House code). Применяются, как правило, при пусконаладочных работах.

Команды «Запрос состояния прибора / Прибор включен / Прибор выключен» (Status Request / Status=Off / Status=On) предназначены для определения состояния прибора. Получаемый отклик нагрузка прибора включена, либо выключена.

Базовые команды [1 – 4], применимые ко всем приборам: «Выключить все устройства» (All Units Off), «Включить все устройства» (All Units On), «Включить прибор» (On), «Выключить прибор» (Off), «Темнее» (Dim), «Ярче» (Bright).

Список литературы и источников

1. How X10 Works. X10 Theory. – URL : <https://www.smarthomeusa.com/how-x10-works/>
2. Rye, D. Standard and Extended X10 Code Protocol / D. Rye. – URL : <http://www.authinx.com/manuals/activehome/xtddcode.pdf>
3. Symons, A. Easy X10 Projects for Creating a Smart Home / A. Symons et al. – Indy Tech Publishing, 2005. – 187 p.
4. Rye, D. My Life at X10 / D. Rye. AV and Automation Industry eMagazine, 2014. – URL : <https://www.hometoys.com/content.php?url=/htinews/oct99/articles/rye/rye.htm>

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ

Аннотация. Рассматриваются процессы функционирования дискретных динамических систем, в качестве математических моделей которых используются дискретные автоматы. Новым и принципиальным отличием от классического представления автоматных моделей является использование геометрического представления законов функционирования автоматов.

Ключевые слова: дискретные динамические системы, дискретные автоматы.

Введение

В классе дискретных детерминированных динамических систем конечные детерминированные автоматы составляют простейший, но достаточно исследованный подкласс. Теория экспериментов по распознаванию поведения автоматов (см., например, [1, 2]) обнаружила эффективное использование в техническом диагностировании отдельных элементов, узлов, агрегатов и других технических объектов, допускающих задание явно представленными дискретными математическими структурами: таблицами, матрицами, графами, логическими уравнениями и т.п. В данном случае модели объектов диагностирования задаются, как правило, явно и точно, средства диагностирования найдены полностью, а решаемые вопросы сводятся к проверке работоспособности и локализации неисправности по местоположению или функциям. Задачи управления, технического диагностирования, синтеза поведения систем и т.п., в случае сложных систем, не обеспечены полной информацией для их решения. В статье В. А. Твердохлебова [3] приведена таблица, характеризующая специфику технического диагностирования сложных систем (см. [3], с. 77). Неустраняемая для сложных систем неполнота исходной и фактически получаемой контрольным и диагностическим экспериментами информации делает задачи доопределения информации актуальными. Одним из путей расширения области приложения теории автоматов явились исследования академика РАЕН В. А. Твердохлебова, в которых рассматривается представление законов функционирования автоматов непрерывными числовыми структурами. Для этого автоматное отображение полагается множеством точек с числовыми координатами, и законы функционирования представляются ломаными линиями, вершины которых расположены на аналитически заданных кривых. Этот подход к заданию автоматов, а также некоторые методы анализа, синтеза и распознавания автоматов по их геометрическим образам используются и развиваются в дальнейшем. В данной статье исследуется доопределение информации о возможном поведении сложной системы по полученной частичной информации с использованием классических методов интерполяции [4]. Это становится реализуемым на основе описания поведения системы частично заданными (полученным при контрольных и диагностических экспериментах) геометрическими образами автоматных моделей в форме числовых графиков.

Краткое описание аппарата геометрических образов автоматов

Использование методов интерполяции для доопределения частично заданных законов функционирования автоматов становится возможным при применении нового геометрического задания автоматных отображений, предложенного и разработанного В. А. Твердохлебовым (подробное описание аппарата геометрических образов автоматов ввиду ограничений на объем статьи не приводится и содержится, например, в [3]). Геометрическое задание закона функционирования автомата, которое систематизированно представлено автоматным отображением, построено на рассмотрении пар из автоматных отображений как точек и размещении таких точек на геометрических кривых, имеющих аналитическое задание. Такое размещение возможно, если на множестве X^* всех входных конечных последовательностей дискретного детерминированного автомата $A_s = (S, X, Y, \delta, \lambda, s)$ (с множествами состояний S , входных сигналов X , выходных сигналов Y и функциями переходов $\delta: S \times X \rightarrow S$ и выходов $\lambda: S \times X \rightarrow Y$) и на множестве Y всех выходных сигналов ввести соответственно натуральные линейные порядки ω_1 и ω_2 (примеры конкретных порядков содержатся, например, в работе [3]). В результате, автоматное отображение представляется символьным графиком G_0 в системе координат с осью абсцисс (X^*, ω_1) и осью ординат (Y, ω_2). После замены точек с координатами в форме последовательностей в графике G_0 на точки с координатами – номерами последовательностей по линейным порядкам ω_1 и ω_2 , получаем числовой график G_1 автоматного отображения в главном квадранте прямоугольной декартовой системы координат на плоскости.

Анализ эффективности применения классических методов интерполяции для доопределения законов функционирования автоматов

Выбор и применение метода интерполяции по смыслу соответствуют принятию и реализации гипотезы о том, что метод интерполяции, применяемый к числовому графику, представляющему частично заданный геометрический образ автомата, достаточно точно восстанавливает точки геометрического образа, т.е. достаточно верно доопределяет частично заданные законы функционирования автомата. Следовательно, результаты, полученные с использованием выбранного метода интерполяции, сведены к обоснованию правильности гипотезы. В данном параграфе исследованы и разработаны методы выбора гипотезы (выбора конкретного метода интерполяции) для конкретных классов автоматов (класс (4,2,2)-автоматов, класс (8,2,2)-автоматов и др.) на примере выбора более точного метода интерполяции из двух методов интерполяции: Ньютона и Лагранжа (по аналогичной схеме также проведен анализ методов интерполяции Гаусса, Бесселя, Стирлинга и др.). Эти методы включают следующие этапы:

1 Этап. Определяется и конкретно строится класс автоматов U , в котором частично заданные автоматы методом интерполяции их частичных геометрических образов доопределяются до полных геометрических образов. Выбирается для исследования набор методов интерполяции.

2 Этап. Для интерполяции определяются базовые точки (в работе для исследования предложено использовать в качестве базовых точек вершины геометрических образов автономных подавтоматов).

3 *Этап*. Выбирается длина d геометрического образа, по частичному заданию которого интерполируется геометрический образ законов функционирования автомата.

4 *Этап*. К выбранным на этапе 2 базовым точкам интерполяции применяются методы интерполяции.

5 *Этап*. Результаты интерполяции представляются следующими числовыми показателями: для каждого инициального автомата и каждого метода интерполяции определяется число правильно восстановленных вершин геометрического образа законов функционирования автомата; для рассматриваемого класса автоматов и заданной длины геометрических образов законов функционирования автоматов вычисляются величины: n_d^N – число автоматов в рассматриваемом классе, для которых методом Ньютона правильно восстановлено больше точек, чем методом Лагранжа, n_d^L – число автоматов в рассматриваемом классе, для которых методом Лагранжа правильно восстановлено больше точек, чем методом Ньютона и n_d^{NL} – число автоматов в рассматриваемом классе, для которых методы Ньютона и Лагранжа имеют одинаковую эффективность.

6 *Этап*. Выбирается функция для оценки эффективности методов интерполяции, т.е. для определения в исследуемом наборе методов интерполяции наиболее эффективного метода.

В работе используется функция $F(n_d^N, n_d^L, n_d^{NL}) = 1 - \frac{\min(n_d^N, n_d^L) + n_d^{NL}}{\max(n_d^N, n_d^L) + n_d^{NL}}$, по значениям

которой по эффективности сравниваются методы интерполяции Ньютона и Лагранжа.

Исследованные инициальные автоматы вида $A_{s_0} = (S, X, Y, \delta, \lambda, s_0)$, где S, X и Y – множества состояний, входных и выходных сигналов, δ и λ – функции переходов и выходов вида $\delta: S \times X \rightarrow S$, $\lambda: S \times X \rightarrow Y$, а $s_0 \in S$ – начальное состояние, представлены классами автоматов: классами (n, m, l) – автоматов, где $n = |S|$, $m = |X|$, $l = |Y|$, и классами $(n, m, l)_d$ начальных отрезков геометрических образов длины d , определяющих автоматы из класса (n, m, l) -автоматов. В данной статье выполнен сравнительный анализ точности интерполяции методами Ньютона и Лагранжа, а также модифицированными методами Ньютона и Лагранжа. Модификация методов интерполяции заключается в том, что базовыми точками интерполяции являются точки геометрических образов автономных подавтоматов вида $A_1 = (S, \{0\}, Y, \delta, \lambda, s_0)$ и $A_2 = (S, \{1\}, Y, \delta, \lambda, s_0)$. Применяются следующие свойства функции F (см. пункт 6): функция F принимает значения из отрезка $[0, 1]$; функция F принимает значение 0, если методы интерполирования Ньютона и Лагранжа имеют схожую точность; функция F принимает значение, отличное от 0 только в том случае, когда интерполяция одним из методов более точная; функция F принимает значение 1, когда только один из методов точно восстанавливает некоторые точки графика.

В леммах 3.1 и 3.2 отражены результаты анализа эффективности использования методов интерполяции Ньютона и Лагранжа по отношению к частично заданным геометрическими образами автономных подавтоматов автоматам класса $(4, 2, 2)$ -автоматов (более 67 млн. инициальных автоматов) при различных значениях длины начального отрезка геометрического образа (ввиду ограничений на объем статьи результаты по другим исследованным методам интерполяции и другим значениям d в явном виде не приводятся).

Лемма 3.1. Пусть базовыми точками интерполяции для частично заданного геометрического образа длины d каждого автомата $A = (S, \{0,1\}, Y, \delta, \lambda, s_0)$ из класса инициальных (4,2,2)-автоматов являются точки геометрических образов автономных подавтоматов $A_0 = (S, \{0\}, Y, \delta_0, \lambda_0, s_0)$ и $A_1 = (S, \{1\}, Y, \delta_1, \lambda_1, s_0)$ автомата A . Тогда для методов интерполяции Ньютона и Лагранжа при $d = 62$ в классе инициальных (4,2,2)-автоматов выполняется отношение $n_d^N > n_d^L$, и функция F принимает значение $F(n_{62}^N, n_{62}^L, n_{62}^{NL}) = 0,44$ (метод интерполяции Ньютона с оценкой 0,44, точнее, метода Лагранжа).

Лемма 3.2. Пусть базовыми точками интерполяции для частично заданного геометрического образа длины d каждого автомата $A = (S, \{0,1\}, Y, \delta, \lambda, s_0)$ из класса инициальных (4,2,2)-автоматов являются точки геометрических образов автономных подавтоматов $A_0 = (S, \{0\}, Y, \delta_0, \lambda_0, s_0)$ и $A_1 = (S, \{1\}, Y, \delta_1, \lambda_1, s_0)$ автомата A . Тогда для методов интерполяции Ньютона и Лагранжа при $d = 254$ в классе инициальных (4,2,2)-автоматов выполняется отношение $n_d^N > n_d^L$, и функция F принимает значение $F(n_{254}^N, n_{254}^L, n_{254}^{NL}) = 0,14$ (метод интерполяции Ньютона с оценкой 0,14, точнее, метода Лагранжа).

Заключение

В статье приводятся модели и методы, разработанные для интерполяции частично заданных законов функционирования автоматов, заданных автоматными отображениями, размещенными на геометрических кривых линиях. Разработаны методы интерполяции, учитывающие автоматную специфику моделей систем. Получены оценки для сравнения по точности интерполяции методами Ньютона и Лагранжа (Гаусса, Стирлинга, Бесселя и др.) для автоматов с частично заданными геометрическими образами.

Список литературы и источников

1. Гилл, А. Введение в теорию конечных автоматов / А. Гилл. – М. : Наука, 1966. – 272 с.
2. Мур, Э. Умозрительные эксперименты с последовательными машинами / Э. Мур // Автоматы : сб. статей под ред. К. Шеннона и Д. Маккарти. – М. : ИИЛ, 1956.
3. Твердохлебов, В. А. Геометрические образы законов функционирования автоматов / В. А. Твердохлебов. – Саратов : Изд-во «Научная книга», 2008. – 183 с.
4. Половко, А. М. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации / А. М. Половко, П. Н. Бутусов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.

А. А. Змеев¹, В. В. Лавлинский², С. Н. Яньшин³

(¹Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия воздушно-космической обороны им. Г. К. Жукова», Тверь, Россия,

²Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия,

³Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия)

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. Работа посвящена анализу различных архитектур нейронных сетей, порядок их обучения. Кроме того рассматриваются нейронные сети с задержкой, с распределенным запаздыванием, сеть NARX, слоисто-рекуррентная сеть. Оцениваются их достоинства и недостатки при использовании в больших системах.

Ключевые слова: нейронные сети, слоисто-рекуррентная сеть, сеть NARX.

Введение

В настоящее время развитие методических подходов для решения различного рода научных задач путем формирования архитектуры нейронных сетей расширяют предметные области их использования. Однако для правильного использования тех или иных архитектур нейронных сетей необходимо учитывать их особенности. Поэтому целесообразно изучать особенности архитектур нейронных сетей.

Сравнительный анализ архитектур нейронных сетей

Архитектура рекуррентной динамической нейронной сети приведена на рис. 1.

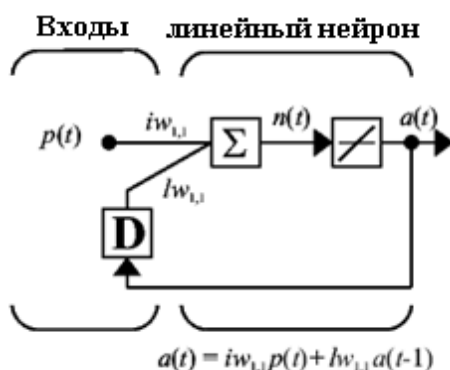


Рис. 1. Архитектура рекуррентной динамической нейронной сети

Кроме данной сети, можно использовать сфокусированную нейронную сеть (FTDNN) с временной задержкой (*newfftd*). На рисунке 2 представлены два слоя FTDNN.

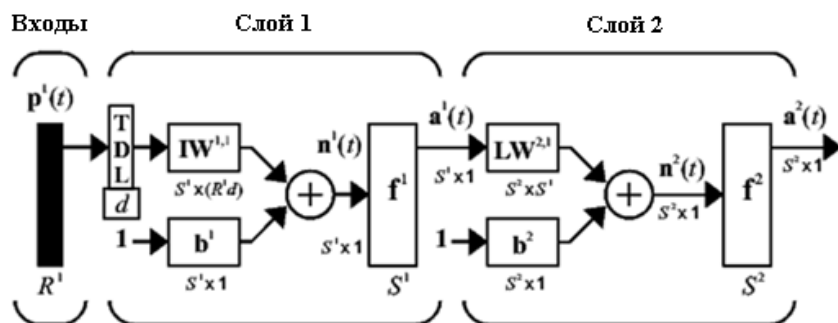


Рис. 2. Архитектура сфокусированной нейронной сети (FTDNN) с временной задержкой

Архитектура двухслойной распределенной сети TDNN приведена на рис. 3.

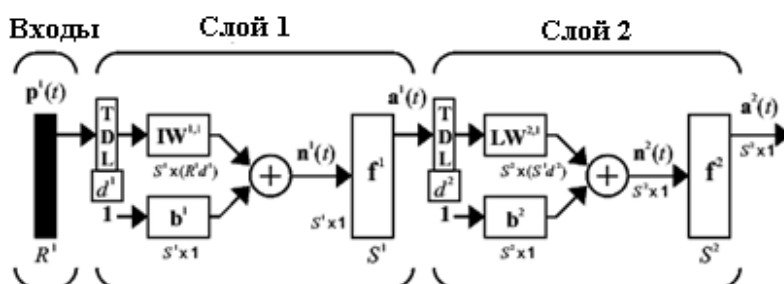


Рис. 3. Архитектура двухслойной распределенной сети TDNN

Эту сеть можно применять для решения упрощенной задачи, связанной с распознаванием частотного содержания входного сигнала.

Нелинейная авторегрессионная сеть с экзогенными входами NARX (рис. 4) представляет собой рекуррентную динамическую сеть с обратной связью, охватывающую несколько слоев сети.

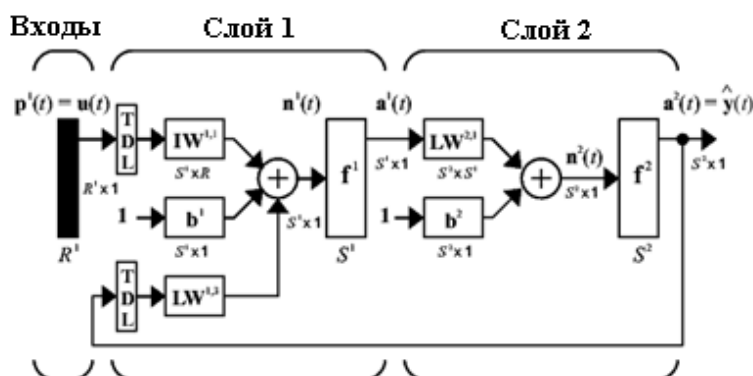


Рис. 4. Архитектура нелинейной авторегрессионной сети с экзогенными входами NARX

Для сети NARX важно ее конфигурирование. В рамках стандартной архитектуры сети NARX выходной сигнал подается обратно на вход нейронной сети прямого распространения (рис. 5, а). Поскольку истинный результат доступен во время обучения сети, можно создать параллельную архитектуру (рис. 5, б), в которой истинный результат применяется вместо того, чтобы вернуть оцененный результат.

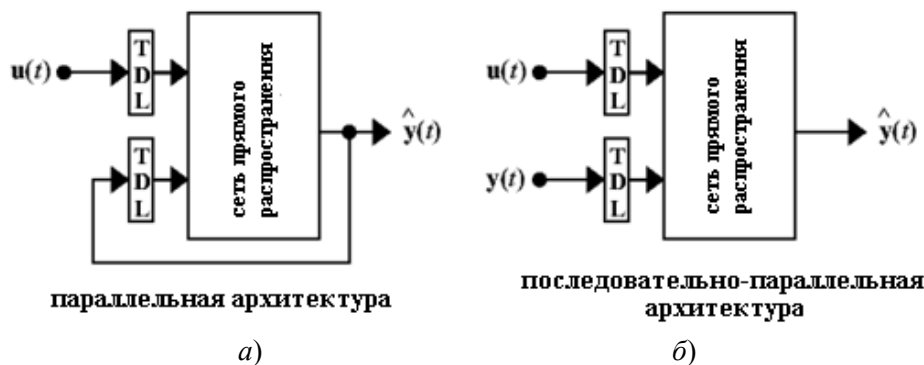


Рис. 5. Архитектура конфигурирования сети NARX

Так же необходимо проанализировать динамическую сеть, которая называется слоисто-рекуррентной LRN. На рисунке 6 показана двухслойная сеть LRN.

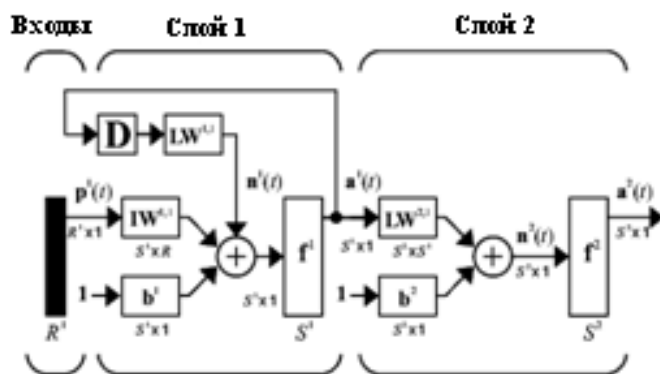


Рис. 6. Архитектура двухслойной сети LRN

Заключение

В ходе данных исследований были проанализированы архитектуры нейронных сетей и выделены особенности и области применения их в конкретных практических задачах, связанных с управлением, обучением, определением ошибок. Определены достоинства и недостатки моделей нейронных сетей, которые позволяют в дальнейшем правильно их применять, оценивать и давать наиболее точные значения ошибок, прогнозов за минимальное возможное время.

Кроме того, модели нейронных сетей были проанализированы по поводу возможности их применения для описания линейных и нелинейных процессов.

Список литературы и источников

1. Совершенствование методологии планирования радиочастотного спектра на основе технологий математического моделирования / С. Н. Яньшин, В. В. Лавлинский, С. А. Змеев и др. – Воронеж, 2017.
2. Лавлинский, В. В. Теоретические аспекты математического описания действий в робототехнических системах / В. В. Лавлинский, С. Н. Яньшин // Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем : сб. матер. I Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 184 – 192.

3. Лавлинский, В. В. Особенности математического метода для моделирования целенаправленных систем / В. В. Лавлинский, С. Н. Яньшин // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Воронежский государственный университет. – 2017. – С. 750 – 758.
4. Представление знаний при решении слабоструктурированных задач на примере подсистемы информационной безопасности автоматизированной системы управления / С. С. Кочедыков, А. С. Кравченко, В. В. Лавлинский и др. // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017. – № 10. – С. 17 – 25.
5. Лавлинский, В. В. Теоретические основы математического моделирования для описания целенаправленных систем / В. В. Лавлинский, Е. А. Рогозин, С. Н. Яньшин // Вестник Воронежского института МВД России. – 2017. – № 2. – С. 143 – 153.
6. Лавлинский, В. В. Теоретические основы математического моделирования действий для описания целенаправленных систем / В. В. Лавлинский, Е. А. Рогозин, С. Н. Яньшин // Вестник Воронежского института МВД России. – 2017. – № 4. – С. 144 – 152.
7. Лавлинский, В. В. Применение математического описания действий для целенаправленных систем на основе методов нейронных сетей / В. В. Лавлинский, С. Н. Яньшин // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 17 – 23.
8. Лавлинский, В. В. Формирование моделей и методов взаимодействия информационных процессов / В. В. Лавлинский, О. Г. Иванова // Прикладная физика и математика. – 2015. – № 4. – С. 49 – 61.
9. Лавлинский, В. В. Формирование моделей и методов взаимодействия информационных процессов / В. В. Лавлинский, О. Г. Иванова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – № 5. – С. 39 – 50.
10. Лавлинский, В. В. Теоретические предпосылки решения проблем формирования моделей и методов взаимодействия информационных процессов / В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 2. – С. 30 – 36.
11. Зубрицкий, П. Ю. Информационное обеспечение для оценки пороговых значений в распознавании релевантных свойств информационных объектов в условиях априорной неопределенности / П. Ю. Зубрицкий, В. В. Лавлинский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 6. – С. 209 – 214.
12. Сербулов, Ю. С. Мера информации в задачах выбора и распределения информационных ресурсов / Ю. С. Сербулов, О. Ю. Лавлинская, В. В. Лавлинский // Инженерная физика. – 2010. – № 4. – С. 7–8.
13. Лавлинский, В. В. Программная реализация моделей для синтеза виртуальной реальности АСТПП для условий нечеткого представления контролируемых параметров при проектировании систем / В. В. Лавлинский, Е. Е. Обручников // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2009. – № 5. – С. 184 – 187.
14. Лавлинский, В. В. Модель выявления закономерностей преодоления средств защиты информации / В. В. Лавлинский, В. В. Сысоев // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2001. – № 4. – С. 78 – 81.

И. Н. Ищук, А. А. Долгов

(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия)

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАЙОНОВ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ НА ОСНОВЕ ИХ ТЕПЛОВЫХ ТОМОГРАММ

Аннотация. Рассматривается алгоритм построения тепловых изображений на основе тепловых томограмм участка земной поверхности с учетом географических, астрономических и метеорологических условий. Приведены результаты компьютерного моделирования и сравнение с результатами эксперимента.

Ключевые слова: тепловые изображения, алгоритм построения, томограммы участка земной поверхности.

Введение

В настоящее время в области разработки робототехнических комплексов и, в частности, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) все больший интерес приобретают вопросы автономности их применения при выполнении ими задач по предназначению. Это, в свою очередь, ведет к поднятию проблем организации управления и навигации БПЛА в условиях отсутствия связи с пунктом управления и спутниковыми навигационными системами. Одним из перспективных направлений решения вышеназванных проблем является использование в качестве нового информационного слоя геоинформационных систем тепловых томограмм «объектов-аналогов» и подстилающей поверхности и моделирование на их основе эталонных тепловых изображений с учетом временных, географических, астрономических и метеорологических условий.

1. Постановка задачи

Задача состоит в моделировании температурных изображений участка земной поверхности с расположенными на нем техногенными и природными объектами на основе тепловой томограммы данного района, а также временных, географических, астрономических и метеорологических условий.

2. Алгоритм решения задачи

Решение поставленной задачи может быть представлено в виде следующего алгоритма.

Шаг 1. Расчет тепловой томограммы района, например, путем численного решения коэффициентной обратной задачи теплопроводности

$$A_{\xi}^{-1}(\tilde{T}(x, y, \tau)) = \left| \begin{array}{l} f_{\lambda}(x, y) \\ f_a(x, y) \end{array} \right|, \quad (1)$$

где $f_{\lambda}(x, y)$ – тепловая томограмма по теплопроводности; $f_a(x, y)$ – тепловая томограмма по температуропроводности; A_{ξ}^{-1} – обратный оператор, использующий априорную информацию о входных данных и позволяющий получить корректное решение коэффициентной обратной задачи теплопроводности [1, 2].

Шаг 2. Задание астрономических и географических параметров: широта места наблюдения и угол склонения Солнца, на основе которых оценивается количество приходящейся на поверхность суммарной солнечной радиации [2, 3].

Шаг 3. Задание метеорологических условий: температура воздуха T_a , относительная влажность воздуха ξ , скорость ветра Ff , общая облачность N .

Шаг 4. Построение тепловых изображений путем численного решения прямой задачи теплопроводности

$$C_{\rho j}(\theta) \frac{\partial T_j}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left([\lambda_j(\theta)]_{11} \frac{\partial T_j}{\partial x} \right) + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left([\lambda_j(\theta)]_{12} \frac{\partial T_j}{\partial y} \right) + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left([\lambda_j(\theta)]_{13} \frac{\partial T_j}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left([\lambda_j(\theta)]_{22} \frac{\partial T_j}{\partial y} \right) + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left([\lambda_j(\theta)]_{23} \frac{\partial T_j}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left([\lambda_j(\theta)]_{33} \frac{\partial T_j}{\partial z} \right), \quad (2)$$

где $C_{\rho j}$ – объемная теплоемкость; θ – эффективная температура; $\lambda_j(\theta)$ – эффективная теплопроводность [3].

3. Результаты компьютерного моделирования

Моделирование тепловых изображений исследуемого района (рис. 1), расположенного в населенном пункте Воронеж, будем проводить по его тепловой томограмме (рис. 2), рассчитанной на основе решения коэффициентной обратной задачи теплопроводности путем решения многопараметрической оптимизационной задачи (1), путем численного решения прямой задачи теплопроводности с использованием программного обеспечения, разработанного в среде MATLAB с подключением программного пакета математического моделирования тепловлагопереноса HYDRUS-1D.



Рис. 1. Исследуемый район земной поверхности с расположенными на нем объектами

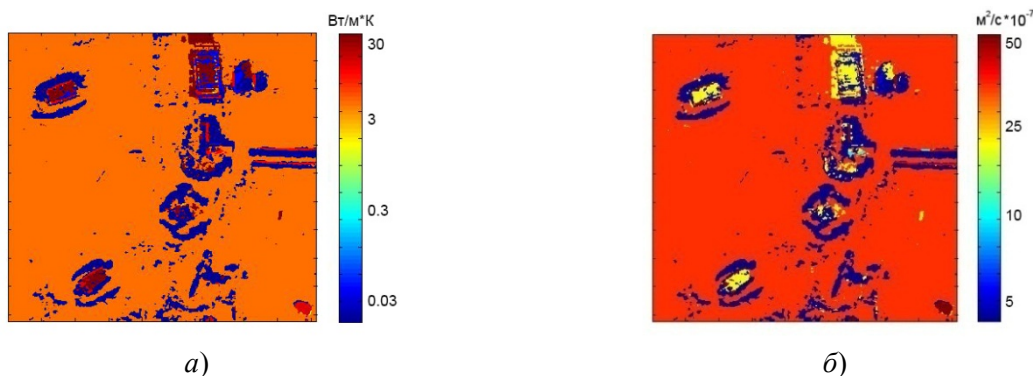
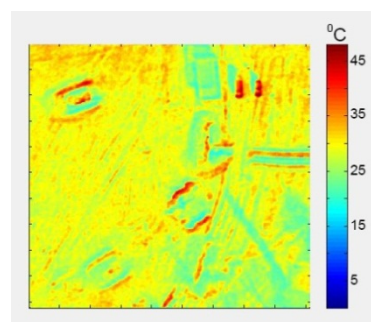
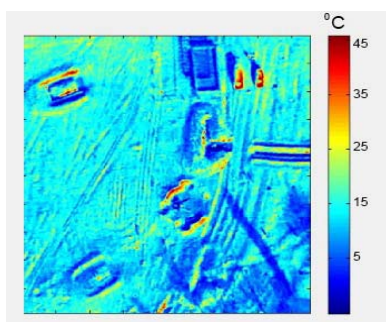


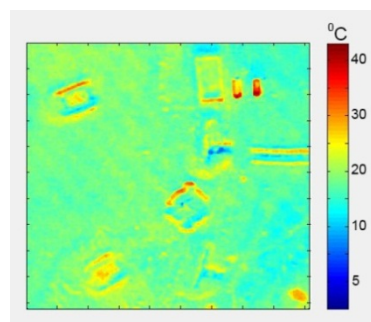
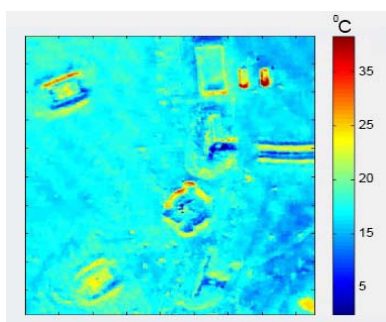
Рис. 2. Тепловые томограммы исследуемого района:

a – по теплопроводности; *б* – по температуропроводности

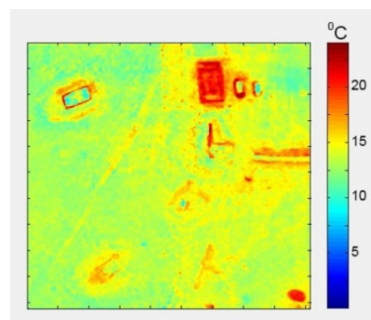
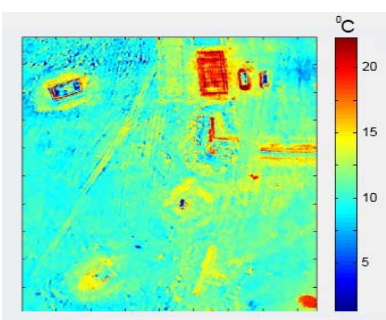
13.10.2018 г. 12.00



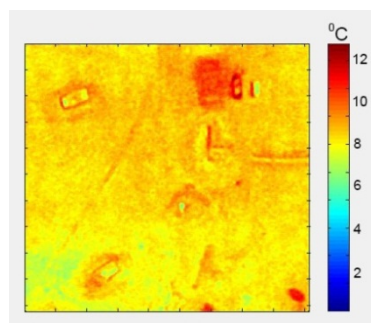
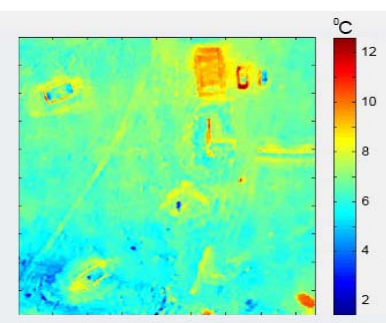
13.10.2018 г. 16.00



13.10.2018 г. 20.00



13.10.2018 г. 22.00



a)

b)

Рис. 3. Эталонные термограммы (a) и температурные изображения (б) исследуемого района для различного времени суток

Результаты моделирования температурных изображений представлены на рис. 3.

Из анализа полученных в ходе математического моделирования тепловых изображений и сравнения их с эталонными термограммами, полученными в ходе ИК-съемки, следует, что относительная погрешность их температурных полей составила не более 10%, что свидетельствует об адекватности используемой математической модели.

Заключение

Произведена постановка задачи построения тепловых изображений на основе тепловых томограмм при различных географических метеорологических и временных условиях. Решение задачи основано на численном решении прямой задачи теплопроводности для параболического уравнения теплопроводности в частных производных. В ходе решения задачи были получены тепловые изображения, сравнение которых с эталонными термограммами свидетельствует об адекватности примененной математической модели.

Список литературы и источников

1. Алгоритм совместной обработки многоспектральных изображений по данным воздушной съемки с беспилотных летательных аппаратов / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, А. А. Долгов, Е. А. Степанов, В. Н. Тяпкин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 10. – Р. 27 – 34.
2. Ищук, И. Н. Способ классификации техногенных объектов на основе построения многослойных тепловых томограмм / И. Н. Ищук, А. А. Долгов // Информационные технологии и нанотехнологии : сб. тр. ИТНТ-2019 V Междунар. конф. и молодежной школы 21 – 24 мая 2019 г. – Т. 2. Обработка изображений и дистанционное зондирование Земли, Р. 610 – 619.
3. Расчет пространственного распределения температурных полей при дистанционном мониторинге поверхности территорий с беспилотного летательного аппарата / И. Н. Ищук, А. А. Долгов, А. А. Бебенин, С. А. Панов // Вестник Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2018. – Т. 11, № 3. – Р. 273 – 279.

И. Н. Ищук, А. М. Филимонов

(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация. Приведен обзор программного обеспечения, предназначенного для обработки динамических инфракрасных изображений, полученных при мониторинге земной поверхности с БПЛА. Представлен его интерфейс и описан порядок работы.

Ключевые слова: программное обеспечение, инфракрасные изображения, БПЛА.

Различные методы обзора поверхности Земли, применяемые при мониторинге земной поверхности с беспилотного летательного аппарата (БПЛА), позволяют обнаружить и классифицировать малозаметные объекты. Наиболее востребованным в настоящее время методом дистанционного обзора земной поверхности является метод однократной воздушной съемки. Ввиду различных причин, таких как плохая освещенность (для видимого диапазона длин волн), низкие контрасты объектов (для инфракрасного (ИК) диапазона длин волн) и др., не всегда удается с первого раза вскрыть необходимые объекты или их детали. В таком случае прибегают к динамической съемке, которая наиболее востребована при ведении аэрофотосъемки в ИК-диапазоне, так как результаты мониторинга содержат информацию о процессах изменения температур на поверхности Земли. В связи с этим возникает необходимость разработки программного обеспечения, позволяющего анализировать эту информацию и представлять ее в удобном виде пользователю. Ключевой возможностью такого программного обеспечения должно являться всестороннее использование свойства избыточной информативности динамических изображений, обусловленное возрастающими возможностями, оптико-электронных систем БПЛА, характеризующихся увеличенной разрешающей способностью и чувствительностью приемных элементов.

Интерфейс программного обеспечения, разработанного для обработки динамических ИК-изображений, приведен на рис. 1.

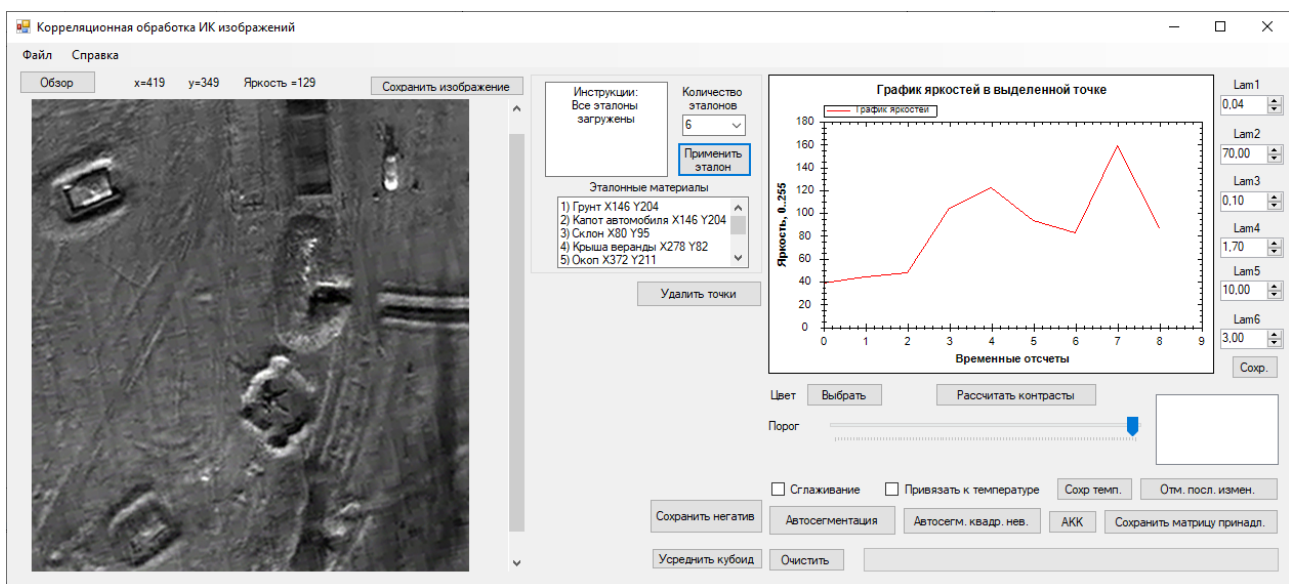


Рис. 1. Интерфейс программного обеспечения

Если исходными данными для обработки в программе являются привязанные к местности ИК-изображения одного участка местности, то программа позволит анализировать динамику изменения температур статистическими методами [1]. Если помимо изображений в программу загрузить информацию о привязке яркостей пикселей каждого ИК-изображения к термодинамическим температурам, а также, если на изображениях присутствуют хотя бы два объекта с известными теплофизическими характеристиками, то программа рассчитает тепловую томограмму [2].

Для анализа динамики изменения температур на поверхности Земли можно использовать статистический подход. В таком подходе области, в которых температура в процессе воздушной съемки изменялась одинаково, можно выделить с использованием корреляционного алгоритма [1], рассчитывающего выборочный коэффициент корреляции согласно выражению (1)

$$r_{m,n} = \frac{\sum_{k=0}^K \left[K_{k,эт.матер.} - m_{эт.матер.}^* \right] \left[K_{k,m,n} - m_{m,n}^* \right]}{\sigma_{эт.матер.}^* \cdot \sigma_{m,n}^* \cdot K}, \quad (2.6)$$

где $m \in [0...M]$, $n \in [0...N]$, $M \times N$ – растр ИК-изображения; k – временные отсчеты; K – общее время ИК-съемки; $K_{k,эт.матер.}$ – яркость (температура) пиксела эталонного материала в k -й момент времени; $K_{k,m,n}$ – яркость (температура) m, n -го пиксела изображения в k -й момент времени.

Для выполнения этой операции необходимо нажать кнопку «Автосегментация». Однако при этом оператор должен самостоятельно указать на одном из ИК-изображений опорные пиксели, контрастирующие друг с другом. Количество таких пикселей оператор выбирает самостоятельно, в зависимости от необходимой детализации областей с одинаковой динамикой изменения яркости.

Результат работы корреляционного алгоритма сегментации приведен на рис. 2.

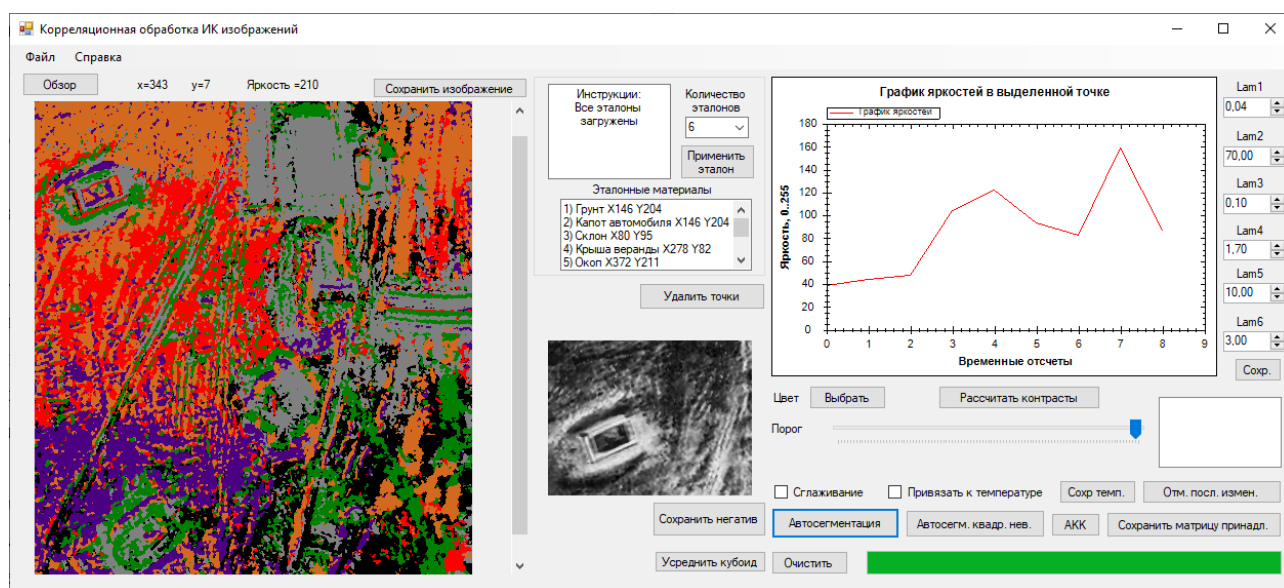


Рис. 2. Результат работы корреляционного алгоритма сегментации

Кроме того, сгруппировать пиксели можно с использованием другого подхода, считающего меру «схожести» динамики изменения яркости по методу наименьших квадратов (МНК). Для выполнения этой операции оператору необходимо нажать кнопку «Автосегм. квадр. нев.», а также аналогично корреляционному способу указать опорные пиксели. Для совместного использования корреляционного метода и МНК имеется кнопка «АКК».

Описанный подход к обнаружению объектов основан на анализе температурных полей, возникновение которых связано с тепловыми процессами на поверхности Земли и не отражает характеристики выделенных областей.

Так как величины тепловых контрастов в значительной степени определяются теплофизическими параметрами материалов, из которых состоят объекты, их размерами, свойствами фона и метеорологическими условиями, в программе предусмотрен другой подход к обнаружению объектов, основанный на расчете значений двумерного распределения теплопроводности материалов. Для его реализации необходимо осуществить переход от пространственного распределения яркостей пикселей к температурным полям. В связи с этим возникает необходимость в дополнительных измерениях, на основе которых значение яркости пикселя будет пересчитано сначала в радиационную температуру, а затем в термодинамическую согласно выражению (2)

$$\begin{cases} T_r^4 = \varepsilon \tilde{T}_{id}^4 + (1 - \varepsilon) T_A^4; \\ \tilde{T} = \tilde{T}_{id} - \tilde{T}_{id \min}, \end{cases} \quad (2)$$

где \tilde{T}_{id} – значение термодинамической температуры поверхности исследуемого участка местности, рассчитанное по данным измерений T_r ТПВП с погрешностью δ_T ; $\tilde{T}_{id \min}$ – минимальное значение термодинамической температуры поверхности исследуемого участка местности; \tilde{T} – избыточная температура поверхности исследуемого участка местности; ε – коэффициент излучательной способности, который рассчитывается для спектрального диапазона, в котором работает тепловизор; T_A – значение температуры окружающей среды.

Для этого в программе необходимо поставить флаг «привязать к температуре». Кроме того, для уточнения результатов расчета пространственного распределения теплофизических параметров необходимо, чтобы в поле зрения ИК-камеры БПЛА попали, минимум, два изотропных объекта с известными значениями теплопроводности. Количество таких объектов и их координаты в программе задаются в поле «эталон», а значения теплопроводности оператору необходимо задать в поле «lamN». Тепловая томограмма автоматически рассчитывается при корректном вводе дополнительных исходных данных. Для сохранения тепловой томограммы необходимо нажать кнопку «Сохранить». Получившийся результат сохраняется в виде матрицы в текстовый документ. Такую матрицу можно представить и в виде изображения, воспользовавшись приложением к разработанной программе.

Таким образом, в разработанном программном обеспечении реализована компьютерная технология поиска объектов на основе данных динамических измерений температурных по-

лей с БПЛА [3]. Программа позволяет осуществлять обнаружение объектов, как статистическими методами, так и по детерминированным свойствам объектов, путем расчета тепловой томограммы. Получение исходных данных для работы программы необходимо осуществлять путем периодических пролетов БПЛА с размещенным на нем тепловизионным приемником, а также проведением метеорологических измерений в районе полетов.

Список литературы и источников

1. Корреляционная обработка кубоида инфракрасных изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. Ч. 2. Метод обработки инфракрасных сигнатур эталонных объектов на основе численного решения нелинейной задачи теплообмена / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, К. В. Постнов, Е. А. Степанов, Д. Д. Дмитриев // Техника и технологии. – 2016. – № 9(3) – С. 376 – 384.

2. Способ классификации стационарных и квазистационарных объектов по данным динамических инфракрасных изображений, получаемых комплексами с беспилотными летательными аппаратами теплообмена / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, К. В. Постнов, Е. А. Степанов // Радиотехника. – 2016. – № 10. – С. 145 – 152.

3. Алгоритм совместной обработки многоспектральных изображений по данными воздушной съемки с беспилотных летательных аппаратов / И. Н. Ищук, А. М. Филимонов, А. А. Долгов, Е. А. Степанов, В. Н. Тяпкин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 10. – С. 27 – 34.

И. В. Князев, Е. М. Овечкина, студенты
кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»,
В. А. Глушков, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»
(Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОРНИТОПТЕРОВ

Аннотация. Посвящена перспективам применения орнитоптеров. Представлены доказательства эффективности орнитоптеров перед другими летательными аппаратами и аргументация того, почему их не используют. Рассматриваются примеры орнитоптеров и их строение.

Ключевые слова: БПЛА, орнитоптер, планер, квадрокоптер, дрон.

Введение

В настоящее время широкое применение получили такие БПЛА, как квадрокоптеры и планеры, чего нельзя сказать про орнитоптеры. Из-за отсутствия достаточных исследований и слабой заинтересованности населения, данные БПЛА только начинают свою эру развития.

Орнитоптер – воздушное судно, тяжелее воздуха, которое поддерживается в полете в основном за счет реакции воздуха с его плоскостями, которым придается маховое движение. В русском языке также распространены синонимы – махолет, птицекрылый летательный аппарат и т.п. [1]

Задача по созданию орнитоптера имеет большое практическое значение, поскольку эффективность этого механизма значительно превосходит эффективность традиционных летательных аппаратов. К примеру, квадрокоптер эффективен при зависании, но не эффективен при горизонтальном перемещении, а планерные летательные аппараты способны к эффективному горизонтальному полету, но не эффективны при зависании.

Орнитоптер бесшумнее, чем квадрокоптер, так как частота взмахов крыльями меньше, чем частота оборотов винта.

Данные доказательства эффективности являются главным стимулом к изучению и воспроизведению полета птиц и насекомых.

Сведения из теории

По различным данным, средняя предельная мощность человека, которую он способен выработать за первые 10 секунд, равна 1,85 л.с., но при дальнейшей работе в течение 1–2 минут мощность падает до 0,5 л.с. Мощность, необходимая птице для полета, составляет до 0,02 л.с. на килограмм веса. Таким образом, человек способен создать подъемную силу в объеме $(1,85/0,02) = 93$ кг. Однако предельных показателей мощности могут достигнуть лишь спортсмены-тяжеловесы, вес которых превышает создаваемую подъемную силу даже без учета веса летательного аппарата. Теоретически, если человек, обладающий весом 75 кг, смог бы выработать предельную мощность, то он смог бы осуществить полет на орнитоптере весом 15 кг за счет лишь мускульной тяги, но такой полет продолжался бы не более нескольких секунд [1].

Из вышеприведенных рассуждений можно сделать вывод, что у человека мало шансов совершить полет, подобно тому, как летают птицы. По этой причине ведутся разработки беспилотного орнитоптера, имеющего меньшую массу и способного совершать более длительные перелеты.

Орнитоптеры похожи на птиц или насекомых, поэтому они имеют схожие составные части, а именно, крылья, туловище и хвост.

Крылья, чаще всего, выполняют из углеродного волокна или эластичных пленок, крепящегося в передней части крыла к пластмассовым элементам, выходящим из корпуса устройства, выполняющих несущую функцию, как и кости у живых птиц. Пластмассовые «кости» соединены с электродвигателем, который вращает два колеса, расположенные внутри «туловища». Вращение трансформируется в поступательное движение за счет шатунов, которыми колеса связаны между собой. Чтобы увеличить скорость маха, птица-дрон может иметь в своей конструкции еще и дополнительные рычаги. Подобная схема позволяет практически полностью копировать движение живого существа. Крылья орнитоптеров могут двигаться вверх, вниз, и поворачиваться вокруг своей оси, что обеспечивает БПЛА максимальную точность. Задняя сужающаяся часть крыла соединена с другим элементом – механизмом поворота. Он оттягивает крыло влево или вправо, из-за чего поток воздуха смещается, и птица поворачивает во время полета. Сам механизм поворота – это тонкие железные пруты, оттягивающие задний конец крыла в нужную сторону.

Хвост может быть сделан из углеродного волокна или эластичных пленок, которые крепятся по краям на выходящие из корпуса пластмассовые элементы. Однако имеется только механическая возможность изменять угол наклона. Чем выше он поднят, тем медленнее птица будет лететь.

Внутри «туловища» дрона могут содержаться следующие электрические компоненты:

- микроконтроллер;
- электродвигатель или два серводвигателя;
- датчик оборотов (драйвер двигателя);
- серводвигатели;
- гироскоп;
- акселерометр;
- компас;
- приемопередатчик;
- аккумулятор;
- антенна;
- камера;
- кривошипно-шатунный механизм.

Рассмотрим некоторые разработки компаний и инженеров-энтузиастов, достигших определенного успеха в создании беспилотных орнитоптеров.

BionicBird

Относительно недавно на рынке появился орнитоптер BionicBird. Устройство разрабатывалось французским энтузиастом и инженером Эдвином Ван Румбеком (Edwin Van Ruymbeke). Одной из важных особенностей устройства, заявленных разработчиком, является то, что

BionicBird похожа на настоящую птицу, и с некоторого расстояния люди принимают ее за живую особь (рис. 1).

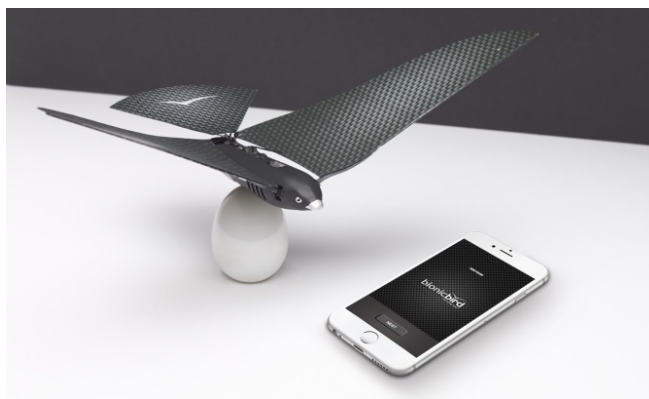


Рис. 1. Орнитоптер BionicBird

Вес BionicBird составляет 9,2 г, а размер – 36,5×21×7,5 см. Птица дрон имеет яйцевидную зарядку, которая выполняет и другую функцию – она служит автономным аккумулятором. Заряженная BionicBird летает только 7,5 минут при средней скорости полета либо 5–6 минут при максимальной, после чего вы фиксируете ее на автономном яйце-аккумуляторе на 12 минут и получаете еще 7,5 минут полета. Полностью заряженный автономный аккумулятор, вмещающий 800 мА·ч, позволяет выполнить примерно 10 подобных циклов. Необходимость такого решения обусловлена стремлением снизить вес птицы.

Управление BionicBird осуществляется по Bluetooth 4 в приложении TheFlyingApp для iOS 7 или выше и Android 4.3 и выше [2].

SmartBird

Инженеры Festo разработали беспилотный летательный аппарат, выполненный по образу и подобию реальной птицы – серебристой чайки. Механическая птица получила название SmartBird (рис. 2).



Рис. 2. Орнитоптер SmartBird

Габариты SmartBird составляют: размах крыла 2 метра и вес 450 грамм. Это превосходит размеры настоящей чайки, а при полете она машет крыльями, как и ее природный прототип. При этом, машина не только собственно летает, она, к тому же, обучена самостоятельному взлету и приземлению. А управление роботами осуществляется с помощью обыкновенного смартфона – надо лишь наклонить его в ту или иную сторону [3].



**Рис. 3. Орнитооптер
EmotionButterflies**

EmotionButterflies

На проходившей недавно выставке немецкая компания Festo представила на выставке HannoverMesse интересную новинку – роботы-бабочки EmotionButterflies (рис. 3).

Немцы создали целую стаю мини-роботов, которых издали невозможно отличить от обычных насекомых. Бабочки летают автономно, при помощи независимо управляемых крыльев, что позволяет им летать по заранее запрограммированным маршрутам. Благодаря расставленным по

периметру полета GPS-датчикам, а также 10 высокоскоростным (160 кадров в секунду) инфракрасным камерам, они могут ориентироваться в пространстве и избегать препятствий. На брюхе каждого робота имеется инфракрасный маркер. EmotionButterflies отслеживают движения друг друга и не сталкиваются в воздухе.

Частота взмаха крыльев бабочек EmotionButterfly может составлять от 1 до 2 Гц. За счет этого они способны преодолевать расстояния до 2,5 метров в секунду. Время полета робота-бабочки составляет около 4 минут, после чего требуется подзарядка их батареи, около 15 минут.

Весит такая бабочка всего лишь 32 грамма. Размах крыльев может достигать 50 см [4].

Вывод

Используя все собранные данные, можно сделать вывод, что перспектива применения орнитооптеров такая же яркая, как сейчас у квадрокоптеров и планеров, но по сравнению с ними орнитооптер обладает большей эффективностью.

Спасатели МЧС могут использовать орнитооптеры для разведки местности и при проведении спасательных операций. Также беспилотники используются фотоаппаратами для аэро съемок. С помощью орнитооптеров можно отпугивать мелких птиц на аэродромах. Только в этом случае, орнитооптер должен обладать внушительными размерами, быть радиоуправляемым и на нем должно быть установлено специальное отпугивающее звуковое устройство. Орнитооптеры нашли применение в военной разведке для скрытого наблюдения и обнаружения токсичных веществ и т.д.

Сфера применения орнитооптеров очень обширна, но их не используют, поскольку данная отрасль производства находится на стадии разработки.

Список литературы и источников

1. Орнитооптеры [Электронный ресурс]. – URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Орнитооптер> (дата обращения: 11.02.2019)
2. Обзор дрона BionicBird: летающий робот [Электронный ресурс]. – URL : <https://3dnews.ru/918210> (дата обращения: 18.02.2019)
3. Компания Festo научила роботов летать: BionicOpter и SmartBird [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.techcult.ru/robots/1439-kompaniya-festo-nauchila-robotov-letat-bionicopter-i-smartbird> (дата обращения: 13.02.2019)
4. EmotionButterflies. Сверхлегкие летающие объекты с коллективным поведением [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.festo.com/group/en/cms/10216.htm> (дата обращения: 17.02.2019)

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-48-480001
«Разработка, исследование и оптимизация энергосберегающих электротехнических
и электроприводных автоматизированных комплексов для плазменных,
электрометаллошлаковых и индукционных технологий и агрегатов»*

А. В. Кокорев, аспирант,
В. Н. Мещеряков, д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой электропривода
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА ЧЕТЫРЕХКЛЕТЕВОМ СТАНЕ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Аннотация. Описываются общие характеристики четырехклетевого стана холодной прокатки и преимущества матричного преобразователя частоты. Для повышения энергоэффективности различных агрегатов в прокатке металла предполагается замена традиционных преобразователей частоты на матричные преобразователи частоты, управляемые по законам релейного управления.

Ключевые слова: матричный преобразователь частоты, четырехклетевой стан холодной прокатки, релейное управление.

Развитие и совершенствование систем АСУ ТП в металлургическом производстве связано как с развитием и усложнением самих металлургических машин и реализуемых на них технологических процессов, так и с развитием близких и взаимосвязанных отраслей промышленности, прежде всего, приборостроения, техники электроприводов, электронной и вычислительной техники.

Революционные изменения, которые произошли за последние десятилетия в области микроэлектроники, структуре средств вычислительной техники и информационных технологий, привели к смене управления систем управления во всех сферах промышленности и в частности, металлургии. Прогресс в области электротехники микропроцессорной техники, вычислительных систем, структур информационных сетей существенным образом поменял как подходы к проектированию систем управления сложными производственными механизмами и агрегатами, так и их элементную базу: замена простейших элементов на более сложные многосоставные компоненты. Современные АСУТП базируются по модульному принципу на базе унифицированных или типовых аппаратных и программных средств вычислительной техники и объединяют функции технологической подготовки производства, управления технологическими комплексами и отдельными агрегатами, графического представления оперативной информации или Scada-системы, работы с большими базами данных (BigData) и численного анализа на основе сложных математических моделей в реальном времени.

Вычислительные сети передачи данных обеспечивают многоуровневый доступ к системам АСУТП и объектам управления со стороны операторов технологических машин (операторы постов управления), технического (обслуживающего и экспертного и управленческого персонала).

Все перечисленное создало предпосылки к разработке принципиально новых и коренной модернизации существующих систем управления металлургическими агрегатами и механизмами. Системы управления современных прокатных станов обеспечивают:

- максимальную эксплуатационную готовность всех механизмов, входящих в состав стана;
- повышение производительности за счет рационального и оптимального согласования различных технологических операций;
- максимальную технологическую гибкость прокатного оборудования и минимальную длительность его наладки.

Современный высокомеханизированный и автоматизированный прокатный стан создается и эксплуатируется при тесном взаимодействии технологического персонала и инженеров-механиков, специалистов по электроприводу, автоматическим системам управлению, специалистов по метрологическим измерениям, компьютерным системам и ИТ-специалистов, экономистов и специалистов других профилей. В этих условиях специалисты должны располагать знаниями, обеспечивающими возможность их совместной продуктивной работы

Перечислим основные достоинства матричных преобразователей частоты и те преимущества, которые они дают.

- Возможность рекуперации активной энергии без помощи дополнительных устройств.
- МПЧ могут работать с большими напряжениями/токами, что наиболее важно в мощных приводах на среднее напряжение, которые наиболее распространены на прокатных станах.
- Более высокие динамические характеристики, включая реакцию на скачок напряжения и пиковую нагрузку.
- Высокие значения коэффициента полезной нагрузки (98%) и коэффициента мощности (0,95).

Нагрузка электродвигателя при этом не влияет на коэффициент мощности привода (рис. 2). Таким образом, что даже без использования режима рекуперации матричные преобразователи частоты обеспечивают бóльшую экономию энергии, чем классические преобразователи частоты.

- Значительное снижение входных гармонических искажений. При применении классического преобразователя частоты возникают постоянные два пика тока в фазе на выпрямителе от шины постоянного тока. Эти пики приводят к гармоническим искажениям входного синусоидального тока, достигающим порядка 80 – 85%. Ток матричного преобразователя почти синусоидальный и во время работы (под нагрузкой) почти совпадает с фазой напряжения. Во время рекуперации ток сдвинут на 180°, но имеет синусоидальную форму. Это приводит к гармоническим искажениям только на 8 – 10%.

Так как в обычном преобразователе частоты инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное, то оно формируется широтно-импульсной модуляцией с последующим сглаживанием, что очень негативно воздействует как на приводной двигатель и управляемый механизм, так и на остальных потребителей электроэнергии, подключенных в общую сеть, и тем самым ухудшает сигнал передачи. В матричном преобразователе создается непосредственно синусоида, вследствие чего улучшается чистота выходного сигнала относительно классических преобразователей частоты, а это повышает срок службы электродвигателя и позволяет увеличить расстояние между ним и преобразователем частоты без использования дополнительных выходных синусоидальных фильтров.

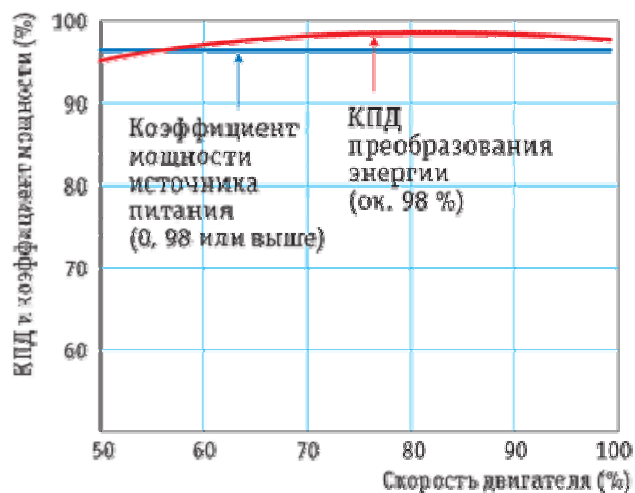


Рис. 1. Зависимость КПД и коэффициента мощности от скорости

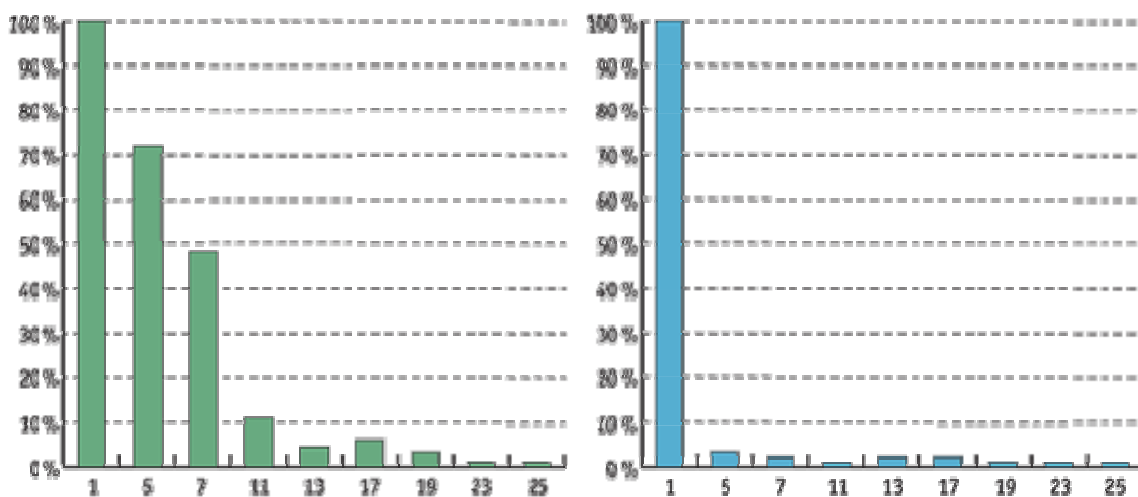


Рис. 2. Спектр гармоник для классического (выпрямитель-инвертор) ПЧ (слева) и для матричного ПЧ (справа)

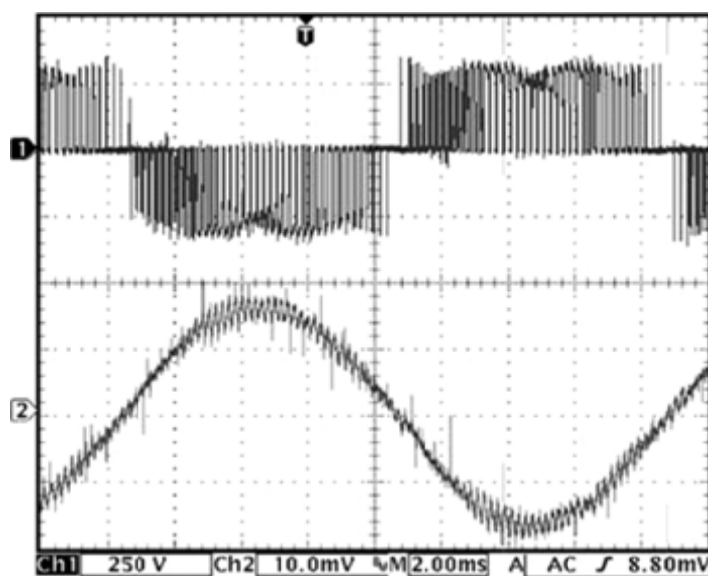


Рис. 3. Графики выходного напряжения (верхний) и тока (нижний) матричного преобразователя частоты

Список литературы и источников

1. Бирзник, Л. Полупроводниковые преобразователи / Л. Бирзник. – М. : Энергия, 1967.
2. Бар, В. И. Основы преобразовательной техники : курс лекций / В. И. Бар. – Тольятти, 2005.
3. Коновалов, Б. И. Основы преобразовательной техники : учебное пособие / Б. И. Коновалов. – 2007.
4. Бурков, А. Т. Электронная техника и преобразователи : учебник для вузов / А. Т. Бурков. – 1999.
5. Зиновьев, Г. С. Основы силовой электроники : учебное пособие / Г. С. Зиновьев. – 2003.

К. Н. Коновалова, магистрант кафедры «Биомедицинская техника»,
Т. А. Фролова, канд. техн. наук, доцент,
преподаватель кафедры «Биомедицинская техника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИННОВАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

Аннотация. Представлена информационная модель изделия медицинской техники – аппарата искусственной вентиляции легких на языке UML.

Ключевые слова: искусственная вентиляция легких, информационная модель, UML, инновация.

Искусственная вентиляция легких – это способы обмена воздуха между легкими и окружающей средой. ИВЛ требуется тогда, когда собственная вентиляция (спонтанная) прекращается или оказывается недостаточной.

В настоящее время аппараты искусственной вентиляции легких имеют максимальную синхронизацию с респираторным состоянием пациента. Они автоматически управляются по линиям обратной связи с его организмом. Электронный блок аппарата искусственной вентиляции легких фиксирует управляющие сигналы из дыхательного центра продолговатого мозга. Они идут к диафрагме по диафрагмальному нерву и регистрируются датчиками аппарата ИВЛ высокой чувствительности, располагаем и в области кардии (сфинктера, отделяющего пищевод от желудка).

Для создания информационной модели аппарата ИВЛ будем использовать программу StarUML, которая поддерживает язык UML. Среда разработки StarUML превосходно настраивается в соответствии с требованиями пользователя и имеет высокую степень расширяемости, особенно в области своих функциональных возможностей. Было рассмотрено 20 технических заданий на закупку аппаратов ИВЛ, на основании которых была разработана информационная модель ИМТ – аппаратов ИВЛ на языке UML.

В отношении композиции с классом «Область применения» состоят классы «Основные характеристики», «Технические характеристики», «Тревожная сигнализация», «Эксплуатационные характеристики», «Требования к электропитанию и аккумулятору», «Габариты» и пакеты классов «Работа аппарата», «Конструкция аппарата».

Проведен патентный анализ и анализ статей в поисковой системе Scopus по теме исследования, на основании чего представленная на рис. 1 UML-модель дополнена инновациями.

На представленной модели пометка «Инновация Р» соответствует инновационным параметрам, найденным с помощью патентного поиска, а пометка «Инновация S» – это инновации согласно статьям, найденным по теме исследования, в поисковой системе Scopus.

Целью инновации «Вентиляционная поддержка у больных раком и ХОБЛ» является повышение эффективности вентиляционной поддержки у больных раком легкого и хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) за счет снижения бронхоспазма и улучшения капиллярно-альвеолярного газообмена.

Целью инновации «Точное дозирование дыхательного объема» является обеспечение точного дозирования дыхательного объема в широком диапазоне (20...2000 мл).

Цель инновации «Возможность использования у пациентов с зеркальным расположением органов» заключается в подаче дыхательного газа и(или) его смеси с анестетиками в дыхательную систему пациента с нормальным расположением внутренних органов – с правым направлением вращения, для пациентов с зеркальным расположением внутренних органов – с левым направлением вращения.

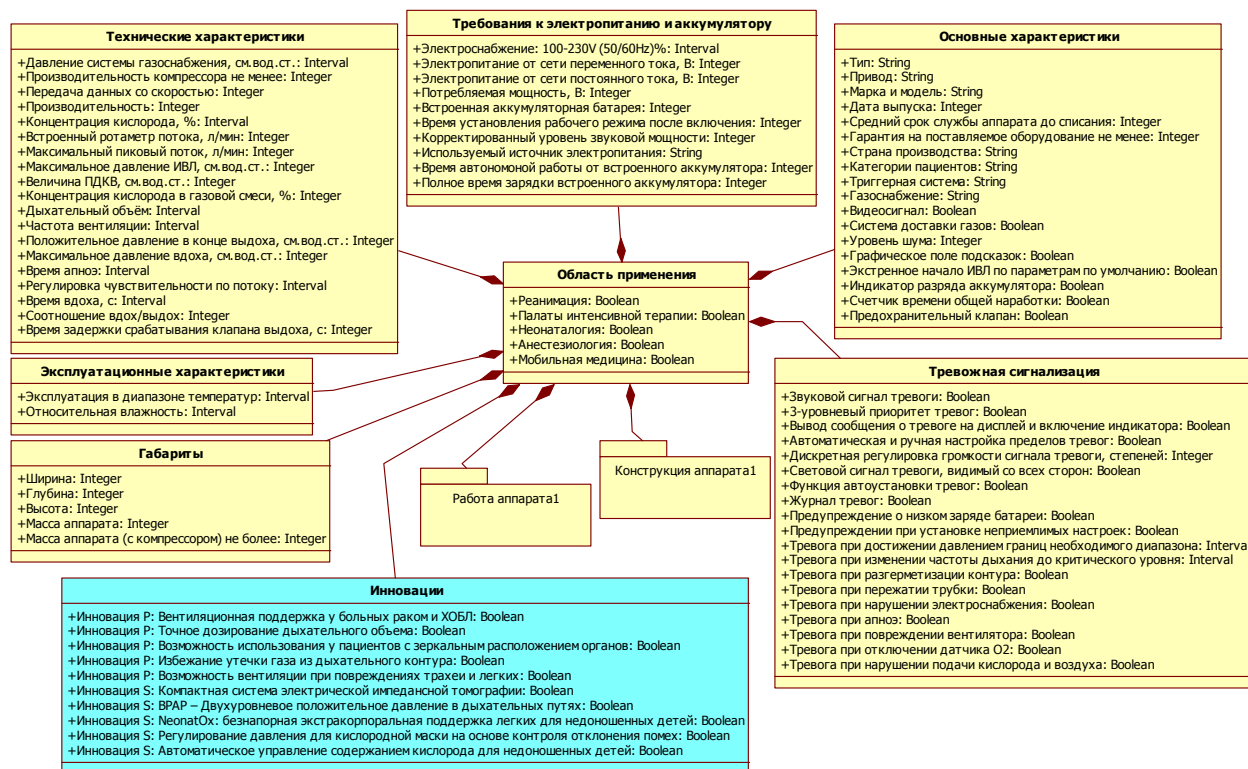


Рис. 1. Информационная модель аппаратов ИВЛ с учетом инноваций

Целью инновации «Избежание утечки газа из дыхательного контура» является автоматическое поддержание постоянного уровня положительного давления конца выдоха (ПДКВ) при ожидании возникновения дыхательной попытки пациента на выдохе.

Целью инновации «Возможность вентиляции при повреждениях трахеи и легких» является обеспечение доступа к дыхательным путям больного при повреждениях трахеи и односторонних повреждениях легких таким образом, чтобы выключить поврежденный участок трахеи из акта дыхания и обеспечить наиболее благоприятные условия для проведения селективной вентиляции легких.

Цель инновации «Компактная система электрической импедансной томографии» заключается в мониторинге вентиляции у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) и у сложных пациентов, перенесших операцию.

Цель инновации «ВРАР – Двухуровневое положительное давление в дыхательных путях» заключается в способности лечить обструктивное апноэ во сне при более низком среднем давлении и может помочь увеличить вентиляцию посредством поддержки давления.

Целью инновации «NeonatOx: безнапорная экстракорпоральная поддержка легких для недоношенных новорожденных» является экстракорпоральная оксигенация недоношенных

новорожденных посредством миниатюрного оксигенатора и адаптированных канюль для использования в качестве экстракорпоральной опоры без насоса, которые связаны с циркуляцией через канюляцию сосудов пуповины.

Целью инновации «Регулирование давления для кислородной маски на основе активного контроля отклонения помех» является безопасное и надежное автоматическое регулирование давления для кислородной маски.

Целью инновации «Моделирование и обратная связь с кислородом для недоношенных детей» является автоматическое управление процентным содержанием кислорода во вдыхаемом воздухе посредством контроллера μ -синтеза.

На основании разработанной модели можно сделать вывод о том, что в будущем будут продолжаться расширяться функциональные возможности аппаратов ИВЛ. К режимам управляемой, вспомогательной и периодической вентиляции и самостоятельного дыхания с постоянно положительным уровнем давления будут добавлены те новые режимы, показания к применению и реализация которых уже установлены и которые не требуют значительного технического усложнения, а именно, поддержки давления и вентиляции с двумя фазами положительного давления.

Список литературы и источников

1. Фролов, С. В. Информационное моделирование медицинского изделия для задач оснащения учреждения здравоохранения медицинской техникой [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 12.03.04 и магистрантов 12.04.04 : в 10 ч. / С. В. Фролов, Т. А. Фролова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018.

2. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

3. Фролова, М. С. Информационное моделирование сложных технических объектов на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // материалы Международной научно-практической конференции «Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн». – Тамбов, 2015. – С. 273 – 278.

А. А. Коробов, инженер кафедры «Биомедицинская техника»,
Н. Э. Алиев, аспирант кафедры «Биомедицинская техника»,
С. В. Фролов, д-р техн. наук, проф. кафедры «Биомедицинская техника»,
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С УЧЕТОМ РЕГУЛЯЦИИ

Аннотация. Рассмотрена проблема современной диагностики кровообращения и необходимость применения математической модели сердечно-сосудистой системы в целях прогнозирования состояния пациента в результате лечебного воздействия. Предложена структура разработанного программно-аппаратного комплекса и описана модель сердечно-сосудистой системы человека.

Ключевые слова: математическая модель, сердечно-сосудистая система, гемодинамика, программно-аппаратный комплекс, система поддержки принятия решений.

При оценке состояния пациента в палате интенсивной терапии, картина, полученная на основе одной лишь характеристики (например, артериальное давление), является односторонней и не отражает действительного состояния пациента. Даже учитывая несколько показателей (например, пред- и постнагрузку, или гиперволемию и спазм резистивных сосудов), произвольный их выбор также может привести к некорректным результатам, что повлияет на правильность принимаемого решения.

Для задач современной диагностики в палатах интенсивной терапии встает вопрос о создании программно-аппаратных комплексов поддержки принятия врачебных решений, базирующихся на математических моделях кровообращения, способных адекватно и в полной мере описать процессы, протекающие в сердечно-сосудистой системе.

На данный момент существует огромное количество моделей сердечно-сосудистой системы, однако в большинстве своем они описывают гемодинамику сердечно-сосудистой системы, игнорируя или лишь частично описывая регуляцию сердечно-сосудистой системы [1]. Исходя из этого, можно выделить два основных недостатка применяемых сегодня на практике программно-аппаратных комплексов: время усреднения показателей выбирается вне зависимости от возможности внешнего воздействия на пациента, а также отсутствие алгоритмов анализа данных в реальном времени непосредственно в ходе лечения.

На кафедре «Биомедицинская техника» ведется разработка математической модели сердечно-сосудистой системы человека с учетом регуляции, в основе которой лежат представления В. А. Лищука [2]. Согласно его представлению, управление сердцем и сосудами происходит посредством многосвязной саморегуляции функциональных систем организма, состоящей из автономных подсистем саморегуляции [3]. Мы рассматриваем регуляцию трех функциональных систем кровообращения – сердечного выброса, тканевого кровотока и артериального давления [4]. Модель рассчитывает объем крови, давление и кровоток в аорте, артериях головы и туловища, капиллярах головы и туловища, венах головы и туловища, правом и левом предсердиях, правом и левом желудочках, легочных артериях, капиллярах и венах.

На разработанной модели базируется программно-аппаратный комплекс, структура которого показана на рис. 1. Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс состоит ди-

агностического прибора – прикроватного монитора, который с помощью своих датчиков снимает показатели состояния сердечно-сосудистой системы пациента. Эти данные поступают на компьютер, где с помощью разработанных алгоритмов находят дополнительные, необходимые показатели. Массив данных поступает на блок вычисления алгоритмов оценки состояния сердечно-сосудистой системы, построенной на основе вышеприведенной модели регуляции, исходя из выходных данных которой, находят наиболее страдающие функции сердечно-сосудистой системы.

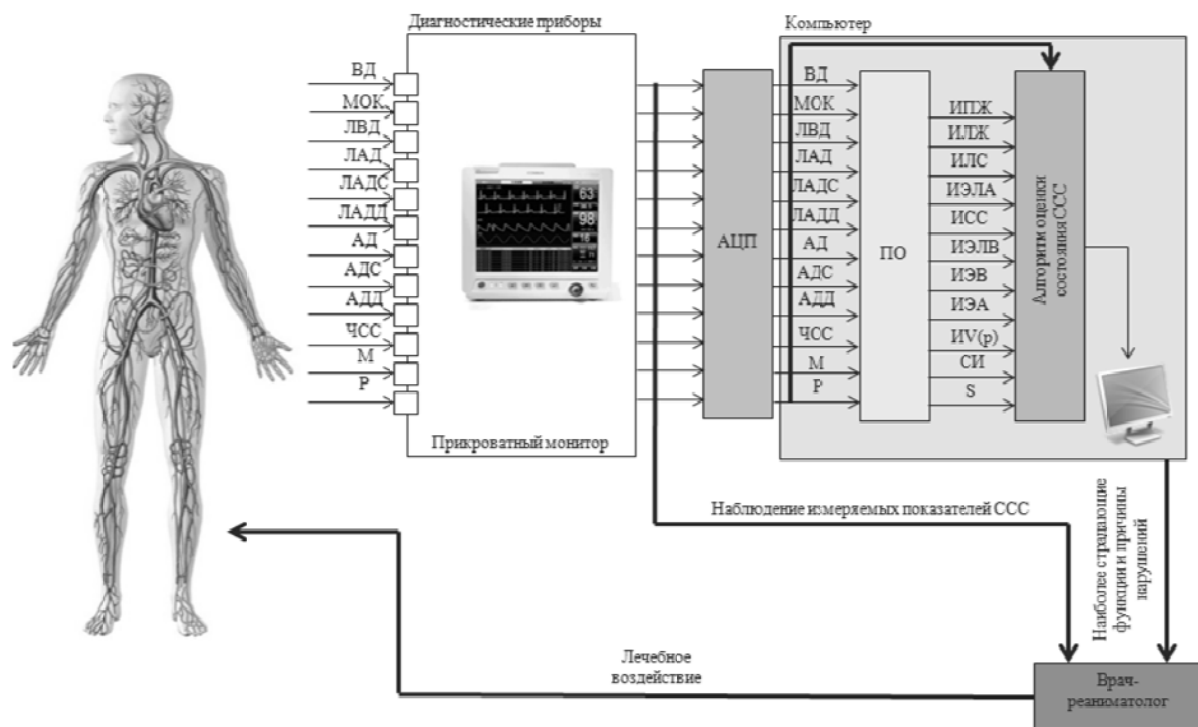


Рис. 1. Структура программно-аппаратного комплекса

Принцип работы программно-аппаратного комплекса следующий: определяются индивидуальные параметры модели сердечно-сосудистой системы, далее находятся параметры, вышедшие за норму. Потом определяются параметры, которые необходимо изменить, чтобы привести эти индексы в норму.

Для описания модели кровообращения нужно иметь представление о клинко-физиологической системе показателей кровообращения, которые соответствуют современному мониторинговому контролю в сердечно-сосудистой хирургии, интенсивной терапии и реанимации, отражающих системно связанные физиологические процессы, обеспечивающие кровообращение, подсистемы и связи, ответственные за нарушения функций. Модель включает показатели для оценки функций (табл. 1): СИ, АД, АДС, АДД, ЛАД, ЛАДС, ВД, ЛВД и для оценки свойств (табл. 2): КЛ, КП, ОПС, ОЛС, ЭА, ЭВ, ЭЛА, ЭЛВ, ОЦК [5].

Функция сердечно-сосудистой системы оценивается в соответствии с возможностями современного клинического контроля следующими показателями: объемной скоростью крови, перфузирующей ткани (общей или в отдельных органах); давлениями или объемами крови в основных резервуарах (артериальном, венозном, легочном артериальном, легочном венозном, полостях сердца).

1. Показатели функций сердечно-сосудистой системы

Показатели функций	Обозначение
Сердечный индекс	СИ
Частота сердечных сокращений	ЧСС
Артериальное давление среднее	АД
Артериальное давление систолическое	АДС
Артериальное давление диастолическое	АДД
Легочное артериальное давление среднее	ЛАД
Легочное артериальное давление систолическое	ЛАДС
Легочное артериальное давление диастолическое	ЛАДД
Венозное давление среднее	ВД
Легочное венозное давление среднее	ЛВД
Левопредсердное давление	ЛПД

Обычно с помощью мониторов в интенсивной терапии (ИТ) контролируются нижеперечисленные показатели, характеризующие сердечно-сосудистую систему, например, ЭКГ отражает процесс возбуждения, сокращения и расслабления мышечных полостей и сердца в целом, на основе чего определяются длительности и соотношения фаз работы сердца, его ритм, вариации ритмической деятельности, хронотропные, гипоксические и ишемические нарушения.

Показатели функции кровообращения существенно более вариабельны, чем показатели свойств. Их величины определяются физическими законами. Тогда как обратные зависимости (свойств от функций; пределах физических отношений и адекватных с точки зрения кровообращения ограничений) не имеют места. При этом нужно учитывать, что опосредованно через контуры регуляции свойства системы кровообращения существенно зависят от функций.

2. Показатели свойства сердечно-сосудистой системы

Показатели свойств	Обозначение
Насосный коэффициент левого желудочка	КЛ
Насосный коэффициент правого желудочка	КП
Общее периферическое сопротивление	ОПС
Общее легочное сосудистое сопротивление	ОЛС
Эластичность артерий	ЭА
Эластичность вен	ЭВ
Эластичность легочных артерий	ЭЛА
Эластичность легочных вен	ЭЛВ
Объем циркулирующей крови	ОЦК

Измеряемыми величинами являются: показатели функций сердечно-сосудистой системы: МОК, ЧСС, АД, АДС, АДД, ЛАД, ЛАДС, ЛАДД, ВД, ЛВД, которые берутся путем инвазивного и(или) неинвазивного измерения у человека, как это было описано выше, и дополнительные показатели: М – масса и Р – рост человека.

Расчетными величинами являются индексы сердечно-сосудистой системы: ИСС, ИПЖ, ИЛЖ, ИЛС, ИЭА, ИЭЛА, ИЭЛВ, ИЭВ, ИV_р; показатель функции ССС: СИ и дополнительный показатель: S – площадь поверхности тела человека.

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс обеспечит возможность проводить детальный алгоритмический анализ и оценку состояния сердечно-сосудистой системы.

Разрабатываемое программно-обеспечение позволит выявить и количественно оценить патологические процессы сердечно-сосудистой системы.

Возможности имитации на модели кровообращения позволят без ущерба пациенту спрогнозировать состояние сердечно-сосудистой системы в результате лечебных воздействий и манипуляций.

Список литературы и источников

1. Подходы к нульмерному моделированию сердечно-сосудистой системы и их использование при оценке мозгового кровообращения / С. В. Фролов, Н. Э. Алиев, А. А. Коробов, С. В. Синдеев // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – № 10. – С. 240 – 248.

2. Лищук, В. А. Математическая теория кровообращения / В. А. Лищук. – М. : Медицина, 1991. – 256 с.

3. Модель сердечно-сосудистой системы, ориентированная на интенсивную терапию / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, Д. Ш. Газизова, В. А. Лищук // Вестник ТГТУ. – 2008. – Т. 14, № 4. – С. 892 – 902.

4. Лищук, В. А. Система закономерностей кровообращения / В. А. Лищук // Клиническая физиология кровообращения. Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева. – 2005. – № 4. – С 14 – 24.

5. Бокерия, Л. А. Лекции по сердечно-сосудистой хирургии. В 2-х т. Т. 1 / Л. А. Бокерия. – М. : Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 1999. – 348 с.

А. А. Коротков, студент, Инженерный институт,
А. Ю. Астапов, канд. техн. наук, доцент кафедры агроинженерии и электротехнологии,
И. П. Криволапов, канд. техн. наук, доцент кафедры технологических процессов
и техносферной безопасности
(ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Мичуринск, Россия)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI НА ОПЫТНОМ ПОЛЕ МИЧУРИНСКОГО ГАУ

Аннотация. Устанавливается взаимосвязь между урожайностью посевов озимой пшеницы с их вегетационным индексом NDVI в условиях Тамбовской области на примере учебно-производственного участка ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ».

Ключевые слова: ДДЗ, аэрофотосъемка, БПЛА, вегетационный индекс, растительность, урожайность.

Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) в сельском хозяйстве связано с инвентаризацией сельхозугодий, обнаружением эрозии почвы, заболачивания. В последние годы большой интерес приобретают исследования, направленные на выявление урожайности сельскохозяйственных культур с данными ДДЗ в различных климатических условиях. Использование космических снимков имеет ряд недостатков, таких как: низкое разрешение, невозможность получения их из-за облаков. Одним из перспективных путей решения получения высокоточных карт является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Для оценки степени развития посевов обычно применяют их вегетационный NDVI, который используется во многих фотометрических приборах для диагностики азотного питания растений. Для этого в фотокамере БПЛА предусмотрена фиксация интенсивности отражения растениями солнечного или индуцированного света в красной (P NIR) и инфракрасной (P RED) областях спектра. Исходя из этого, возникает необходимость проведения исследований по выявлению механизмов и взаимосвязи вегетационного индекса, что позволит получать информацию о продуктивности сельскохозяйственных культур, используя данные с беспилотного летательного аппарата.

В результате проведенных исследований была получена цифровая модель местности (ЦММ) сельхозугодий при помощи специального ПО и фотограмметрической обработки изображений. При наличии ЦММ созданы 3D-модели элементов поля (рис. 1). Аэрофотосъемка сельхозугодий проводилась на территории Мичуринского района, принадлежащей ФГБОУ ВО Мичуринскому ГАУ (рис. 2). После обработки фотоснимков становится отчетливо видна густота растительного покрова, его зеленая фитомасса, общее состояние растительности (рис. 3), появляется возможность вычисления абсолютного значения агроиндекса согласно градуированной шкале для дальнейшего прогнозирования развития посевов.

Таким образом, вегетационный индекс посевов озимой пшеницы, рассчитанный на основе данных дистанционного зондирования, отражает процесс формирования урожая зерна. Среднее значение индекса NDVI на исследуемом поле в 2018 г. составило 0,6 – 0,65, данный показатель довольно информативен для оценки физиологического состояния посевов и прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур.

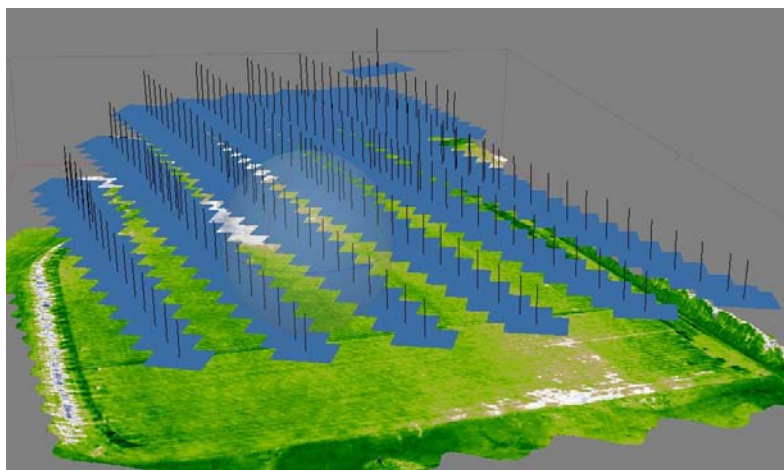


Рис. 1. Цифровая модель местности сельхозугодий, размещение снимков с БПЛА

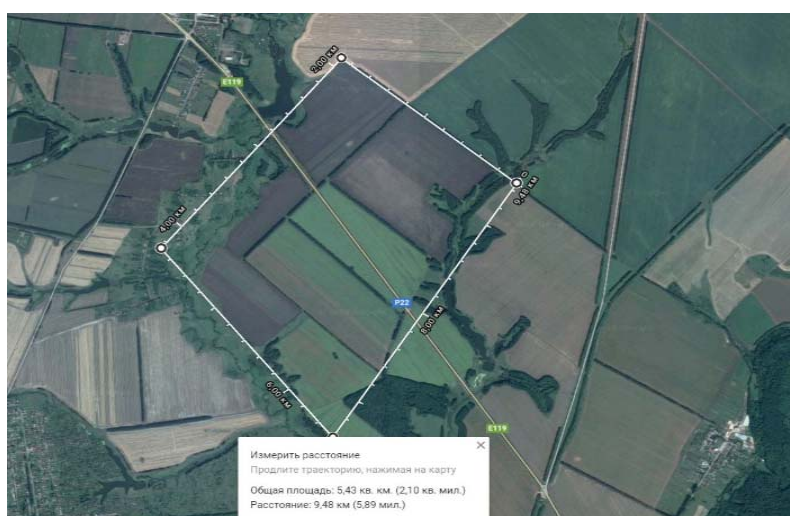


Рис. 2. Зона полетов БПЛА

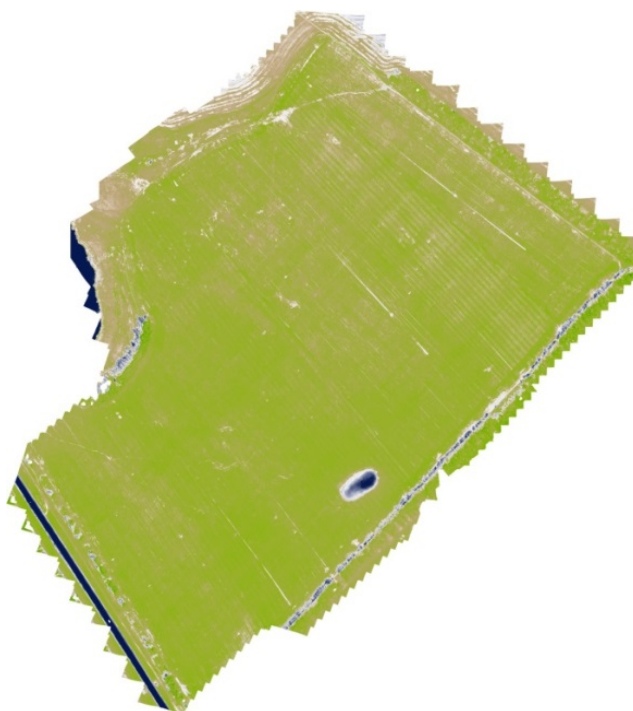


Рис. 3. Качество растительности (индекс NDVI)

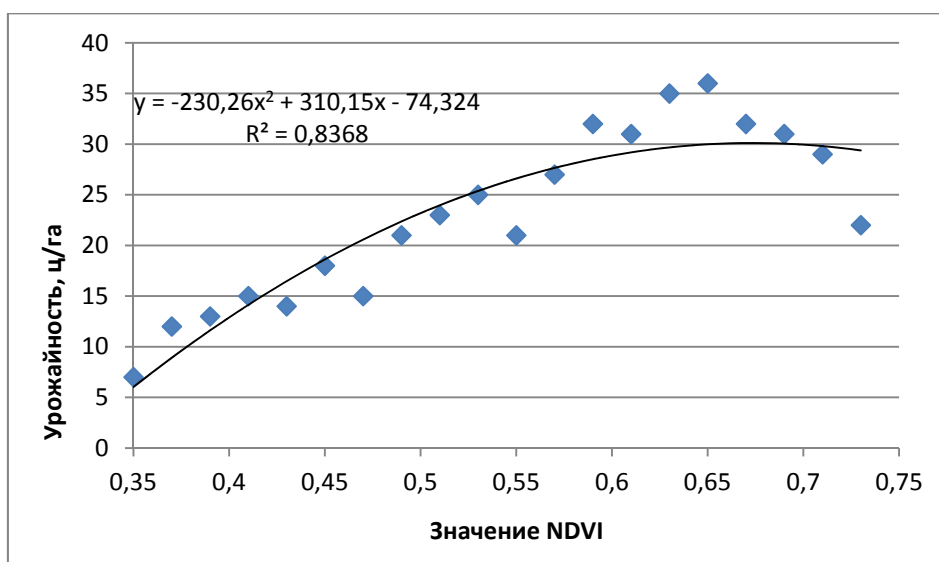


Рис. 4. Регрессионная модель зависимости урожая зерна от NDVI за вегетативно-генеративный период

Были построены регрессионные модели зависимости урожая зерна озимой пшеницы от NDVI за вегетативно-генеративный период (рис. 4). Полученные таким способом модели характеризуются хорошими показателями достоверности: коэффициент аппроксимации полученной модели составил величину, равную 0,83, а коэффициент корреляции – 0,81.

Нами было установлено, что для повышения объективности и оперативности оценки физиологического состояния посевов и контроля процесса формирования урожая растениями озимой пшеницы в производственных условиях необходимо использовать данные дистанционного зондирования Земли (вегетационный индекс NDVI), при этом перспективным является вегетационный фотосинтетический потенциал, который характеризует размер и продолжительность функционирования ассимиляционного аппарата растений, так же выявлено, что для прогноза урожайности озимой пшеницы необходимо использовать такие характеристики динамики вегетационного индекса NDVI, как среднее или максимальное его значения за весенне-летний период. Максимальный NDVI является предпочтительнее из-за более высокой точности прогноза и более раннего времени его составления (колошение).

С. Б. Краюхин, магистрант кафедры
«Уголовное право и прикладная информатика в юриспруденции»,
Е. В. Бурцева, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры
«Уголовное право и прикладная информатика в юриспруденции»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ СУДЕБНОЙ СИСТЕМЫ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ГАРАНТИЯ ДОСТУПНОСТИ ГРАЖДАН К ПРАВОСУДИЮ

Аннотация. Описывается внедрение информационных технологий в судебную деятельность в целях предоставления доступа гражданам для надзора за отправлением судопроизводства.

Ключевые слова: судебная система, электронное правосудие, ГАС «Правосудие», Федеральная программа.

Судебная система Российской Федерации за последнее десятилетие осуществила значительный рывок в развитии своей организационно-правовой базы, что способствовало повышению уровня прозрачности и открытости правосудия. Успеху реформирования судебной системы поспособствовала успешная реализация федеральных целевых программ, начатых в 2002 году и реализуемых в настоящее время.

Данные программы в своем назначении затрагивают ряд актуальных направлений развития судопроизводства, среди которых нормативно-правовое, кадровое, материально-техническое обеспечение судебной системы. Однако особую значимость следует уделить направлению развития информационного обеспечения.

Подобный выбор обусловлен острой потребностью общества в информации обо всех аспектах деятельности судебной системы. Решение вопроса об обеспечении достоверности и повышения уровня доступности информации о деятельности судов непосредственно отразится на доверии граждан к суду и судьям в частности.

Таким образом, основной задачей статьи является анализ информационных инструментов, применяемых в деятельности судебной системы, направленных на повышение прозрачности и доступности судопроизводства.

Основные результаты исследований по этой теме были опубликованы в статьях Курилкиной О. А. «Информационная составляющая деятельности судебной системы в России на современном этапе»; Бухарева А. В. «Обеспечение открытости и прозрачности деятельности судебной системы на современном этапе судебной реформы».

Согласно Постановлению Правительства от 20.11.2001 № 805 была принята Федеральная целевая программа «Развитие судебной системы России» на 2002 – 2006 годы. В ходе ее реализации в направлении развития информационного обеспечения была сформирована основа единого информационно-телекоммуникационного пространства судебной системы в стране. Помимо повышения уровня компьютеризации судов общей юрисдикции и обеспечения их устойчивого подключения к сети Интернет, одним из основных достижений Программы стало создание и начало внедрения Государственной автоматизированной системы «Правосудие» (далее – ГАС «Правосудие»), затрагивающей основные предметные области деятельности судов общей юрисдикции и органов системы Судебного департамента.

Система была представлена в виде 27 подсистем, каждая из которых автоматизировала процесс создания и ведения информации, публикацию сведений, регистрацию входящих, исходящих документов и т.д.

Для граждан особую ценность предоставляет подсистема «интернет-портал ГАС «Правосудие», обеспечивающая представительство всех судов общей юрисдикции в сети Интернет. В частности, данная технология позволила каждому суду на своем web-сайте опубликовать общественно доступную и значимую информацию о своей деятельности: времени работы, контактной информации, организационной структуре, способах обращения в суды т.д. [1, с. 56].

Таким образом, рассматриваемый сервис значительно облегчил процесс взаимодействия граждан с судом и судьями в частности. Постепенно отпала необходимость личного обращения в канцелярию суда с потребностью выяснить сведения о времени и дате судебного заседания, назначенным судьей и сторонам судопроизводства, а также отпала потребность письменного обращения к руководству по всем интересующим вопросам.

В настоящее время каждый на интернет-сайте суда общей юрисдикции при помощи сервиса «Судебное делопроизводство», используя инструменты поиска, может получить сведения: о движении дела; его номере; дате судебного заседания; судьей, в производстве которого находится дело; стонах и предмете судебного разбирательства.

Вкладка «Обращение граждан» позволяет перейти к установленной форме составления обращения. Используя данную функцию, гражданин получает возможность описать проблему, прикрепить необходимые данные и уведомить удобные для него способы предоставления ответа. При этом данный способ значительно экономит время и позволяет без личного обращения в суд получить ценную информацию. Так, за 2018 год на сайты судов общей юрисдикции Тамбовской области поступило 665 обращений.

Возвращаясь к Программе развития судебной системы, следует отметить, что ее успешная реализация дала основание продолжить данное направление развития, поэтому Постановлением Правительства РФ от 21.09.2006 № 583 была утверждена новая программа «Развитие судебной системы России» на 2007 – 2012 годы, которая расширила, качественно совершенствовала и адаптировала применение ГАС «Правосудие» в судебной системе.

Одной из новинок, внедряемых в ходе реализации Программы, стала возможность знакомиться с текстами судебных актов после их принятия, за исключением приговоров, тексты которых размещаются после их вступления в силу, и ряда других исключительных категорий дел.

Так, на портале Государственной автоматизированной системы при помощи вкладки «Поиск судебных актов» появилась возможность просматривать приговоры, постановления и определения судов по всем категориям дел. Открытый доступ к судебной практике значительно повысил уровень прозрачности судебной системы, в частности, позволил проследить логику и мотивировку принимаемых судом решений [2, с. 209].

В целях обеспечения безопасности участников судебного процесса из указных актов исключаются некоторые персональные данные и сведения, составляющие охраняемую законом тайну. Вместо этого используются инициалы и иные обозначения, не позволяющие идентифицировать персональные данные, и при этом не изменять суть разбирательства и принимаемого решения.

Следует отметить, что по состоянию на 25 марта 2019 года система содержит информацию по 106 900 883 делам различной направленности, рассмотренным судами общей юрисдикции Российской Федерации.

В настоящее время реализуется третья по счету целевая федеральная программа, утвержденная Постановлением правительства от 27.12.2012 за № 1406 «Развитие судебной системы России» на 2013 – 2020 годы.

Реализация Программы не только совершенствовала ранее внедренные информационные решения по оптимизации судебной деятельности, но и внесла значительные изменения в процесс обращений граждан в суд, отслеживание хода судебного разбирательства и повышение качества судопроизводства.

С 1 января 2017 года была решена задача по созданию и внедрению процедуры электронного документооборота между судом и участниками судебного разбирательства. Новый сервис стал возможен на сайтах всех федеральных судов общей юрисдикции через портал ГАС «Правосудие». Для этого, при помощи вкладки «Подача процессуальных документов в электронном виде», расположенной на сайте суда, гражданин переходит на портал автоматизированной системы, где, пройдя авторизацию через портал «Госуслуги», либо используя сертификат усиленной квалифицированной электронной подписи, получает доступ к форме для заполнения обращения.

Специальная форма предусматривает загрузку электронных образов документов, заполнение основных полей о суде, номере дела (по необходимости) и способе обращения, после чего сформированное обращение направляется в суд, где регистрируется и учитывается наравне с обращениями, поступившими в бумажной письменной форме.

Так, по состоянию на 31 декабря 2017 года в суды общей юрисдикции Тамбовской области через электронный сервис поступило 1825 обращений. Для сравнения, за 2018 год, через сервис ГАС «Правосудие» поступило 3371 обращение, что на 54,2% больше аналогичного периода предыдущего года. Анализ данных позволяет сделать вывод о позитивной динамике роста востребованности у граждан данного сервиса [3, с. 284].

Подобный результат обусловлен удобством и простотой процедуры отправки обращений, а также значительной экономией времени на их подачу.

Говоря о повышении качества ведения судопроизводства, следует отметить внедрение в суды общей юрисдикции специальных комплексов аудио- и видеофиксации судебного заседания.

Внедряемые системы позволяют фиксировать в видео- и аудиоформате всю процедуру судебного заседания с последующей записью на цифровой носитель аудио- и видеофайла, а также возможностью распознавания текста для составления протокола.

Применение подобных комплексов повышает открытость, доступность и прозрачность деятельности судов, предоставляет дополнительную гарантию права граждан на качественное рассмотрение судом дел и предотвращает ошибки при составлении протоколов судебных заседаний.

Рассматривая новые системы отслеживания хода судебного разбирательства, следует выделить сервис извещения участников судопроизводства путем SMS-сообщений, применяемый как альтернатива почтовым уведомлениям.

Подобная процедура построена на принципе интеграции системы SMS-извещений в базу данных суда. Текст сообщений формируется программой на основе сведений о времени

рассмотрения дела и контактов абонента, содержащихся в базе данных суда. Программа рассылает сообщения адресатам, а после отправляет сообщение на единый для судов области сервер оповещения, который в автоматическом режиме отправляет в суд отчеты о доставке сообщения. Данные отчетов также автоматически импортируются в базу данных.

Поскольку мобильные телефоны стали неотъемлемой частью нашей жизни, и возможность связи с конкретным лицом становится удобнее через мобильную сеть, применение данного сервиса SMS-оповещения эффективно способствует информированию участников судопроизводства.

В 2017 году SMS-оповещения были направлены 7592 гражданам, за 2018 год SMS-уведомлениями были оповещены порядка 9 130 человек по делам, рассматриваемым в судах общей юрисдикции Тамбовской области. Преимущественно использование данного сервиса приходится на городские суды, однако с каждым годом популярность применения SMS-уведомлений увеличивается.

Таким образом, деятельность судебной системы ориентирована сегодня на создание системы «электронного правосудия», что способствует достижению открытости, доступности и удобства для участников судебного процесса. К основным рекомендациям следует отнести дальнейшее совершенствование судебной системы, и в перспективе наметить ключевые задачи по модернизации программно-аппаратной среды судов, внедрению современной инженерной инфраструктуры на базе «облачных» технологий, центров обработки данных и широкополосных каналов связи, развитие механизмов сквозного юридически значимого электронного документооборота. Что, несомненно, улучшит условия взаимодействия граждан с судами.

Список литературы и источников

1. Бурцева, Е. В. Информационные технологии в юриспруденции : учеб. пособие / Е. В. Бурцева, А. В. Селезнев, В. Н. Чернышов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 104 с.
2. Бухарев, А. В. Обеспечение открытости и прозрачности деятельности судебной системы на современном этапе судебной реформы / А. В. Бухарев // Вестник Костромского государственного университета. – 2015. – № 3. – С. 207 – 210.
3. Курилкина, О. А. Информационная составляющая деятельности судебной системы в России на современном этапе / О. А. Курилкина // Гуманитарные науки. – 2017. – № 2. – С. 283 – 285.

ОЦЕНКА УГРОЗ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА В БОЛЬШИХ СИСТЕМАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Посвящена оценке угроз несанкционированного доступа (НСД) в больших системах специального назначения. Излагается системный подход для решения задач по оценке угроз информационной безопасности с учетом руководящих документов Федеральной службы по техническому и экспортному контролю России, а также приводятся научные задачи для оценки угроз несанкционированного доступа и схема исследований.

Ключевые слова: угрозы несанкционированного доступа, системы специального назначения, системный подход.

Введение

В настоящее время Федеральной службой по техническому и экспортному контролю России разработана методика определения угроз безопасности информации в информационных системах [1]. Однако для определения надежной структуры системы защиты информации от несанкционированного доступа к информации в больших системах специального назначения необходимо осуществить анализ методов, моделей и алгоритмов, позволяющих оценивать угрозы несанкционированного доступа в соответствии с требованиями руководящих документов ФСТЭК России [1].

Сравнительный анализ методов для оценки угроз несанкционированного доступа в больших системах специального назначения

В работе [2] показаны 207 угроз, 18213 уязвимостей, документы и термины.

Исходя из этого, целесообразно представить информационную безопасность в схематичном виде на рис. 1.

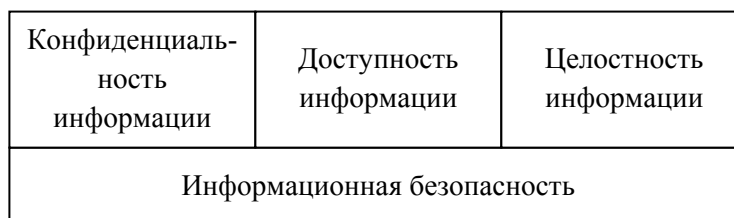


Рис. 1. Схематичное представление информационной безопасности

В работе [3] авторами предложены результаты моделирования воздействия на системы защиты информации (СЗИ) одной внутренней угрозы, двух внутренних зависимых и независимых угроз, суть которых заключается в экспоненциальной функциональной зависимости вероятности благополучного исхода защиты информации от воздействия угроз, показанных на рис. 2.

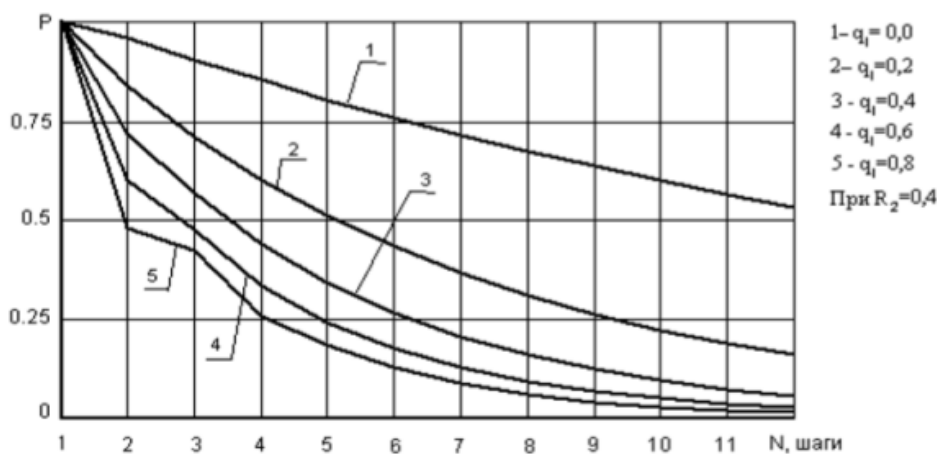


Рис. 2. Зависимости вероятности благополучного исхода защиты информации от воздействия угроз [3]

В публикациях [4, 5] авторы статьи предлагают модели угроз и защиты от НСД на примере КСА объектов автоматизированных систем и метод формализации процесса НСД с применением аппарата сетей Петри. В работе [6] авторы предлагают решение вопросов, связанных с обработкой информации с учетом неопределенности результатов экспертной оценки, а в работе [7] они предложили метод моделирования динамики реализации угроз НСД к информации с применением математического аппарата сетей Петри–Маркова и предоставили зависимость вероятности реализации угрозы от времени при отсутствии мер защиты (рис. 3).

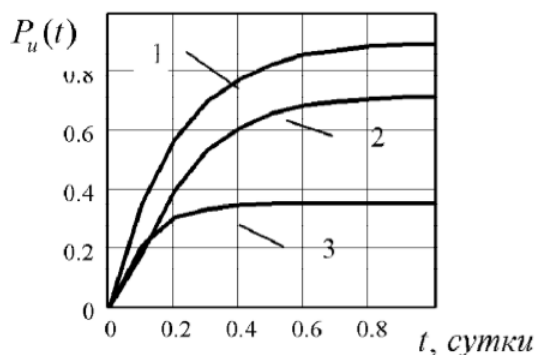


Рис. 3. Зависимость вероятности реализации угрозы от времени [7]

В публикациях [8 – 17] авторами применены методы оценки решения задач защиты информации в условиях неполноты априорных сведений. В данных работах определения информационной безопасности связаны на структурном уровне и представлены модели с применением методов оценки устойчивости взаимодействия процессов систем защиты информации по Ляпунову и систем «Злоумышленник». Представлены результаты их решения на основе предложенных ими моделей. Кроме того, предложены методы снижения априорной неопределенности при решении задач оценки информационной безопасности.

Использование методов пороговых оценок в условиях комбинирования корреляционного и энтропийного математического аппарата представлено в публикациях [18, 19]. Тем не менее, авторами не выполнялись исследования, направленные на реализацию оценки угроз несанкционированного доступа в информационных системах специального назначения.

Вследствие этого предлагается следующая схема исследований применительно к существующей научной задаче в рамках оценки угроз несанкционированного доступа в информационных системах специального назначения с учетом возможности решения задач в условиях априорной неопределенности взаимодействия процессов системы защиты информации и системы несанкционированного доступа, которая представлена на рис. 4.

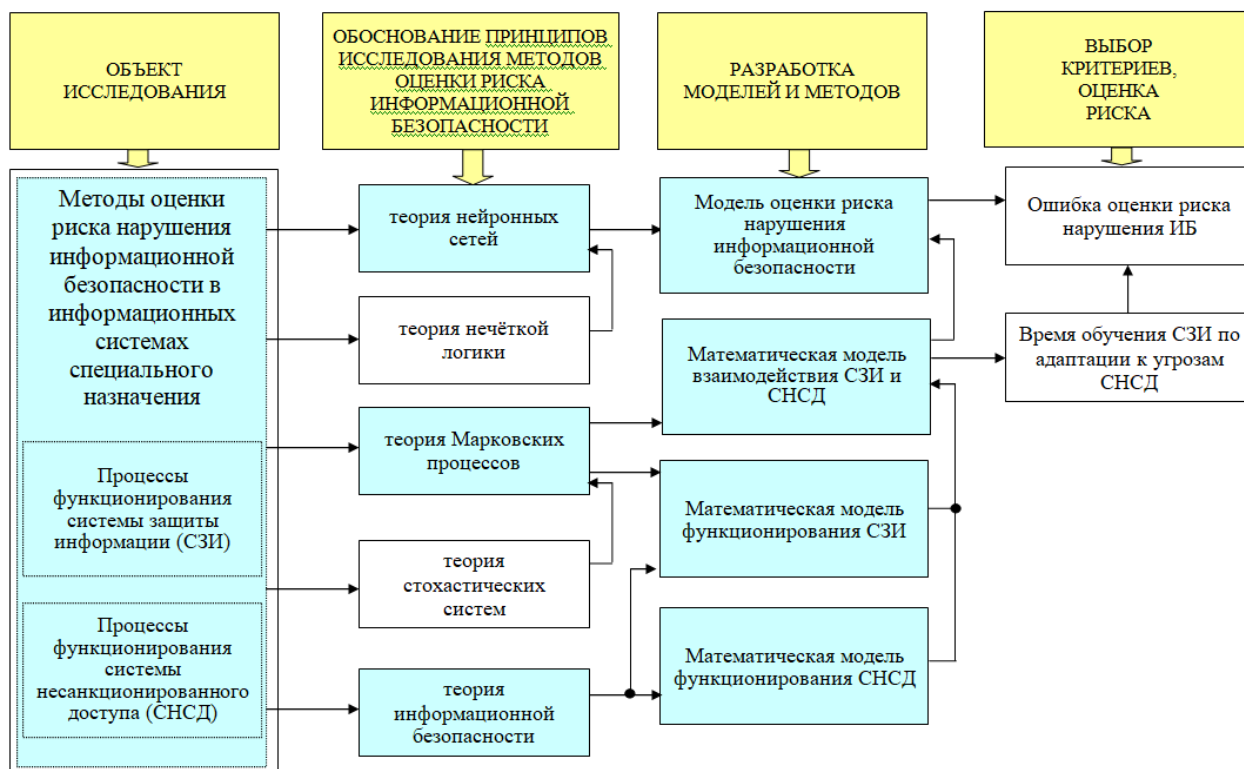


Рис. 4. Схема исследований методов оценки риска нарушения информационной безопасности в больших системах специального назначения

Заключение

Таким образом, в ходе проведенных исследований представлены 207 угроз безопасности информации, осуществлен анализ методов оценки информационной безопасности с использованием математического аппарата стохастических систем, Марковских процессов, сетей Петри, сетей Петри–Маркова и нечеткой логики.

На основе приведенного анализа предложена схема исследований для оценки риска нарушения информационной безопасности в информационных системах специального назначения, где выделен объект исследования, теоретические предпосылки решения научной задачи, а также модели и методы, необходимые для достижения поставленной цели исследования. Так же на схеме показаны структурные взаимодействия между разрабатываемыми моделями, позволяющими оценить риск нарушения информационной безопасности.

Список литературы и источников

1. Язов, Ю. К. Метод формализации процесса несанкционированного доступа в информационных системах, построенных с использованием средств виртуализации, основанный на математическом аппарате сетей Петри / Ю. К. Язов, А. Л. Сердечный, А. В. Бабурин // Информация и безопасность. – 2013. – Т. 16, № 4. – С. 518 – 521.

2. Язов, Ю. К. Моделирование динамики реализации угроз несанкционированного доступа к информации в компьютерных системах на основе аппарата сетей Петри–Маркова / Ю. К. Язов, А. П. Панфилов // *Информация и безопасность*. – 2006. – Т. 9, № 1. – С. 117 – 123.
3. Зубрицкий, П. Ю. Информационное обеспечение для оценки пороговых значений в распознавании релевантных свойств информационных объектов в условиях априорной неопределенности / П. Ю. Зубрицкий, В. В. Лавлинский // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. – 2011. – Т. 7, № 6. – С. 209 – 214.
4. Зубрицкий, П. Ю. Один из подходов в распознавании системой защиты информации объектов в условиях неполноты априорных сведений / П. Ю. Зубрицкий, В. В. Лавлинский, А. А. Токарев // *Инженерная физика*. – 2010. – № 3. – С. 21 – 25.
5. Системы защиты информации и «проникновения», их взаимодействие / В. В. Лавлинский, Д. В. Сысоев, О. В. Чурко, А. А. Мицель // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. – 2007. – Т. 2. – С. 15 – 17.
6. Построение топологического пространства взаимодействия системы защиты информации с внешней средой / В. В. Лавлинский, Д. В. Сысоев, О. В. Чурко, Н. Т. Югов // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. – 2007. – Т. 2. – С. 29 – 33.
7. Лавлинский, В. В. Метод определения распознавания системой защиты информации объектов воздействия в условиях неполноты априорных сведений о них / В. В. Лавлинский, О. В. Чурко // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2008. – № 3. – С. 35 – 45.
8. Лавлинский, В. В. Модель выявления закономерностей преодоления средств защиты информации / В. В. Лавлинский, В. В. Сысоев // *Информационные технологии и вычислительные системы*. – 2001. – № 4. – С. 78 – 81.
9. Лавлинский, В. В. Моделирование взаимодействия систем защиты информации вычислительных сетей с внешней средой / В. В. Лавлинский, Ю. С. Сербулов, Д. В. Сысоев // *Воронеж*. – 2004. – 154 с.
10. Глазун, М. С. Модель для оценки защищенности информационных ресурсов, ориентированных на человекомашинные взаимодействия / М. С. Глазун, В. В. Лавлинский // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2010. – № 6. – С. 5 – 10.
11. Волков, А. В. Анализ моделей политик безопасности в условиях внешних и внутренних угроз хищения, разрушения, модификации информации / А. В. Волков, В. В. Лавлинский, О. В. Чурко // *Вестник Воронежского института высоких технологий*. – 2008. – № 3. – С. 33 – 35.
12. Лавлинский, В. В. Моделирование взаимодействия систем защиты информации вычислительных сетей с внешней средой : дис. ... канд. техн. наук. / В. В. Лавлинский. – Воронеж, 2002. – 154 с.
13. Зубрицкий, П. Ю. Анализ существующих стеганографических методов сокрытия информации в файлах компьютерных сетей / П. Ю. Зубрицкий, В. В. Лавлинский // *Инженерная физика*. – 2010. – № 4. – С. 44 – 47.
14. Зубрицкий, П. Ю. Модель оценки пороговых значений для распознавания релевантных свойств информационных объектов, получаемых на основе методов стеганографии / П. Ю. Зубрицкий, В. В. Лавлинский // *Моделирование систем и информационные технологии* сборник научных трудов. Министерство образования Российской Федерации, редкол.: Львович И. Я. (гл. ред.) и др. – Воронеж, 2011. – С. 35 – 38.

КРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТОКОВ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ КАК БОЛЬШИХ СИСТЕМ

Аннотация. Посвящена результатам исследования речевых сигналов, имеющих одинаковую последовательность слов, но произносимых с разной интонацией. Приводится процесс определения критерия выявления закономерностей в информационных потоках речевых сигналов как больших систем.

Ключевые слова: речевые сигналы, критерий выявления закономерностей, информационные потоки.

Введение

В настоящее время исследованию информационных потоков принадлежит не так уж много работ. Это связано с тем, что, как правило, данные исследования должны проводиться как с точки зрения изучения лингвистических основ языка, так и с точки зрения знания физических параметров речевых сигналов. Ввиду этого данные исследования должны проводиться на основе методов, используемых как в лингвистике, так и на основе методов преобразований сигналов и оценки их характеристик.

Довольно сложно осуществлять исследование физических характеристик речевых сигналов, имеющих различные смысловые значения [1 – 22]. Тем не менее, в русском языке имеются фразы, состоящие из одной и той же последовательности абсолютно одинаковых слов, но при этом смысл самой фразы может быть преобразован на противоположный из-за смены интонации произносимой последовательности. Одним из наиболее ярких и наглядных примеров, известных с ранних пор, является фраза «Казнить нельзя помиловать».

Данная фраза может быть произнесена с различными паузами между словами, которые меняют в корне ее смысл. Так, если пауза формируется в речи между первым и вторым словом: «Казнить, нельзя помиловать», то смысл фразы сводится к необходимости казнить кого-либо. А если пауза формируется в речи между вторым и третьим словом: «Казнить нельзя, помиловать», то смысл фразы сводится к необходимости помиловать кого-либо.

Таким образом, исследованию характеристик формируемых речевых сигналов такого рода и выявлению закономерностей в информационных потоках речевых сигналов посвящена данная работа.

Критерий выявления закономерностей в информационных потоках речевых сигналов

Для того, чтобы определить критерий в целях выявления закономерностей в информационных потоках речевых сигналов, в ходе исследований были выбраны методы цифровой обработки сигналов. С этой целью был выбран программный продукт Praat, который позволил записать различные формы фраз, определенные в постановке задачи исследований, более 200 раз в виде моносигнала.

Кроме того, данный программный продукт позволяет для записанных фраз формировать осциллограммы, представлять частоты, оценивать интенсивность, отображать форманты, пульсации, а также их спектральный анализ. Ввиду этого релевантный параметр моно-сигнала фраз, произнесенных с различной интонацией, представлен на рис. 1, причем характеристики сигналов двух фраз, произнесенных с различной интонацией и представленных на рисунке, расположены таким образом, что характеристики для фразы 1: «Казнить, нельзя помиловать» располагаются слева, а для фразы 2: «Казнить нельзя, помиловать» располагаются справа.

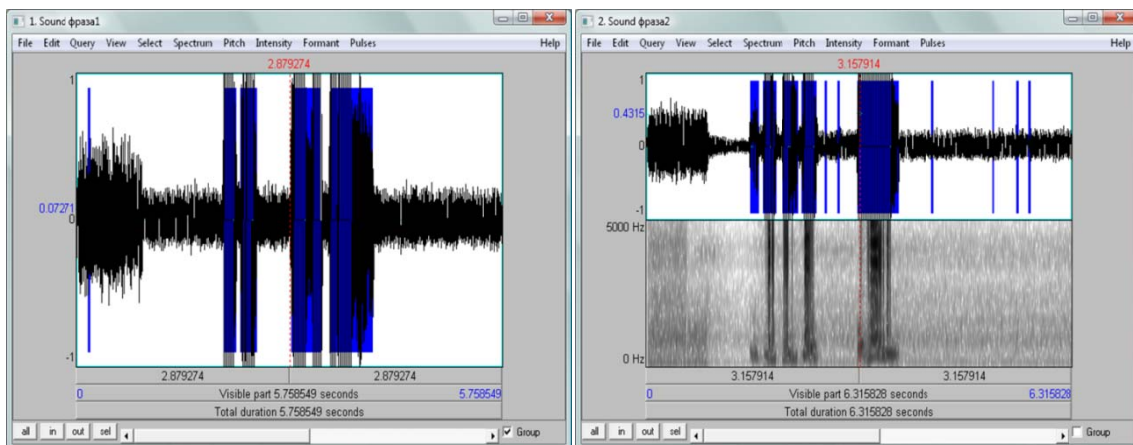


Рис. 1. Пульсация фразы 1 и фразы 2 соответственно

С этой целью графическое представление пульсации обеих фраз располагалось на графической подложке с расчерченными клетками размером 0,5×0,5 см (рис. 2).

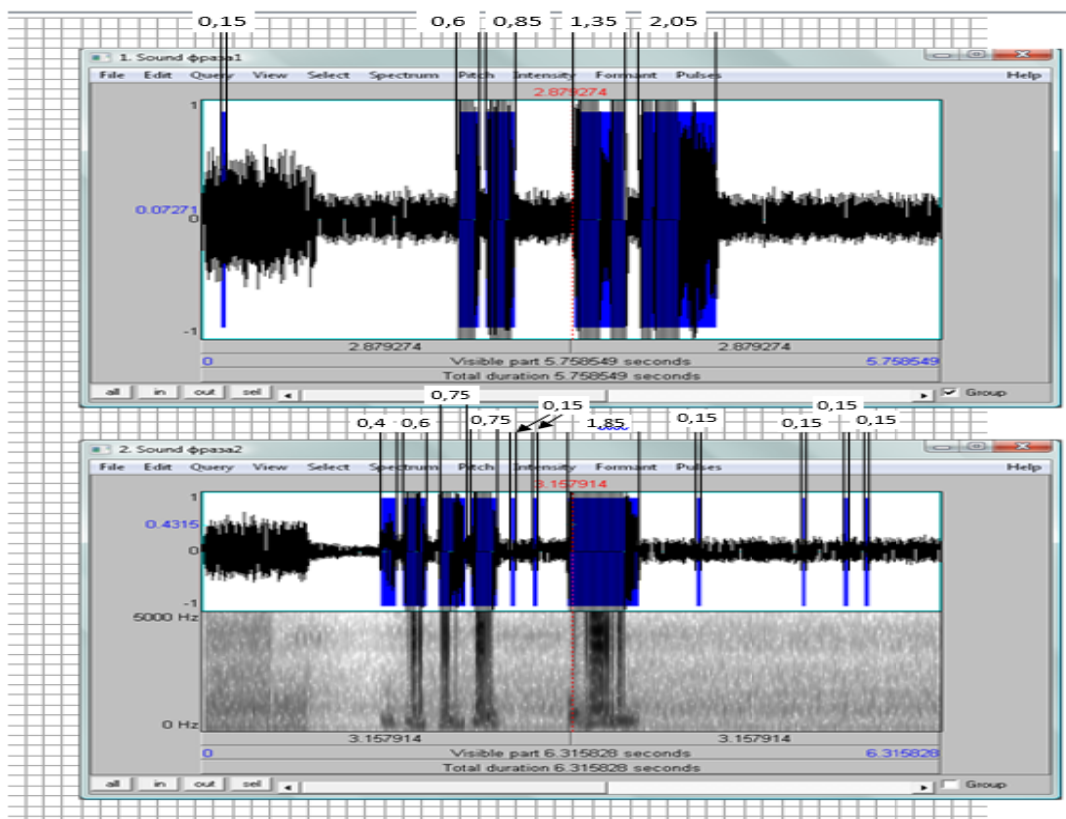


Рис. 2. Вид расчетных параметров пульсаций для фразы 1 (вверху) и фразы 2 (внизу) соответственно

Исходя из представленного рис. 2, видно, что оценивалась суммарная площадь пульсаций слева и справа от среднего значения каждой фразы. Причем, средние значения у фраз могут отличаться друг от друга. Так, например, для фразы 1 среднее значение равно 2,879274 секунды, а для фразы 2 – 3,157914 секунды.

Применительно к фразе 1 порядок расчета соответствующего коэффициента определяется на основании следующих значений, показанных на рис. 2, вверху.

Левая часть пульсации фразы: $0,15 + 0,6 + 0,85 = 1,6$.

Правая часть пульсации фразы: $1,35 + 2,05 = 3,4$.

Соотношение для фразы 1: $K_1 = 1,6/3,4 = 0,47$.

Применительно к фразе 2 порядок расчета соответствующего коэффициента определяется на основании следующих значений, показанных на рис. 2, внизу.

Левая часть пульсации фразы: $0,4 + 0,6 + 0,75 + 0,75 + 0,15 + 0,15 = 2,8$.

Правая часть пульсации фразы: $1,85 + 0,15 + 0,15 + 0,15 + 0,15 = 2,45$.

Соотношение для фразы 2: $K_2 = 2,8/2,45 = 1,14$.

Исходя из статистики проведенных исследований, были выявлены следующие граничные критерии:

граничный критерий оценки для фразы 1: $K_1 \leq 0,7$,

граничный критерий оценки для фразы 2: $K_2 \geq 1,0$.

Ввиду этого в ходе исследования были предложены следующие правила принятия решений:

если семантика каждого слова и их последовательность в фразах 1 и 2 совпадают, то в случае $K_1 < 0,7$ смысл фразы целиком принадлежит к смыслу фразы 1, а в случае $K_2 > 1,0$ смысл фразы целиком принадлежит к смыслу фразы 2;

если семантика каждого слова и их последовательность в фразах 1 и 2 совпадают, а оба коэффициента $K_1 < 0,7$ и $K_2 < 0,7$, то смысл обеих фраз одинаков и целиком принадлежит к смыслу фразы 1;

если семантика каждого слова и их последовательность в фразах 1 и 2 совпадают, а оба коэффициента $K_1 > 1,0$ и $K_2 > 1,0$, то смысл обеих фраз одинаков и целиком принадлежит к смыслу фразы 2.

Заключение

Таким образом, в ходе исследований был выявлен критерий взаимосвязи семантики фраз с релевантными параметрами речи, отличающийся возможностью сравнивать одну и ту же фразу, произнесенную с различной интонацией, и учитывающий параметры пульсации фразы от его произношения.

Кроме того, предложен новый критерий и правила оценки семантики фразы, состоящей из одинаковых слов, но произносимых с различной интонацией, отличающийся возможностью учитывать параметры пульсации речи и позволяющий с достоверностью 98,7% правильно определять кластер ее принадлежности.

Список литературы и источников

1. Лавлинский, В. В. Оценка возможности определения заданного текста, хранимого в графических форматах данных / В. В. Лавлинский, Н. В. Сысоева, А. В. Волков // Материалы отчетной научной конференции ППС ВИБТ за 2005–2006 учебный год. – Воронеж : ВИБТ, 2006. – С. 15–16.
2. Лавлинский, В. В. Алгоритм оценки эффективности стеганографических средств защиты информации на основе НЗБ-метода / В. В. Лавлинский, Е. В. Анохин, П. Ю. Зубрицкий // Воронеж : Межвуз. сб. науч. трудов, ВИБТ, РосНОУ(ВФ). – 2007. – № 1.
3. Построение топологического пространства взаимодействия системы защиты информации с внешней средой / В. В. Лавлинский, Д. В. Сысоев, О. В. Чурко, Н. Т. Югов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2007. – № 2(16). – С. 29 – 33.
4. Лавлинский, В. В. Алгоритм определения заданной сигнатуры поиска текста в графических файлах различного формата / В. В. Лавлинский, А. В. Волков, О. В. Чурко // Моделирование систем и информационные технологии : межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 5. – Воронеж : Научная книга, 2008. – С. 111 – 115.
5. Лавлинский, В. В. Разработка экспертных оболочек на основе правил нечеткой логики / В. В. Лавлинский, А. В. Окунцов // Моделирование систем и информационные технологии : межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 5. – Воронеж : Научная книга, 2008. – С. 111 – 115.
6. Анализ методов оценки информационных сигналов / В. В. Лавлинский, С. В. Ефанова, Ю. А. Тимошенко, И. С. Торопчин // Теория конфликта и ее приложения : материалы V-й Всерос. науч.-техн. конф. – Ч. 1. – Воронеж : Научная книга, 2008. – С. 345 – 354.
7. Лавлинский, В. В. Анализ оценки функционирования стеганографических методов сокрытия информации на примерах звуковых файлов / В. В. Лавлинский, П. Ю. Зубрицкий // Моделирование систем и информационные технологии : межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 6. – Воронеж : Научная книга, 2009. – С. 64 – 69.
8. Лавлинский, В. В. Мера информации в задачах выбора и распределения информационных ресурсов / В. В. Лавлинский, Ю. С. Сербулов, О. Ю. Лавлинская // Инженерная физика. – М. : НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ, 2010. – № 4. – С. 7–8.
9. Мартиросян, А. Г. Основные методы обеспечения отказоустойчивости специализированных вычислительных устройств цифровой обработки сигналов / А. Г. Мартиросян, М. И. Калмыков // Современные наукоемкие технологии . – 2014. – № 3. – С. 62 – 67.
10. Сулов, В. А. Метод разработки устройства цифровой обработки сигналов для телевизионной технической системы охраны / В. А. Сулов, М. Н. Шмокин // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-2. – С. 279–280.
11. Герасименко, Е. С. Методы обработки сигналов в цифровых системах радиосвязи / Е. С. Герасименко, А. Н. Глушков // Охрана, безопасность, связь – 2014 : материалы Междунар. науч.-практ. конф.; Воронежский институт МВД России. – Воронеж, 2015. – С. 91 – 93.

В. В. Лавлинский¹, Савченко А. Л.²

(¹Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия,

²Научно-исследовательский институт микроэлектронной
аппаратуры «Прогресс», Москва, Россия)

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ, СТОЙКИХ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Аннотация. Посвящена анализу существующих моделей и алгоритмов проектирования сложных функциональных блоков, стойких к воздействию тяжелых заряженных частиц, где приводятся результаты сравнительного анализа существующих моделей и алгоритмов проектирования сложных функциональных блоков, стойких к воздействию тяжелых заряженных частиц.

Ключевые слова: алгоритмы проектирования, сравнительный анализ.

Введение

В настоящее время значительными темпами расширяется использование изделий микроэлектроники в различных областях. Кроме того, на современном этапе развития общества более важное значение изделий микроэлектроники имеет область применения их в космической технике.

Тем не менее, такое использование изделий микроэлектроники на уровне сложных функциональных блоков связано со значительными проблемами, которые определяются именно условиями их эксплуатации в виде необходимой (требуемой) стойкости к внешним воздействующим факторам космического пространства. К таким факторам целесообразно отнести различного рода радиационные воздействия, значительные механические перегрузки и температурные колебания внешней среды.

Таким образом, имеются актуальные задачи, которые требуют своего решения на современном этапе анализа проектных решений сложных функциональных блоков, устойчивых к воздействию одиночных событий.

Анализ существующих моделей и алгоритмов для современных проектных норм

В настоящее время современные технологии изготовления радиационно-устойчивой электронной компонентной базы для отечественных изделий микроэлектронных приборов, используемых в космических аппаратах, достигают проектных норм от 65 до 18 нм, что позволяет проектировать целые системы на кристалле, представленные на рис. 1.

Схематично процессы ядерных реакций с последующей ионизацией материала осколками деления, и ТЗЧ, которые вызывают «воронки заряда» вдоль трека распространения представлены на рис. 2, а и рис. 2, б соответственно и согласно работам [1, 2].

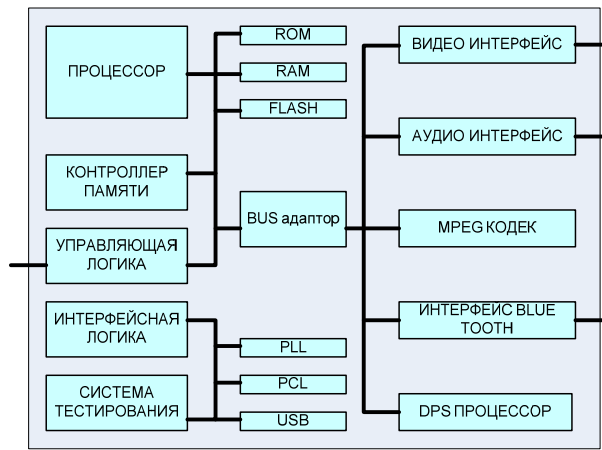


Рис. 1. Основные элементы системы на кристалле

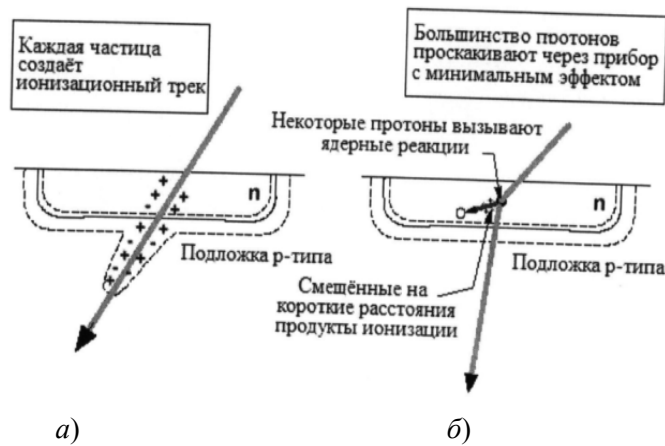


Рис. 2. Схема процессов сбора заряда в *n*-кармане *p*-канального МОП-транзистора [1]:
a – тяжелые ионы; *б* – протоны

Тем не менее, данные результаты применимы только для качественных и количественных характеристик одиночных переходных эффектов для гибридных импульсных стабилизаторов напряжения. Кроме того, такой подход невозможно использовать на предварительных этапах анализа и проектирования сложных функциональных блоков, устойчивых к воздействию одиночных событий в виде встраиваемых компонентов в системы автоматизированного проектирования (САПР).

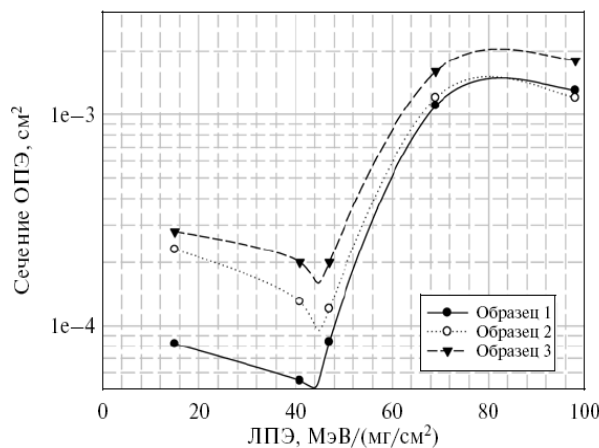


Рис. 3. Зависимости величины сечений одиночных переходных эффектов от эффективного ЛПЭ

Авторы представили в работе [3] взаимосвязь процессов в виде машины состояний инжектора (рис. 4).

Ввиду этого необходимо основываться на тех статистических данных, которые можно получить исходя из результатов натуральных экспериментов.

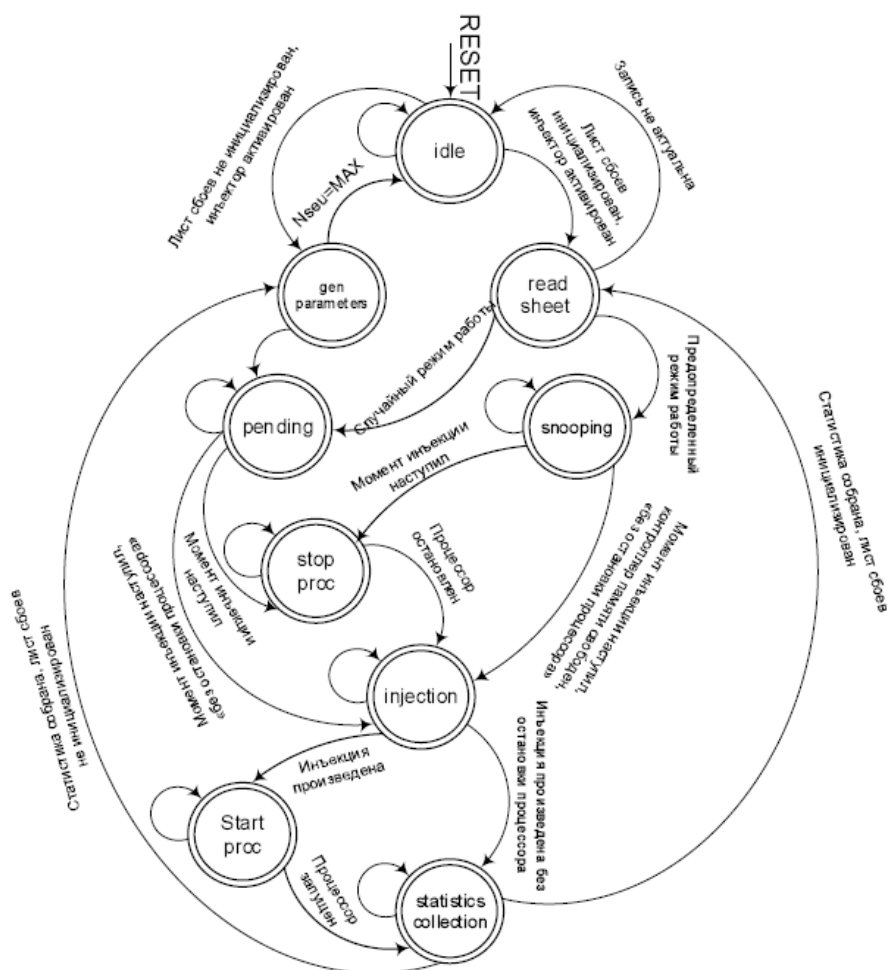


Рис. 4. Машина состояний инжектора

Так, например, имея следующие исходные данные [4], приведенные в табл. 1, необходимо осуществить их анализ и построить уравнения регрессии применительно к электронам и мезонам.

1. Результаты исследований удельной потери энергии различными частицами

Энергия частицы, МэВ	Удельная потеря энергии электронов в воздухе, МэВ/см	Удельная потеря энергии мю-мезонов в воздухе, МэВ/см	Удельная потеря энергии тау-мезонов в воздухе, МэВ/см
0,01	0,024		
0,05	0,011		
0,1	0,005		
0,5	0,003		
1	0,002	0,056	0,08
5	0,002	0,02	0,03

Энергия частицы, МэВ	Удельная потеря энергии электронов в воздухе, МэВ/см	Удельная потеря энергии мю-мезонов в воздухе, МэВ/см	Удельная потеря энергии тау-мезонов в воздухе, МэВ/см
10	0,002	0,008	0,011
50	0,002	0,004	0,005
100	0,002	0,002	0,002
500	0,002	0,002	0,002
1000	0,002	0,002	0,002
5000	0,002	0,002	0,002
10000	0,002	0,002	0,002

Таким образом, имея статистические исходные данные, необходимо построить уравнение регрессии и проанализировать результаты, полученные стандартным способом их построения.

Применительно к анализу исходных данных табл. 1, были получены результаты, представленные на рис. 5, применительно к электронам. Причем, было сделано предположение, что шкала является логарифмической. Для этого, значения первого столбца табл. 1 прологарифмированы по основанию 10 и построены регрессионные уравнения применительно к новой шкале.

Таким образом, применительно к исходным данным табл. 1, результаты регрессионного анализа для электронов представлены на рис. 5.

Вывод итогов								
Регрессионная статистика								
Множественный R		0,65643514						
R-квадрат		0,430907093						
Нормированный R-квадрат		0,379171374						
Стандартная ошибка		1,536421937						
Наблюдения		13						
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	1	19,66138708	19,66138708	8,329005615	0,014811406			
Остаток	11	25,96651604	2,360592368					
Итого	12	45,62790313						
Коэффициенты								
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
У-пересечение	2,040742754	0,538230337	3,791578837	0,002986533	0,856105771	3,225379737	0,856105771	3,225379737
Переменная X 1	-202,2268161	70,07162139	-2,886001666	0,014811406	-356,4534148	-48,00021733	-356,4534148	-48,00021733

Рис. 5. Результаты анализа исходных данных для электронов

Исходя из полученных результатов, представленных на рис. 5, можно определить то, что множественный коэффициент регрессии R для использования линейной регрессии равен около 0,66.

Так как значение этого коэффициента выше чем 0,65, то, следовательно, такая зависимость может быть принята линейной, а ее уравнение будет иметь вид

$$Y=2,0407428-202,2268 \cdot X_1.$$

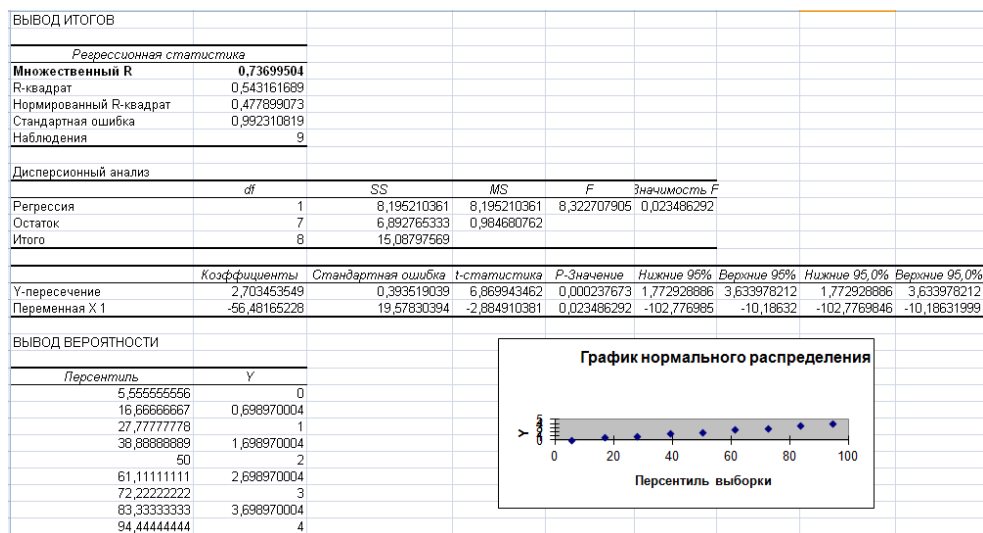


Рис. 6. Результаты анализа исходных данных для мю-мезонов

Таким образом, применительно к исходным данным табл. 1, результаты регрессионного анализа для мю-мезонов представлены на рис. 6.

Исходя из полученных результатов, представленных на рис. 6, можно определить то, что множественный коэффициент регрессии R для использования линейной регрессии равен около 0,74.

Так как значение этого коэффициента выше, чем 0,65, то, следовательно, такая зависимость может быть принята линейной, а ее уравнение будет иметь вид

$$Y=2,703453549-56,48165228 \cdot X_1.$$

Таким образом, применительно к исходным данным тау-мезонов, результаты регрессионного анализа представлены на рис. 7.

Исходя из полученных результатов, представленных на рис. 7, можно определить то, что множественный коэффициент регрессии R для использования линейной регрессии равен около 0,745.

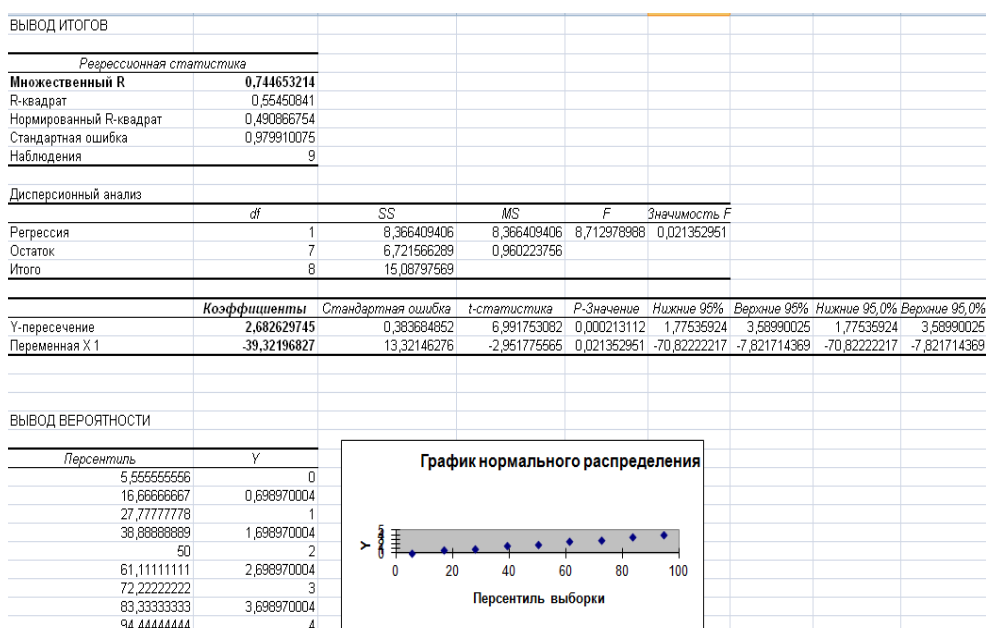


Рис. 7. Результаты анализа исходных данных тау-мезонов

Так как значение этого коэффициента выше чем 0,65, то, следовательно, такая зависимость может быть принята линейной, а ее уравнение будет иметь вид

$$Y=2,68262974468136-39,3219682705009*X1.$$

Заключение

Тем не менее, некоторые этапы данной методики в виде используемого алгоритма целесообразно реализовать на этапах анализа проектирования сложных функциональных блоков, устойчивых к воздействию как одиночных событий, так и тиристорных отказов в виде моделей [5 – 8].

Однако для этого необходимо осуществить соответствующие расчеты параметров воздействий, приводящих к одиночным сбоям и тиристорным эффектам, на основе формирования имитационной модели, реализуемой в данных исследованиях.

Список литературы и источников

1. Мамутова, О. В. Использование встроенного процессора для управления эмуляцией внесения неисправностей типа «сбой» в блоки памяти / О. В. Мамутова // Университетский научный журнал. – 2013. – № 5. – С. 185 – 193.

2. Мамутова, О. В. Оснащение систем на кристалле средствами эмуляции сбоев в памяти / О. В. Мамутова, О. В. Ненашев, А. С. Филиппов // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2015. – Т. 20, № 1. – С. 50 – 57.

3. Чекмарев, С. А. Проектирование системы инъекции ошибок для отработки сбоеустойчивых процессоров бортовых систем малого космического аппарата / С. А. Чекмарев, В. Х. Ханов // Решетневские чтения. – 2014. – Т. 1. – С. 254–255.

4. Ахметов, А. О. Диагностика независимых событий одиночных сбоев и тиристорных эффектов при испытаниях цифровых КМОП ИС / А. О. Ахметов, Д. В. Бобровский, О. А. Калашников, П. В. Некрасов, А. С. Тарараксин, А. В. Яненко // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2012. – № 5 (97). – С. 85 – 90.

5. Лавлинский, В. В. Теоретические основы моделирования компонентов для систем автоматизации проектирования электронной базы на основе синтеза виртуальной реальности / В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 3. – С. 16 – 20.

6. Лавлинский, В. В. Анализ ячеек кристаллических решеток полупроводниковых материалов для синтеза виртуальной реальности при проектировании радиационно-стойких элементов электронной компонентной базы / В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 4. – С. 44 – 53.

7. Лавлинский, В. В. Теоретические основы моделирования проектируемых объектов электронной компонентной базы для синтеза виртуальной реальности в виде воздействий тяжелыми ядерными частицами / В. В. Лавлинский // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. – 2014. – № 4. – С. 24 – 32.

8. Лавлинский, В. В. Теоретические исследования моделирования проектируемых объектов электронной компонентной базы для синтеза виртуальной реальности при воздействии тяжелыми заряженными частицами / В. В. Лавлинский // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. – 2014. – № 4. – С. 33 – 35.

В. В. Лавлинский¹, Савченко А. Л.²

(¹Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия,

²Научно-исследовательский институт микроэлектронной
аппаратуры «Прогресс», Москва, Россия)

УПРАВЛЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ

Аннотация. В настоящее время для оценки радиационной стойкости электронной компонентной базы необходимо выполнять ряд испытаний на стойкость к воздействию факторов с заданными характеристиками, которые формируют специальные установки на основе импульсных ускорителей, лазерных источников, ускорителей электронов, работающих в режиме тормозного излучения. Результаты оценки выполненных испытаний определяются специализированными устройствами как для источников на ускорителях, так и для лазерных источников.

Ключевые слова: радиационная стойкость, электронная компонентная база, импульсные ускорители, тормозное излучение.

Введение

В настоящее время исследуются процессы развития технологий и платформ проектирования для топологических норм менее 90 нм. Тем не менее, проведение испытаний таких микросхем обходится очень дорого. Поэтому разработка альтернативных способов проведения испытаний микросхем становится одним из основных направлений развития микроэлектроники с целью их адекватной оценки на радиационную стойкость.

Тем не менее, имеется необходимость в установлении адекватных измерений на альтернативных источниках излучений, которые формируют специальные установки на основе импульсных ускорителей, лазерных источников, ускорителей электронов, работающих в режиме тормозного излучения. В данной работе предлагается метод проектирования ускорителей с учетом проектирования программно-аппаратного комплекса, позволяющего учитывать особенности исследования микросхем на радиационную стойкость с использованием альтернативных источников излучений. Ввиду этого данная работа является своевременной и актуальной.

1. Основные требования для моделирования испытательного комплекса с использованием ускорителей

Для реализации поставленной цели в данной работе предложен метод формирования синтеза виртуальной реальности для объектов проектирования радиационно-стойкой электронной компонентной базы специального назначения (рис. 1).

С точки зрения такого подхода, при проектировании испытательного комплекса с использованием ускорителей на основе методов синтеза виртуальной реальности необходимо учитывать:

поток электронов с различной интенсивностью и энергией достигающего микросхемы под разными углами падения;

процесс торможения потоков электронов и их энергетические потенциалы;

процесс распределения компонентов электронной базы на участке микросхем с учетом их технологий, функциональности, материалов, кристаллических решеток данных материалов.

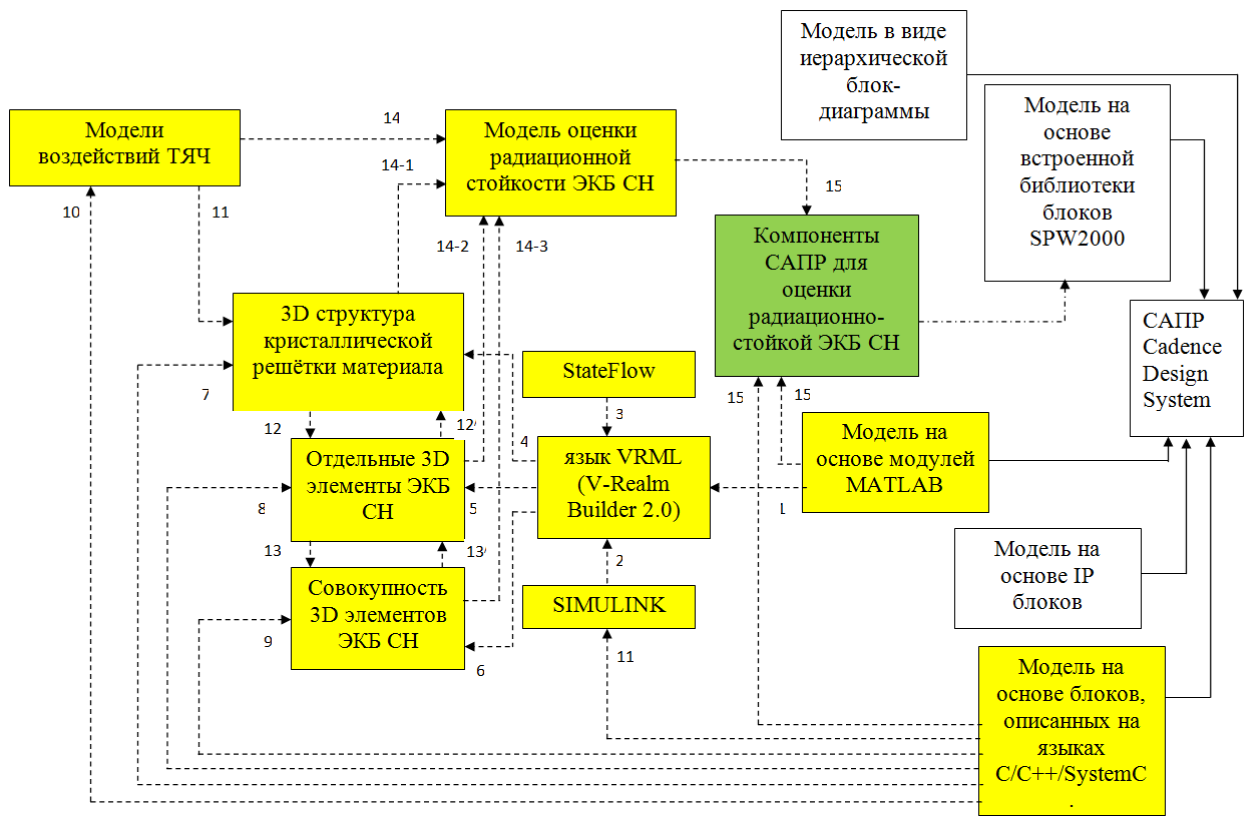


Рис. 1. Метод формирования большой системы для объектов проектирования радиационно-стойкой электронной компонентной базы специального назначения

Согласно методу формирования большой системы, для объектов проектирования радиационно-стойкой электронной компонентной базы специального назначения необходимо отработать шаги 10, 11 и 14. Причем, на шаге 10 можно учесть процессы, происходящие в испытательном комплексе с использованием ускорителей, и описать их в блоке «Модели воздействий ТЯЧ».

Для решения задачи моделирования потока электронов целесообразно использовать метод крупных частиц, когда рассматривается движение отдельной группы электронов (крупной частицы или макрочастицы, имеющей суммарный заряд и массу) при учете кулоновского взаимодействия между ними. Уравнение движения электронов решается численно методом Адамса. Полем пространственного заряда является поле, создаваемое движущейся с ускорением релятивистской частицей – поле Лиенара–Вихерта, которое определяется следующими выражениями [1]:

$$E_{Si}^p = \frac{q \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) \left(R - \frac{v}{c} |R| \right)}{4\pi\epsilon_0 \left(|R| - \frac{(R, v)}{c} \right)^3} + \frac{q \left[R, \left[R - \frac{v}{c} |R|, v' \right] \right]}{4\pi\epsilon_0 c^2 \left(|R| - \frac{(R, v)}{c} \right)^3}; \quad (1)$$

$$B_{Si}^p = \frac{1}{Rc} \left[R, E_{Si}^p \right],$$

где $R = r_2(t_2) - r_1(t_1)$ – вектор от создающей поле частицы 1 к частице 2, t_1 – момент времени посылки сигнала первой частицей, t_2 – момент времени приема сигнала второй частицей

$(t_2 - t_1 = R/c)$. Скорость v и ускорение v' как и радиус-вектор r_1 частицы, создающей поле, в выражении (1) берутся в момент времени t_1 .

При использовании метода больших систем для проектирования испытательного комплекса с применением лазерных источников необходимо уделить внимание исследованию по формированию процессов, происходящих в блоке лазерного источника и в блоке испытываемого изделия (микросхемы). В этом случае необходимо осуществить синтез: процесса потоков сфокусированного лазерного излучения; процессов, происходящих на уровнях отдельных компонентов электронной компонентной базы; процессов взаимодействия сфокусированных лазерных излучений, сканирующих поверхность испытываемого изделия, с отдельными компонентами электронной компонентной базы локальных с точки зрения локальных радиационных эффектов; процессов взаимодействия сфокусированных лазерных излучений, сканирующих поверхность испытываемого изделия, с совокупностью отдельных компонентов электронной компонентной базы с точки зрения обобщенных радиационных эффектов.

Опираясь на методику применения сфокусированного лазерного излучения, в которой осуществляется сканирование всей поверхности кристалла микросхем и подсчет общего количества локальных радиационных эффектов ($\Sigma_{\text{ЛРЭ}}$), в дальнейшем определяются эквивалентные значения линейных потерь энергии и сечения наблюдаемых эффектов исходя из следующих соотношений [2]:

$$\text{ЛПЭ} = K_{\text{пр}} E_{\text{сли}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{пр}}$ – значение коэффициента пропорциональности; $E_{\text{сли}}$ – значение энергии сфокусированного лазерного излучения.

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{S_{\text{ис}} \Sigma_{\text{лрэ}}}{\Sigma_{\text{общ}}}, \quad (3)$$

где $S_{\text{ис}}$ – площадь кристалла СБИС; $\Sigma_{\text{лрэ}}$ – общее количество локальных радиационных эффектов; $\Sigma_{\text{общ}}$ – общее количество импульсов лазерного излучения при сканировании всей поверхности микросхемы.

Коэффициент пропорциональности $K_{\text{пр}}$, согласно работе [2], между энергией лазерного излучения и эквивалентными потерями энергии определяется следующим образом:

$$K_{\text{пр}} = \frac{1,8 \cdot 10^4 \alpha_0 \lambda (1 - R_{\lambda})}{\rho}, \quad (4)$$

где α_0 – коэффициент межзонного поглощения лазерного излучения [1/см]; λ – длина волны лазерного излучения [мкм]; R_{λ} – коэффициент отражения от поверхности микросхемы; ρ – плотность полупроводника [мг/см³].

Так же, согласно работе [2], в линейном приближении ток в цепи питания определяется процессами накопления заряда с подложки:

$$\Delta I(t) = q g_0 (1 - R_{\lambda}) \frac{E_{\text{ли}} \alpha_0 \varepsilon_i 10^5}{T_p K'_m h \nu \rho} L(t), \quad (5)$$

где ΔI – ионизационный ток в цепи питания; g_0 – скорость генерации носителей заряда в кремнии; T_p – длительность импульса лазерного излучения; $E_{\text{ли}}$ – энергия лазерного излуче-

ния; ε_i – энергия образования одной электронно-дырочной пары; $h\nu$ – энергия кванта лазерного излучения; K'_m – коэффициент потерь лазерного излучения на оптических неоднородностях при измерении ионизационной реакции в цепи питания; $L(t)$ – значение эффективной длины накопления носителей заряда из подложки в момент времени t .

В этом методе [2] форма ионизационной реакции определяется следующим образом:

$$\Delta U(t) \approx \frac{R_t}{R_{in} - R_t} \frac{\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)}{C} \int_0^t \exp\left(\frac{x}{RC}\right) \Delta I(x) dx, \quad (6)$$

где R_t – величина токосъемного резистора; R_{in} – величина эквивалентного внутреннего сопротивления микросхемы; $C = C_{in} + C_l$ – величина суммарной емкости микросхемы и измерительной оснастки (внешних цепей); C_{in} – величина эквивалентной внутренней емкости микросхемы; C_l – эквивалентная емкость внешних измерительных цепей; $RC = (R_{in} + R_t)C$ – эквивалентная постоянная времени.

Таким образом, для реализации предлагаемого метода проектирования программно-аппаратного испытательного комплекса с применением лазерных источников необходимо учитывать лазерные методы оценки стойкости КМОП СБИС к тиристорным эффектам при воздействии отдельных ядерных частиц. В этом случае модели испытательного комплекса с применением лазерных источников, формируемые на основе методов синтеза виртуальной реальности, будут иметь аналогичные адекватные результаты работе [2].

Список литературы и источников

1. Лавлинский, В. В. Теоретические основы моделирования проектируемых объектов электронной компонентной базы для синтеза виртуальной реальности в виде воздействий тяжелыми заряженными частицами / В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 3. – С. 20 – 25.
2. Лавлинский, В. В. Проблемы методологии процессов САПР при проектировании электронной компонентной базы специального назначения для оценки радиационной стойкости / В. В. Лавлинский, А. Л. Савченко // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2016. – № 4. – С. 190 – 198.
3. Лавлинский, В. В. Метод 3D-моделирования испытательного комплекса с применением лазерных источников / В. В. Лавлинский, А. Л. Савченко // Моделирование систем и процессов. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 38 – 40.

В. В. Лавлинский, Ю. Г. Табаков, А. С. Ягодкин

(Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова,
Воронеж, Россия)

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО НЧ-СИГНАЛА ДЛЯ БОЛЬШИХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Данная работа посвящена методам выделения управляющего сигнала в низкочастотном диапазоне применительно к большим человеко-машинным системам. Рассматриваются методы линейного и нелинейного анализа с использованием методов Добеши и Морле, а также вейвлет-преобразований на основе комплексного алгоритма Хаара.

Ключевые слова: управляющий сигнал, НЧ-сигнал, низкочастотный диапазон, человеко-машинные системы.

Введение

В настоящее время имеется необходимость в совершенствовании методов обработки и анализа низкочастотных сигналов, снятых с коры головного мозга человека, в целях управления интеллектуальными тренажерами по восстановлению опорно-двигательной системы человека. Это позволит упростить процесс обучения интеллектуальной системой и сократить время на ее обучение.

В ходе оценки взаимосвязи двух амплитудно-частотных показателей низкочастотного сигнала при одной и той же выборке и анализе сигналов с частотой не более 50 Гц были выявлены значительные погрешности. С этой целью предложен метод, который опирается на предварительном анализе коэффициентов линейной корреляции между парами значений низкочастотного сигнала, позволяющий повысить достоверность в формировании управляющего низкочастотного сигнала для интеллектуального тренажера опорно-двигательной системы человека.

1. Линейный анализ оценки НЧ-сигнала коры головного мозга с интервалом шкалы

Исходя из того, что угловой коэффициент уравнения регрессии позволяет оценить долю функциональной зависимости между двумя сравниваемыми значениями низкочастотных сигналов коры головного мозга, то была разработана программа [6], которая позволила оценить снимаемые экспериментально сигналы. С этой целью были проведены эксперименты с десятью испытуемыми в возрасте 20 – 30 лет [7]. У всех испытуемых снимались низкочастотные сигналы с коры головного мозга на основе датчиков электроэнцефалограммы. Испытуемые находились в спокойном сидячем состоянии и по команде выполняли движения руками: вверх, в сторону и далее в исходное положение. Далее проводился анализ по выявлению управляющего сигнала с коры головного мозга на временном интервале: до начала выполнения движения испытуемым и до появления всплеска сигнала на мониторе обрабатываемой программы на основе метода линейной корреляции. Взяв за начало исследования сигналов временной интервал в 400 мс, был получен следующий результат, представленный на рис. 1.

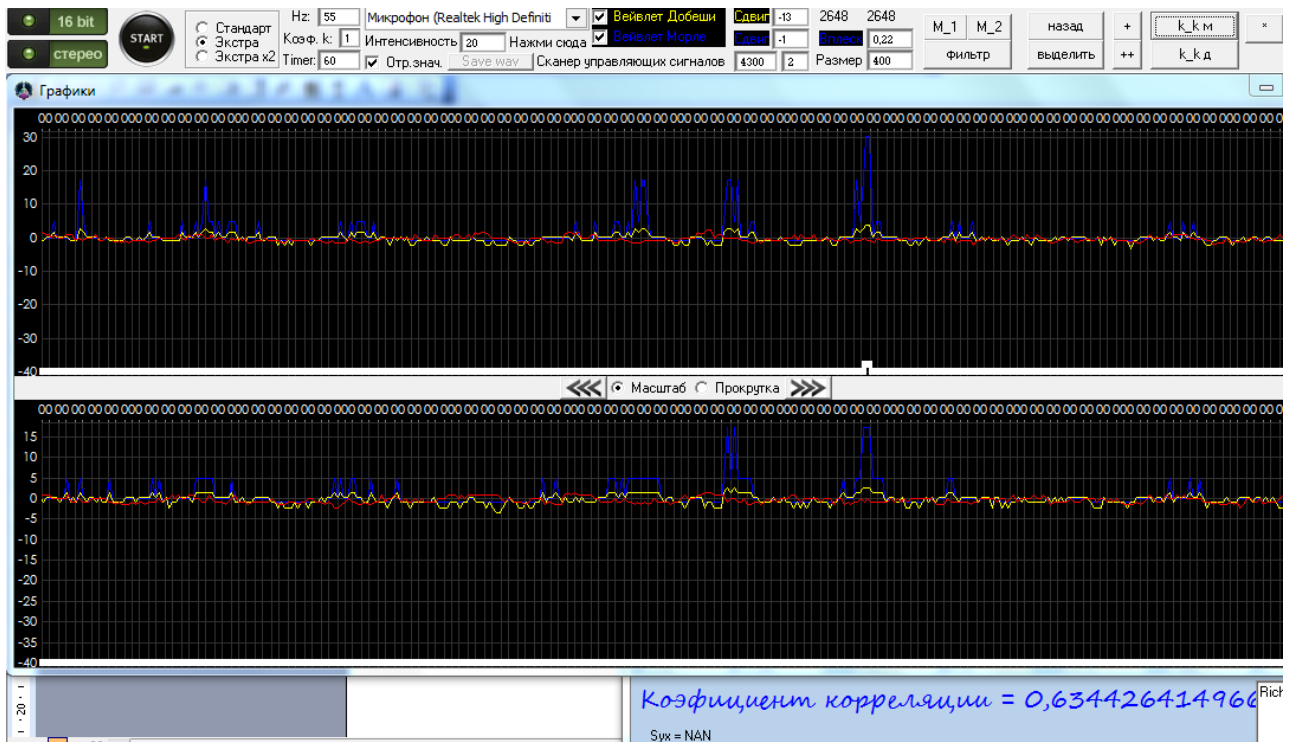


Рис. 1. Коэффициент линейной корреляции при временном интервале в 400 мс

Для данного случая значение коэффициента линейной корреляции анализируемого управляющего сигнала составил приблизительно 0,6344, что определяет практическое ее отсутствие.

В этом случае были предложены следующие практические приемы:

- снизить пороговый эффект анализируемого низкочастотного сигнала методом синхронного накопления;
- оценить мощность анализируемого низкочастотного сигнала относительно входа первичного сигнала после вейвлет-преобразования;
- оценить мощность шума на входе первичного сигнала после вейвлет-преобразования;
- рассчитать отношения сигнал/шум в каждом показателе анализируемого низкочастотного сигнала.

В этом случае при уменьшении интервала шкалы для анализа информационного сигнала значение коэффициента линейной корреляции должно возрасти и тем самым изменить тесноту корреляционной связи. Кроме того, целесообразно сократить временной интервал и увеличить масштаб для оценки сигнала.

Постепенное уменьшение временного интервала и увеличение масштаба для оценки сигнала дало возможность найти максимально возможный для данных условий коэффициент линейной корреляции: приблизительно 0,755 при временном интервале 140 мс (рис. 2).

Таким образом, коэффициент линейной корреляции не в полном объеме и не с достаточной степенью достоверности может быть использован для оценки управляющего низкочастотного сигнала коры головного мозга для интеллектуальных тренажеров по восстановлению опорно-двигательной системы человека.

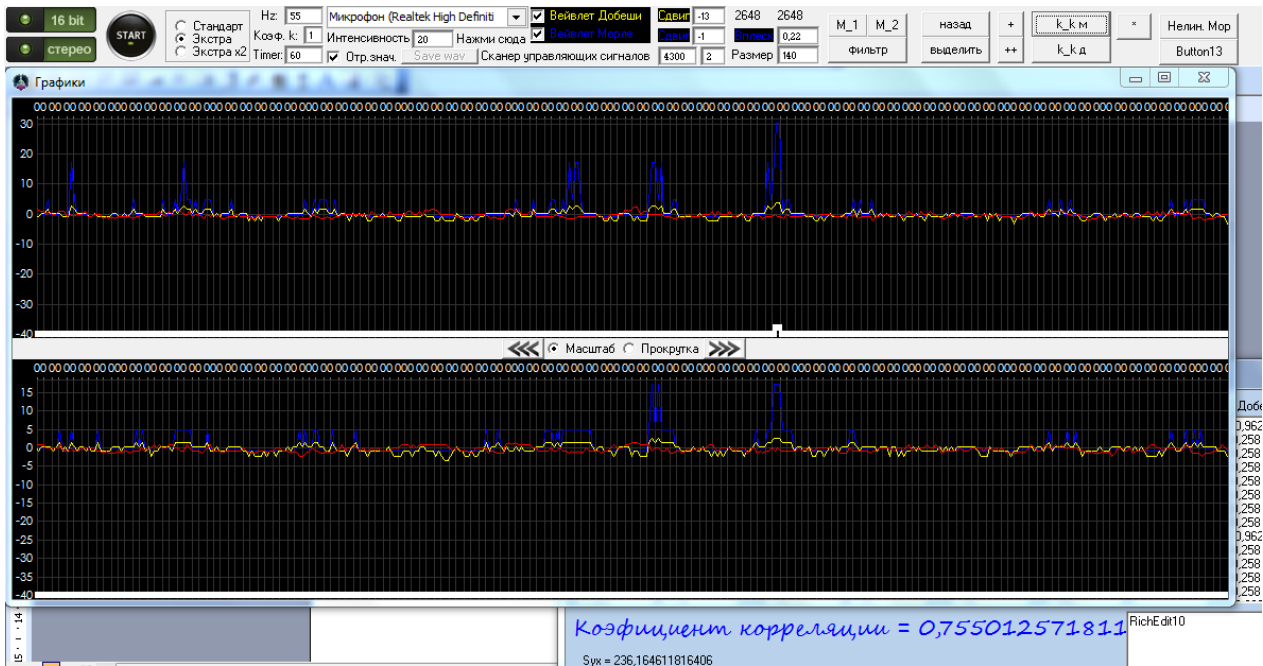


Рис. 2. Коэффициент линейной корреляции при временном интервале в 140 мс

Ввиду этого исследования были проведены с теми же самыми низкочастотными сигналами с использованием метода нелинейной корреляции. В этом случае коэффициент нелинейной корреляции возрос приблизительно до значения 0,929 (рис. 3).

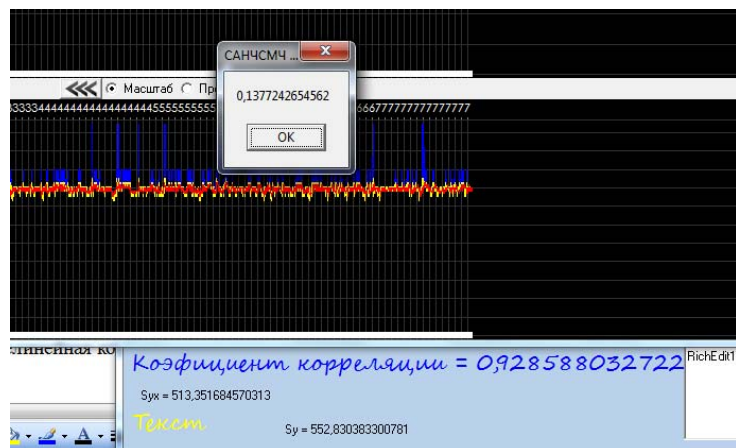


Рис. 3. Коэффициент нелинейной корреляции начала НЧ-сигнала до управляющего сигнала

Таким образом, метод нелинейной корреляции наиболее приемлем для анализа низкочастотных сигналов коры головного мозга в целях выявления управляющего сигнала для интеллектуального тренажера по восстановлению опорно-двигательной системы человека, которые используются в робототехнических системах с высокой достоверностью.

Список литературы и источников

1. Табаков, Ю. Г. Оптимизация алгоритмов вейвлет-преобразования при моделировании НЧ сигналов / Ю. Г. Табаков, В. В. Лавлинский, Д. В. Бибилов // Моделирование систем и процессов. – 2014. – № 3. – С. 47 – 49.

2. Табаков, Ю. Г. Разработка метода обработки управляющих низкочастотных сигналов для интеллектуального тренажера / Ю. Г. Табаков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 695 – 700.
3. Табаков, Ю. Г. Разработка программного комплекса для обработки НЧ сигналов / Ю. Г. Табаков // Молодой ученый. – 2014. – № 20. – С. 228 – 231.
4. Бибииков, Д. В. Модифицированный алгоритм вейвлет-преобразования Морле для анализа НЧ сигналов / Д. В. Бибииков, В. В. Лавлинский, Ю. Г. Табаков // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 3. – С. 12 – 14.
5. Табаков, Ю. Г. Концептуальный подход обработки НЧ сигналов / Ю. Г. Табаков // Информационные системы и технологии. – 2015. – № 3(89). – С. 34 – 40.
6. Табаков, Ю. Г. Модель и алгоритм обработки низкочастотного сигнала для тренажера на основе вейвлет-преобразований / Ю. Г. Табаков // Информационные технологии. – 2015. – Т. 21, № 6. – С. 464 – 468.
7. Табаков, Ю. Г. Методика применения низкочастотного фильтра для обработки НЧ сигналов / Ю. Г. Табаков, В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2014. – № 4. – С. 35 – 38.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СНЯТИЯ СИГНАЛОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Аннотация. Работа посвящена подходу для проектирования аппаратно-программных средств, обеспечивающих снятие электрических сигналов с коры головного мозга человека. Приведены примеры основных макетов для аппаратной части разрабатываемых средств, программный код программной части для снятия непрерывного сигнала, а также выходные зависимости сигналов при описании особенностей проводимого эксперимента.

Ключевые слова: аппаратно-программные средства, программный код, кора головного мозга, электрический сигнал.

Введение

В настоящее время существует достаточно много аппаратов по снятию сигналов с коры головного мозга. Тем не менее все они используются для определения диагноза психических заболеваний на основе электроэнцефалографии.

В данной работе предлагается подход по разработке аппаратно-программных средств для снятия электрических сигналов с коры головного мозга на основе использования платы Arduino Uno, что упрощает процесс проектирования таких средств и сокращает сроки их реализации.

Описание подхода по разработке аппаратных средств для снятия электрических сигналов с коры головного мозга

Основой проектирования аппаратных средств для снятия электрических сигналов с коры головного мозга стала плата с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями Arduino Uno, представленная на рис. 1. На данной плате имеются как аналоговые, так и цифровые входы и выходы, которые могут быть запрограммированы с помощью языка C#, C или C++.

Плата усиления и обработки сигналов показана на рис. 2, а сами датчики снятия сигналов с коры головного мозга представлены на рис. 3.

Учитывая также, что плата усиления и обработки сигналов содержит разную логику управления, то необходимо иметь разделитель двухполярных питающих напряжений для +3,3 В и для +6,0 В, который представлен на рис. 4 с двух сторон. Кроме того, для избегания бросков питания в городской сети целесообразно использовать блок питания со стабилизирующим напряжением.

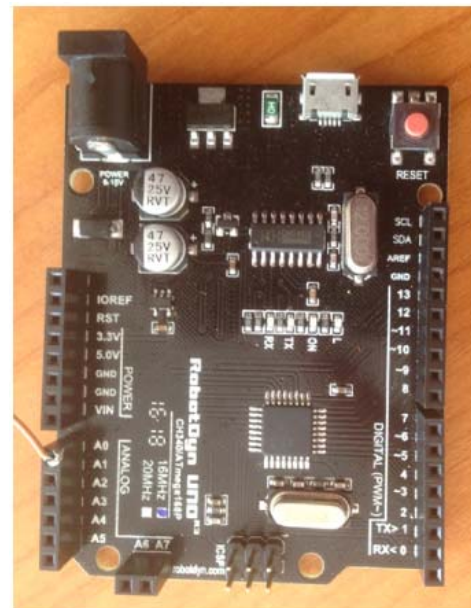


Рис. 1. Плата с аналого-цифровыми и цифроаналоговыми преобразователями Arduino Uno

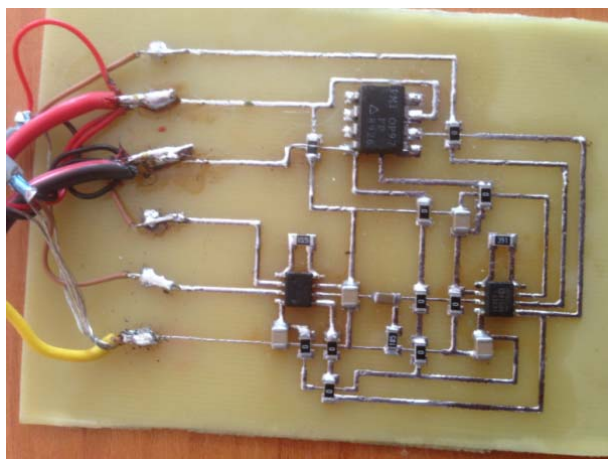


Рис. 2. Плата усиления и обработки аналоговых сигналов, снимаемых с коры головного мозга

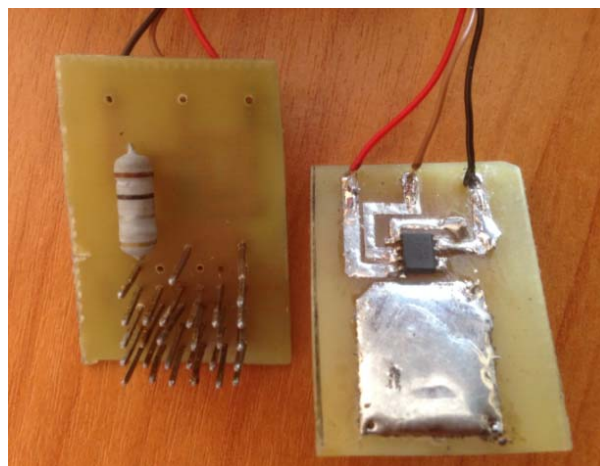


Рис. 3. Датчики снятия сигналов с коры головного мозга

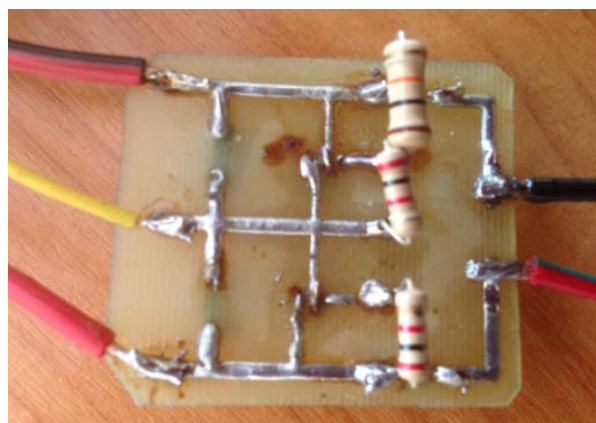
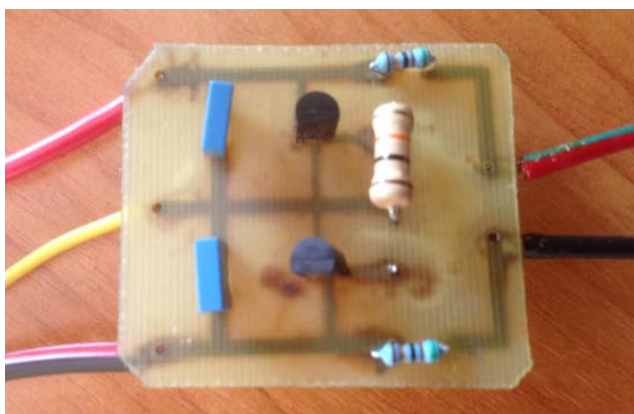


Рис. 4. Плата разделителя двухполярных питающих напряжений с двух сторон

Схема подключения представлена на рис. 5. Общая картина снятия сигналов с коры головного мозга представлена на рис. 6, где показаны также датчики и процесс проведения исследования.

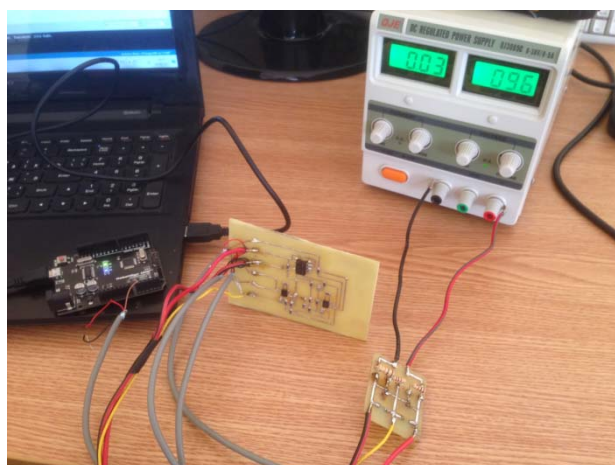


Рис. 5. Схема взаимного подключения разработанных и используемых аппаратных средств для снятия электрических сигналов с коры головного мозга



Рис. 6. Процесс снятия электрических сигналов с коры головного мозга с использованием стандартных и разработанных аппаратных средств

Разработанный программный код для спроектированного устройства позволяет осуществлять обмен данными в удобном для исследователя формате: вывод на экран, вывод в текстовый файл и вывод в графической форме. Один из примеров вывода результата представлен на рис. 7.

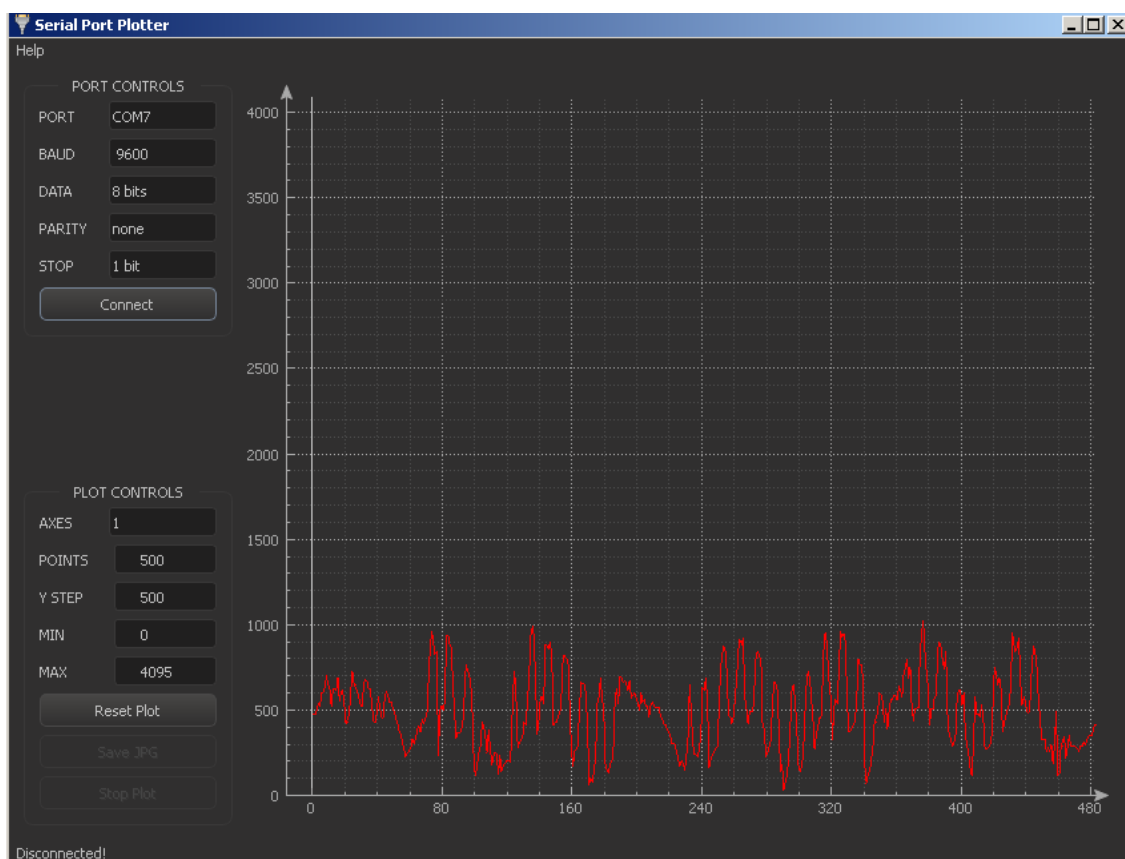


Рис. 7. Электрические сигналы при умеренном непрерывном раскачивании голени левой ноги, при остановке и при умеренном непрерывном раскачивании голени правой ноги (здорового человека)

Заключение

Таким образом, в ходе данных исследований был обоснован и предложен один из подходов разработки аппаратно-программных средств для снятия электрических сигналов с коры головного мозга на основе использования аналогово-цифровой платы Arduino Uno.

Список литературы и источников

1. Вейвлет-преобразование Добеши для низкочастотных сигналов, снятых с коры головного мозга человека / Д. В. Бибиков, Р. Б. Буров, В. В. Лавлинский, Ю. Г. Табаков // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 2. – С. 8 – 11.
2. Бибиков, Д. В. Модифицированный алгоритм вейвлет-преобразования Морле для анализа НЧ сигналов / Д. В. Бибиков, В. В. Лавлинский, Ю. Г. Табаков // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 3. – С. 12 – 14.
3. Лавлинский, В. В. Анализ вейвлет-преобразований Добеши и Морле на малейшие изменения в НЧ сигнале / В. В. Лавлинский, Ю. Г. Табаков // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2014. – № 1. – С. 56 – 59.
4. Бибиков, Д. В. Применение автокорреляционных методов анализа сигналов с датчиков электроэнцефалограммы для разработки интеллектуального тренажера по восстановлению опорно-двигательных навыков / Д. В. Бибиков, В. В. Лавлинский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 6. – С. 209 – 214.
5. Метод проектирования схем для считывания НЧ-сигналов с коры головного мозга / Д. В. Бибиков, Р. Б. Буров, В. В. Лавлинский, Ю. Г. Табаков // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 2. – С. 11 – 14.
6. Табаков, Ю. Г. Метод и алгоритм обработки НЧ сигналов с помощью вейвлета Добеши / Ю. Г. Табаков, В. В. Лавлинский, Д. В. Бибиков // Моделирование систем и процессов. – 2014. – № 3. – С. 42 – 45.
7. Табаков, Ю. Г. Рационализация выбора математических алгоритмов для управляющих НЧ сигналов / Ю. Г. Табаков, В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2014. – № 3. – С. 39 – 42.
8. Основные направления формирования электронной компонентной базы для интеллектуального тренажера по восстановлению опорно-двигательной системы человека / В. В. Лавлинский, Д. В. Бибиков, Р. Б. Буров, Ю. Г. Табаков // В сборнике: Элементная база отечественной радиоэлектроники : труды I Российско-Белорусской конференции, посвященной 110-летию со дня рождения О. В. Лосева. – 2013. – С. 262 – 266.
9. Интеллектуальный тренажер / В. В. Лавлинский, Д. В. Бибиков, Р. Б. Буров, Ю. Г. Табаков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 4-3(9-3). – С. 360 – 367.
10. Буров, Р. Б. Разработка лабораторного стенда для отображения амплитудно-частотных характеристик электрического сигнала звуковой частоты / Р. Б. Буров, В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2012. – № 3. – С. 21 – 28.

УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДЕЙСТВИЙ

Аннотация. Данная работа посвящена теоретическим предпосылкам для управления большими системами с использованием математического описания действий. Это дает возможность выделять управляющие сигналы для больших систем в целях формирования правил принятия решений.

Ключевые слова: большие системы, управляющие сигналы, принятия решений, математическое моделирование.

Введение

В настоящее время одной из основных задач, связанных с управлением большими системами, является возможность описания их действий с использованием достоверного математического аппарата. С этой целью разработка теоретических аспектов для описания каких-либо действий систем имеет множество задач и проблем, которые направлены на решение результатов, определяющих возможность достижения конечной цели для целенаправленных больших систем. В этом случае исследования такого рода больших систем направлены на изучение их поведения для оценки возможности достижения той или иной цели в условиях ограничения какого-либо ресурса.

В данном случае действия определяют условия достижения цели как для одной системы, так и их совокупности. Поэтому при решении данной научной проблемы появляется возможность оценивать не менее двух взаимодействующих систем одновременно, причем учитывая неопределенность их поведения на основе его моделирования. Совершенствование теоретических основ математического моделирования для описания больших систем, базирующихся на математическом подходе описания действия [1 – 6] и их совокупностей с оценкой достижения конечной цели, является своевременной и актуальной задачей.

1. Теоретические предпосылки математического моделирования действия для описания управления большими системами, использующими непрерывные и дискретные сигналы входов и выходов

В данной работе теоретические предпосылки математического моделирования действия для описания больших систем основываются на том, что под ДЕЙСТВИЕМ предлагается понимать взаимосвязь как минимум двух систем, которая способна изменять выходные параметры одной системы и хотя бы один входной параметр у другой системы. Ввиду этого схематично ДЕЙСТВИЕ можно представить, как показано на рис. 1, где S_i и S_j взаимосвязанные друг с другом системы, Vx_{m_i} и Vyx_{n_i} – m входы (x_{S_i}) и n выходы (y_{S_i}) S_i системы, Vx_{l_j} и Vyx_{p_j} – l входы (x_{S_j}) и p выходы (y_{S_j}) S_j системы, D_k – k -й оператор D ДЕЙСТВИЯ (или взаимосвязь k -го ДЕЙСТВИЯ), Δy_{S_i} – изменение выходов y_{S_i} у системы S_i , Δx_{S_j} – изменение входов x_{S_j} у системы S_j .

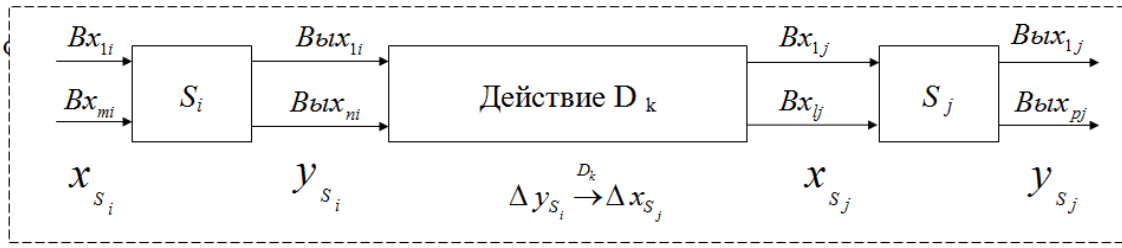


Рис. 1. Представление действий больших систем на основе описаний изменений дискретных сигналов входов и выходов

Опираясь на тот факт, что целенаправленная система (purposeful system) S_i имеет свою цель, а целенаправленная система S_j имеет свою (которые они должны достичь), то такие взаимосвязанные системы можно рассматривать как робототехнические системы, управляемые входными сигналами (параметрами) системы S_j на основе выходных сигналов (параметров) системы S_i .

Ввиду такого подхода предлагается оценивать действия робототехнических систем, использующих изменения дискретных сигналов выходов у одной и входов у другой взаимосвязанных систем.

В соответствии с рис. 1 математическое взаимодействие всех описанных параметров (применительно к взаимодействующим дискретным системам) можно представить следующим образом:

$$\Delta y_{S_i} \xrightarrow{D_k} \Delta x_{S_j} \quad \text{или} \quad D_k = \Delta y_{S_i} \rightarrow \Delta x_{S_j}, \quad \text{или} \quad \Delta x_{S_j} = D_k(\Delta y_{S_i}). \quad (1)$$

Таким образом, пусть для дискретных систем ДЕЙСТВИЕ определяет следующие условия его формирования (наличия):

1. Для первой системы S_i должно быть сформировано непустое множество выходов, т.е. $\{Y_{S_i}\} \neq \emptyset$.
2. Выходы Δy_{S_i} первой системы S_i должны быть связаны с входами Δx_{S_j} второй системы S_j через функцию связи D_k .
3. Для второй системы S_j должно быть сформировано непустое множество входов, т.е. $\{X_{S_j}\} \neq \emptyset$.

Пусть непустое множество выходов $\{Y_{S_i}\} \neq \emptyset$ для первой системы S_i является полной группой событий, т.е. сумма вероятностей $P_{\Sigma Y_{S_i}}$ всех выходов будет равна 1, и, следовательно, множество выходов $\{Y_{S_i}\}$ можно представить как вектор вероятностей событий, выполненных системой S_i в виде вектора-строки $|P_{1S_i}, P_{2S_i}, P_{3S_i}, \dots, P_{NS_i}|$.

Выполнение каждого вероятностного исхода может быть представлено в виде вектора-строки их реализаций. Так, для четкой логики может быть два исхода реализации вероятностей для каждого выходного сигнала (параметра): либо она выполнена в полном объеме

(элемент вектора-строки выполнения вероятностного исхода равен единице), либо она не выполнена вообще (элемент вектора-строки выполнения вероятностного исхода равен нулю).

Такой подход позволяет использовать методы нечеткой логики, где в виде лингвистических переменных входа и выхода может быть использовано множественное количество исходов, описываемых функциями принадлежности. Причем взаимодействие функций принадлежности для каждой лингвистической переменной, описываемой выходные сигналы (параметры) системы S_i , может быть описано правилами принятия решений, определяющими взаимосвязь между выходными сигналами (параметрами) системы S_i и входными сигналами (параметрами) системы S_j при условии, что множество входных сигналов (параметров) системы S_j не является пустым: $\{X_{S_j}\} \neq \emptyset$ и что отдельный входной сигнал (параметр) системы S_j не равен нулю: $X_{S_j} \neq 0$, т.е. имеется хотя бы один входной сигнал (параметр) системы S_i , который у нее изменился.

Таким образом, такой подход позволяет описывать дискретные системы: как с использованием методов четкой логики, так и методов нечеткой логики, включая аппарат нейронных сетей. Кроме того, предлагаемые новые теоретические аспекты математического описания **ДЕЙСТВИЙ** в больших системах позволяют использовать существующие методы нейронных сетей для дискретных и непрерывных сигналов входов и выходов с применением методов нечеткой логики.

Список литературы и источников

1. Лавлинский, В. В. Формирование моделей и методов взаимодействия информационных процессов / В. В. Лавлинский, О. Г. Иванова // Прикладная физика и математика. – 2015. – № 4. – С. 49 – 61.
2. Лавлинский, В. В. Теоретические предпосылки решения проблем формирования моделей и методов взаимодействия информационных процессов / В. В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 2. – С. 30 – 36.
3. Сербулов, Ю. С. Мера информации в задачах выбора и распределения информационных ресурсов / Ю. С. Сербулов, О. Ю. Лавлинская, В. В. Лавлинский // Инженерная физика. – 2010. – № 4. – С. 7–8.
4. Лавлинский, В. В. Формирование моделей и методов взаимодействия информационных процессов / В. В. Лавлинский, О. Г. Иванова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – № 5. – С. 39 – 50.
5. Зубрицкий, П. Ю. Информационное обеспечение для оценки пороговых значений в распознавании релевантных свойств информационных объектов в условиях априорной неопределенности / П. Ю. Зубрицкий, В. В. Лавлинский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 6. – С. 209 – 214.
6. Лавлинский, В. В. Теоретические основы математического моделирования для описания целенаправленных систем / В. В. Лавлинский, Е. А. Рогозин, С. Н. Яньшин // Вестник Воронежского института МВД России. – 2017. – № 2. – С. 143 – 153.

А. В. Левенец, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры автоматки и системотехники
(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ СЖАТИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Аннотация. Рассмотрено ограничение современных методов сжатия измерительных данных, связанное с рассмотрением проблемы сжатия как процедуры обработки потока информации от отдельного источника, без учета возможных взаимосвязей с другими источниками. Предлагается рассматривать наборы данных от различных источников как единый объект, что позволит повысить эффективность методов сжатия.

Ключевые слова: измерительные данные, телеметрические данные, сжатие данных.

Еще с середины XX века, когда возникла проблема недостаточности пропускной способности каналов связи, разработчиками стала применяться процедура сжатия данных информационно-измерительных систем (ИИС). Результатом работы средств сжатия данных является удаление неинформативной части исходных данных, что осуществляется как обратимыми (квазиобратимыми), так и необратимыми способами.

В настоящее время существуют различные способы сжатия, разработанные для данных различного типа, которые достаточно эффективно выполняют поставленную перед ними задачу [1, 2]. Важно отметить, что основным типом данных в трафике телекоммуникационных систем сейчас является мультимедиаинформация, благодаря чему значительная часть способов сжатия ориентирована именно на такие данные.

Наиболее сложно организовать сжатие измерительных данных, так как их статистические параметры сходны с соответствующими параметрами шумового сигнала, что значительно затрудняет задачу сжатия традиционными методами. На данный момент в открытой печати публикуется относительно мало работ по сжатию измерительных данных. Наиболее часто при этом рассматриваются специализированные алгоритмы, ориентированные на конкретный тип данных, причем большинство предлагаемых способов представляет собой модификацию известного способа сжатия [3 – 5].

Для повышения эффективности сжатия часто предлагается использовать предварительную обработку данных, результатом работы которой является структуризация исходных данных, что позволяет увеличивать эффективность их сжатия. Так, можно рассматривать кадры телемеханических данных как одномерные битовые последовательности, из которых после оценки корреляционных зависимостей формируются упорядоченные структуры данных более высокой размерности [6]. Необходимо подчеркнуть, что в ряде случаев предварительная обработка достаточно тесно связана с процедурой сжатия, и разделить их функционально практически невозможно.

Анализ современного состояния проблемы сжатия показывает, что подавляющее большинство методов предварительной обработки и сжатия данных разрабатывается с использованием традиционного подхода к таким задачам, когда обработке подвергается каждый источник информации в отдельности, без поиска их корреляционных связей с другими источниками. Исключение составляют методы сжатия изображений и видеоданных, тем не менее для них чаще всего используются способы сжатия с потерями, которые, как правило, не могут быть применены для сжатия измерительных данных.

Когда сжимаются данные от единственного источника информации, то традиционный подход наиболее эффективен, но увеличение количества источников приведет к необходи-

мости применять для каждого из них индивидуальный алгоритм сжатия с оптимальными параметрами и особенностями реализации.

Следует заметить, что данные телеметрии чаще всего поступают от одного объекта, измеряемые параметры которого могут быть связаны друг с другом, в том числе неявным образом. Так, например, такая связь может проявиться благодаря наличию физических взаимодействий между составляющими частями измерительного объекта. Таким образом, сжимаемый кадр в общем случае можно представить как один объект, внутренняя структура которого может быть изменена некоторым обратимым способом. Например, данные можно представить в виде битовой последовательности, которая затем может быть преобразована в более сложные структуры, сжимаемые более эффективно. Можно допустить, что размерность формируемой структуры данных будет существенно зависеть как от числа источников информации, размещенных в кадре, так и от степени их корреляции.

Поэтому для разработки эффективных способов сжатия телеметрических данных, предлагается использовать следующие принципы:

- Кадр телеметрических данных необходимо рассматривать как единое информационное пространство, которое имеет внутренние корреляционные взаимосвязи, в том числе на битовом уровне, что обеспечит гибкость разрабатываемых способов сжатия;

- Кадр данных первоначально рассматривается как одномерная битовая последовательность, которая может быть преобразована в упорядоченные структуры более высокой размерности, что приведет к повышению эффективности сжатия, в том числе существующими алгоритмами;

- Необходимо отказаться от жесткой поддержки разрядности исходных данных. Это позволит строить n -мерные структуры, обладающие большей степенью упорядоченности по сравнению с исходными структурами, не манипулирующими разрядностью;

- При разработке способов сжатия предполагается, что сжатию подвергается или кадр в целом, или совокупность из нескольких последовательно расположенных во времени кадров, что даст выигрыш в эффективности сжатия как минимум для стационарных режимов работы;

- Структуры подсистем предварительной обработки и сжатия должны обеспечивать минимальные аппаратные, вычислительные и энергетические затраты в целях обеспечения возможности их применения для различных областей современной техники, в том числе сенсорные сети и информационно-измерительные системы различного назначения.

Полная реализация предлагаемых принципов может быть в многоуровневой подсистеме сжатия, когда на первом уровне применяются хорошо известные алгоритмы с гарантированным значением коэффициента сжатия. Первый уровень функционирует до тех пор, пока алгоритмы более высоких уровней не накопят необходимый уровень статистических данных или в случае работы с нестационарными данными, когда алгоритмы более высоких уровней перестают быть эффективными. Имеется в виду, что алгоритмы второго уровня учитывают неявные корреляционные связи как внутри кадра данных, так и в потоке данных от одного источника. Алгоритмы более высокого уровня учитывают, к примеру, взаимосвязи между соседними кадрами, а на более высоком уровне могут учитывать особенности потоков кадров данных и т.д.

Для стационарных режимов работы системы в качестве метода сжатия первого уровня достаточно эффективным будет разностный алгоритм, представляющий собой поэлементное вычисление арифметической разности между отсчетами в текущем и предыдущем кадрах.

Следует учитывать, что при сжатии телемеханических данных они обычно передаются кадрами фиксированного размера и неизменной структуры. Таким образом, если телеметри-

ческий кадр содержит отсчеты n датчиков разрядности k , то его можно представить в виде битовой матрицы, размерностью $n \times k$. Такое представление кадра данных дает возможность совместить операции дельта-кодирования и обнаружения корреляций между соседними отсчетами. Рассматривая полученное битовое поле, допустимо выделять и кодировать однородные области, несмотря на то, что такая область будет состоять из битов, принадлежащих отсчетам от разных датчиков [7].

В целях обеспечения возможности эффективного сжатия информационное поле источников данных следует рассматривать как линейную совокупность битов с последующим ее преобразованием в структуру повышенной размерности. Такая структура представляет собой набор однородных областей, заполненных некоторыми фиксированными значениями. Представление линейной последовательности измерительных данных некоторой двумерной структурой битовых значений отсчетов данных является наиболее простым способом такого преобразования [6].

Алгоритм сжатия, в основу которого положен ряд предложенных принципов, рассмотрен в работе [8], где приведены результаты его исследования, показавшие увеличение эффективности сжатия по сравнению с классическими алгоритмами. Так, алгоритм сжатия, построенный по классической схеме, обеспечивал среднюю степень сжатия около четырех, в то время как для предложенного алгоритма средняя степень сжатия составляла около пяти. Предложенный алгоритм сжатия возможно использовать на втором или третьем уровнях описываемой подсистемы сжатия.

Таким образом, можно предположить, что при сжатии измерительных данных, полученных от сложного технического объекта, измеряемые параметры которого связаны друг с другом, алгоритм сжатия, использующий предлагаемые принципы, может обеспечить более высокую эффективность, чем классические алгоритмы сжатия.

Список литературы и источников

1. Salomon, D. Data compression / D. Salomon. – New York : Springer, 2004. – 400 p.
2. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2003.
3. Интеграция данных в многодатчиковых бортовых информационно-управляющих системах / В. С. Верба, В. И. Меркулов, Е. В. Попов, В. С. Чернов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. – Т. 12, № 2. – С. 32 – 43.
4. Adjero, D. The Burrows-Wheeler Transform – Data Compression, Suffix Arrays, and Pattern Matching / D. Adjero, T. Bell, A. Mukherjee. – New York : Springer, 2008.
5. Optimized RTL design and implementation of LZW algorithm for high bandwidth applications / S. Navqi, R. Naqvi, R. A. Riaz, F. Siddiqui // Electrical Review. – 2011. – № 4. – P. 279 – 285.
6. Чье Ен Ун. Представление телемеханических данных однородными n -мерными структурами как предварительная обработка в задачах сжатия / Чье Ен Ун, А. В. Левенец, В. В. Нильга // Информационно-управляющие системы. – 2011. – № 6. – С. 7 – 10.
7. Левенец, А. В. Структурное упорядочение данных для задач сжатия в информационно-измерительных системах / А. В. Левенец, В. В. Нильга // Вестник ТОГУ. – 2009. – № 2(13). – С. 45 – 52.
8. Богачев, И. В. Геометрический подход к сжатию данных телеметрических систем / И. В. Богачев, А. В. Левенец, Чье Ен Ун // Информатика и системы управления. – 2015. – № 4(46). – С. 16 – 22.

А. Н. Мазалов, аспирант кафедры «Информационные системы и защита информации»,
А. В. Яковлев, канд. техн. наук, доц.,
доц. кафедры «Информационные системы и защита информации»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ ФРАГМЕНТОВ РБД ПО УЗЛАМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В статье рассматривается анализ способов размещения фрагментов РБД по узлам РИС. Проводится анализ зависимостей вариантов размещения информационных сущностей от количества узлов, используемых в РИС.

Ключевые слова: распределенные информационные системы, распределенные базы данных, РИС, РБД.

В настоящее время большинство современных вычислительных систем являются распределенными (РИС), т.е. строятся с учетом того, что они будут эксплуатироваться (использоваться) многими пользователями, географически находящимися на значительных расстояниях друг от друга. В связи с этим возникает вопрос, как обеспечить высокую производительность, надежность и доступность таких систем, а также где оптимально хранить и обрабатывать вновь поступающие данные.

В основе любой РИС лежит распределенная база данных (РБД).

Одним из важных вопросов использования РБД в РИС является то, как преобразовать исходную логическую структуру интегрируемой базы данных в распределенную, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать сохранение семантических свойств информационных элементов предметной области и связей между ними, зафиксированных в концептуальной схеме данных;
- учитывать возможности программного обеспечения (СУБД) и различных режимов работы РИС, частотные характеристики обращений компонентов программного обеспечения к информационным фондам системы.

На основании постановки задачи размещения фрагментов РБД по узлам РИС [1] вышеизложенная задача размещения исходной логической структуры интегрируемой базы данных в распределенную может быть сформулирована следующим образом: определить такое размещение (Φ) сущностей по узлам РИС, которое минимизирует целевую функцию (полное время обработки запросов при решении всей совокупности задач на заданном временном интервале) при ограничениях на дублирование и ограничениях на объем хранения информации на узле

$$\Phi_{\text{опт}} \rightarrow \min_{\Phi} Z(\Phi),$$

где Φ – множество сущностей, размещенных в узлах; $Z(\Phi)$ – функция, характеризующая информационные потоки при выполнении распределенных запросов.

Эта задача относится к классу задач целочисленного программирования, особенностью которой является оптимизация структуры РБД при неявной зависимости целевой функции от переменной размещения и наличии ограничений [2].

На основе проведенного анализа существующих и перспективных РИС можно сделать вывод, что значительный объем исходных данных не позволяет решать эту задачу прямым

комбинаторным методом [3]. В связи с этим возникает необходимость поиска методов, дающих квазиоптимальные решения. При этом результатом решения данной задачи будет являться рациональный план размещения сущностей в узлах РИС.

Начнем решение задачи с получения всех вариантов размещения сущностей по узлам РИС. Данный этап представляет собой разбиение множества Φ на l блоков – семейство множеств Φ_l , таких, что $\Phi_l \subseteq \Phi$; $\cap \Phi_l = \emptyset$; $\cup \Phi_l = \Phi$.

Количество вариантов разбиений множества Φ на произвольное количество множеств Φ_l определяется рекуррентной формулой:

$$S(n, k) = \sum_{i=k-1}^{n-1} \binom{n-1}{i} S(i, k-1);$$

$$S(0, 0) = 1; \quad j(1, 1) = 1;$$

$$S(n, k) = 0; \quad k > n,$$

или как числа Стирлинга второго рода:

$$\text{для } 0 < k < n \quad S(n, k) = S(n-1, k-1) + kS(n-1, k);$$

$$\text{для } n \geq 0 \quad S(n, n) = 1;$$

$$\text{для } n > 0 \quad S(n, 0) = 1.$$

Количество размещений $J(n, k)$ возможных вариантов в узлах выразим следующим соотношением, имеющим факториальный характер:

$$J(n, k) = k!S(n, k).$$

На рисунке 1 показана столбчатая диаграмма, демонстрирующая скорость увеличения количества возможных вариантов размещений сущностей в узлах РИС в зависимости от увеличения количества узлов и/или сущностей.

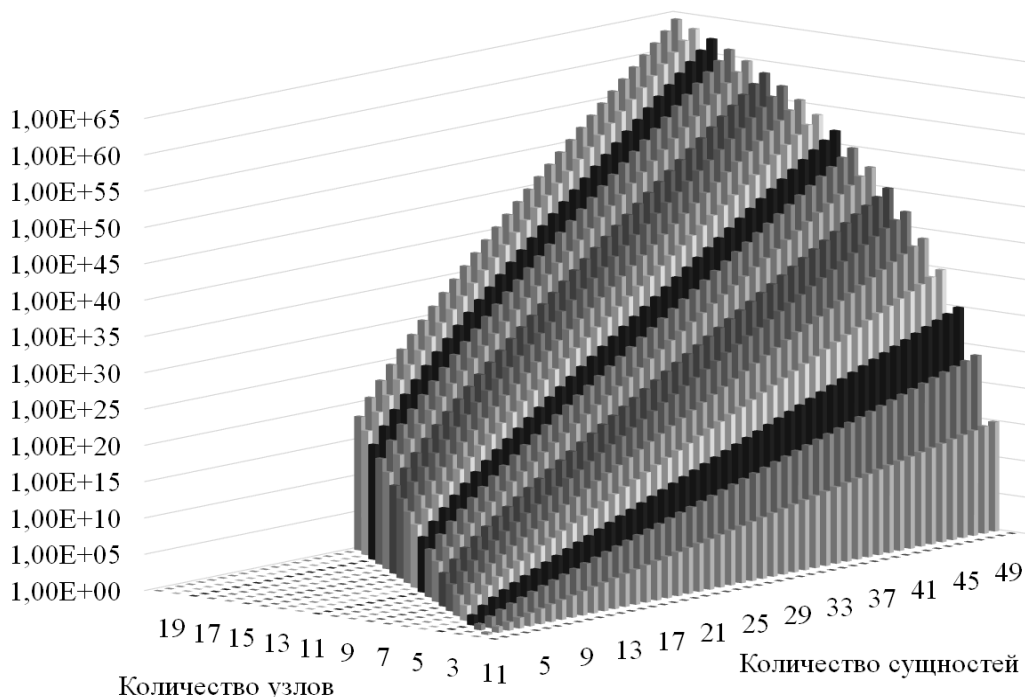


Рис. 1. Количество вариантов размещения сущностей в узлах РИС

Из анализа диаграммы видно, что при изменении количества узлов и сущностей количество вариантов их размещения изменяется нелинейно и это изменение различно по направлениям изменения узлов и сущностей.

Для решения данной задачи необходимо выполнить редукцию пространства возможных решений. Редуцирование возможно в следующих направлениях:

- на множестве сущностей;
- на множестве узлов;
- на обоих множествах одновременно.

Первое направление связано с анализом информационно-логической модели (ИЛМ) РБД и иерархической зависимости сущностей для проведения операций композиции, денормализации и структурной фиксации сущностей. Это позволит сократить количество рассматриваемых сущностей, но может повлиять на временные характеристики выполнения некоторых транзакций.

Другое направление напрямую связано с топологией РИС и иерархией ее узлов. В данном случае для снижения размерности графовых структур наибольшее применение получил метод кластерного анализа на основе иерархической кластеризации, факторного анализа и т.д. [5].

Изменение количества узлов для размещения сущностей значительно влияет на размерность пространства исходных данных. Выполнив анализ зависимости относительной чувствительности приращения вариантов размещения от количества узлов, становится очевидным, что изменение количества узлов приводит к сокращению количества вариантов как при увеличении, так и при уменьшении. Следовательно, изменяя количество узлов РИС, можно варьировать размерность пространства возможных решений.

Таким образом, из изложенного видно, что поиск решения задачи размещения фрагментов РБД по узлам РИС стоит производить на редуцированных структурах. Вместе с тем возникает проблема выбора как направления редукции, так и методов ее осуществления.

Список литературы и источников

1. Мазалов, А. Н. Постановка задачи оптимизации размещения фрагментов РБД по узлам распределенной информационной системы / А. Н. Мазалов, А. В. Яковлев // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс] : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. : в 3 т. / под общ. ред. М. Н. Краснянского ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – Вып. 5, Т. III. – С. 193 – 198.
2. Мейкшан, В. И. Эмпирический поиск оптимального размещения данных в распределенной информационной системе / В. И. Мейкшан // Информация и космос. – 2009. – № 4. – С. 30 – 35.
3. Цегелик, Г. Г. Системы распределенных баз данных / Г. Г. Цегелик. – Львов : Свит, 1990. – 166 с.
4. Коцюба, И. Ю. Основы проектирования информационных систем : учебное пособие / И. Ю. Коцюба, А. В. Чунаев, А. Н. Шиков. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 206 с.
5. Классификация и кластер / под ред. Дж. Вэн Райзина ; пер. с англ. – М. : Мир, 1980. – 390 с.

А. А. Майстренко, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», проректор по развитию имущественного комплекса,
Н. В. Майстренко, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений», директор Института заочного обучения (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОКОЭКОЛОГИЧНЫХ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ХТП НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Аннотация. Рассмотрены возможность и этапы проектирования информационных систем для сложных химико-технологических процессов с использованием объектно-ориентированного подхода на примере химико-технологического процесса получения азопигментов.

Ключевые слова: информационная система, объектно-ориентированный подход, химико-технологические процессы.

Создание принципиально новых энерго- и ресурсосберегающих производств химической технологии с высокой степенью экологической безопасности и синтез технологических схем таких производств является в крайней степени сложной задачей, требующей анализа всех возможных вариантов конструктивного оформления проектируемых химико-технологических процессов, обеспечивающих необходимую производительность химико-технологической установки.

В настоящее время автоматизировать процедуру разработки принципиальных технологических схем для новых высокоэкологических энерго- и ресурсосберегающих химических процессов возможно с помощью универсальных компьютерных сред моделирования и проектирования, способных выполнять анализ сложных химико-технологических процессов, синтезировать и анализировать создаваемые альтернативные решения реализации этих процессов, осуществлять выбор оптимального варианта. Все это влечет к значительному уменьшению времени на разработку и исследования химико-технологических процессов, а желаемый результат достигается природосберегающими и неразрушающими способами.

Разработка такого рода программных продуктов для химии и химических технологий требует применения наиболее современных методов программной инженерии и осложняется необходимостью решения большого числа дополнительных задач, возникающих в ходе разработки отдельных информационных и программных компонентов данного инструментария. В значительной степени возникающие проблемы могут быть разрешены использованием в процессе разработки современных лингвистических инструментов и автоматизированных технологий синтеза информационных проектов, использованием объектно-ориентированного подхода к анализу и проектированию составных компонентов информационных систем, что приводит в результате к объединению системного анализа с процессом логического проектирования. Подобный подход обеспечивает применение логического проектирования и системного анализа на протяжении всего жизненного цикла информационного проекта и одновременно с этим дает возможность преодолевать проблемы, которые возникают в ходе трассировки математических моделей информационной системы.

Создаваемая нами компьютерная разработка ориентирована на формализацию профессиональных знаний в области моделирования, оптимизации и проектирования химических процессов и химико-технологических систем, а входящие в состав ее инструментальные сред-

ства значительно облегчают и ускоряют процессы подготовки, сбора и анализа исходных данных проектировщикам и исследователям, и позволяют им решать задачи интерактивного моделирования и проектирования химико-технологических объектов [1]. В то же время инструментальная система моделирования порождает на выходе некий набор данных, содержащий информацию о структуре моделируемой системы и свойствах отдельных ее элементов. Исполнительная система, работающая в составе вычислительного комплекса, получает эти данные и обеспечивает выполнение необходимых вычислений состояния объекта с учетом поступающих управляющих воздействий и изменяющихся факторов окружающей среды.

В качестве одного из примеров, реализованного в информационной системе компьютерного моделирования и оптимального проектирования процессов и аппаратов ресурсосберегающих химико-технологических процессов, рассматривались непрерывные технологические процессы diaзотирования и азосочетания синтеза азопигментов [2]. Для данных процессов на первом этапе построения математических моделей проводилось построение моделей предметной области в виде диаграммы классов, которые являлись также и диаграммами статической модели химико-технологического процесса. В то же самое время происходит создание моделей активности системы, основным назначением которых является детализация логической и алгоритмической реализации операций, выполняемых системой, и уточнение моделей предметной области, служащих основой для проектирования моделей химико-технологической системы в целом [3]. Вследствие этого и последующего этапов итеративного, с пошаговым наращиванием возможностей, процесса происходит разработка объектно-ориентированной проектной модели ХТС для последующей кодогенерации. Эта схема проектирования математических моделей химико-технологических систем с применением прогрессивных объектно-ориентированных технологий задействована при разработке информационной системы для моделирования и проектирования процессов тонкого органического синтеза (диазотирования и азосочетания). Математические модели, построенные в системе, позволяют рассчитывать параметры состояния химико-технологических процессов и определять их качественные показатели.

Проектирование реакторных систем для процессов диазотирования и азосочетания дает возможность создавать конструкции емкостного типа, в которых гарантируется выполнение всех технологических ограничений этих процессов. Дальнейшие исследования полученных конструкций реакторных систем показали хороший запас их технического и технологического ресурса. Данный факт объясняется необходимостью сохранения работоспособности реакторных систем даже при существенных отклонениях от номинальных значений всех неопределенных параметров химико-технологических процессов. Вместе с тем вероятностное выполнение технологических ограничений по сравнению с требованием их абсолютного выполнения требует меньшего запаса технических и технологических ресурсов реакторных установок.

При этом нами были получены и проанализированы различные проектные решения для принципиальных технологических схем гибкого непрерывного производства азопигментов в целом. Так, к примеру, на стадии отработки непрерывных технологических процессов диазотирования и азосочетания может быть задействована непрерывная автоматизированная установка синтеза азопигментов общей производительностью 1000 т/год, в которой диазотирование проводится в 5-секционной непрерывно действующей реакторной системе диазотирования емкостного типа, а для процесса азосочетания применяется каскад из реакторов емкостного типа.

Проведенные исследования непрерывного процесса азосочетания доказали необходимость осуществлять распределение потока диазосоединения, поступающего из реакторной

системы диазотирования, по реакторным системам азосочетания. Приведенные расчеты показали [4], что разработанная с помощью интерактивной информационной системы технологическая схема производства азокрасителей (рис. 1) отличается высокой эффективностью и обеспечивает требуемый для реального производства качество и выход целевого продукта (табл. 1). Данная установка синтеза азокрасителей дает возможность получать не только различные марки азокрасителей, но и осуществлять все важнейшие реакции тонкого органического синтеза, встречающиеся в производстве синтетических красителей, химикатов-добавок для полимерных материалов и др.

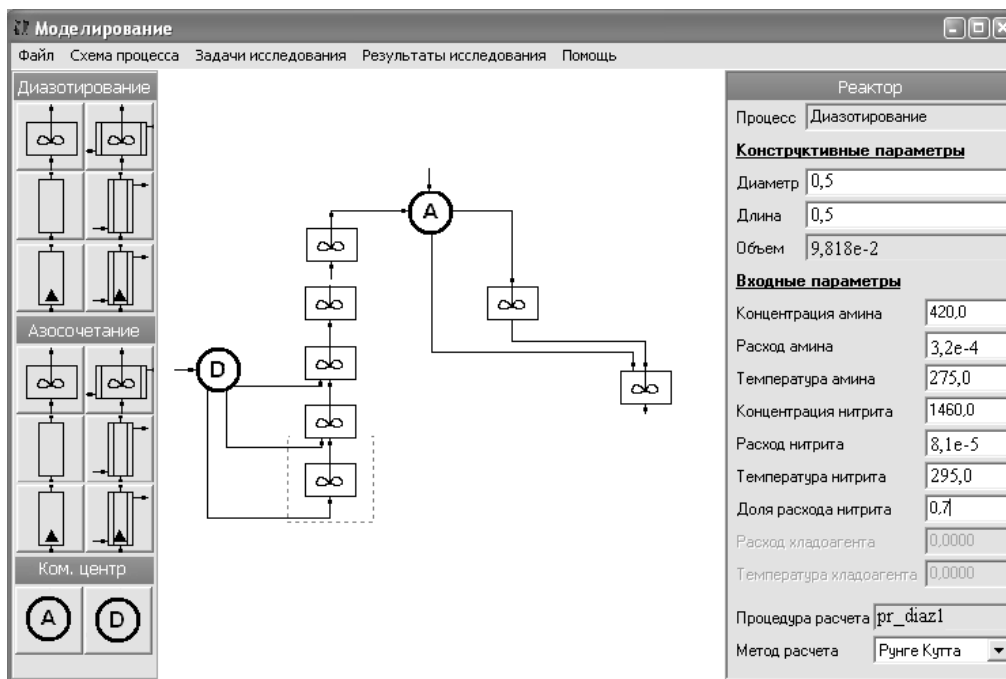


Рис. 1. Технологическая схема установки непрерывного синтеза азокрасителей

1. Результаты расчета технологической схемы, приведенной на рис. 1

Расчетная производительность по сухому пигменту	1001,2	т/год
Выход диазосоединения	98,2	%
Проскок амина	0,81	%
Содержание нитрозных газов	0,73	%
Выход азокрасителя	99,12	%
Содержание диазосмол	0,86	%
Физико-колористические показатели:		
Основной тон	7,35	ед. сист. Рихтера
Насыщенность	3,4	ед. сист. Рихтера
Красящая способность	2,3	K/S
Укрывистость	24,4	г/м ²
Прозрачность, коэффициент контрастности	82,9	%
Маслоемкость	75,6	г/100 г
Текучесть	17,9	мм
Растворимость	0,19	кг/м ³

Список литературы и источников

1. Грэхем, И. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика / И. Грэхем ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 880 с.
2. Майстренко, А. В. Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии непрерывного синтеза азопигментов / А. В. Майстренко, Н. В. Майстренко, И. Л. Вольщак // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 3(47). – С. 306 – 314.
3. Майстренко, А. В. Объектно-ориентированный инструментарий для проектирования высокоэкологичных и ресурсосберегающих химико-технологических процессов / А. В. Майстренко, Н. В. Майстренко // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 3(65). – С. 213 – 218.
4. Майстренко, А. В. Моделирование технологических установок ресурсосберегающих химико-технологических процессов на основе объектно-ориентированного подхода / А. В. Майстренко, Н. В. Майстренко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Управление, Вычислительная техника, Информатика. – 2017. – № 1 (январь). – С. 62 – 68.

С. А. Мартиросов, оператор научной роты,
С. Н. Минаков, командир взвода – младший научный сотрудник роты (научной)
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА СКАНЕРА ЧАСТОТ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В работе приводится интерфейс сканера частот для *SDR*-приемника с целью анализа радиоэлектронной обстановки оператором радиоразведки.

Ключевые слова: радиоразведка, интерфейс, программно-определяемая радиосистема.

Одной из основных задач робототехнических комплексов является разведка радиоэлектронной обстановки. Задачи мониторинга могут решаться с помощью технологии программно-определяемого радио. *SDR*-модуль удобно размещать на любом комплексе наземного, морского и воздушного базирования.

Software-defined radio, *SDR* (программно-определяемая радиосистема) – радиотелекоммуникационная система, которая может быть настроена на произвольную полосу частот и принимать различные виды модулированного сигнала, состоящая из программируемого оборудования с программным управлением.

В *SDR*-оборудовании форма модулированного радиосигнала задается в ПО. Формируется цифровой сигнал, который затем с помощью широкополосного ЦАП преобразуется в аналоговый на промежуточной частоте (ПЧ). Далее сигнал ПЧ посредством преобразования вверх превращается в высокочастотный сигнал. В приемнике все происходит в обратном порядке. Широкополосный АЦП преобразует в цифровой вид множество узкополосных сигналов, попадающих во входной тракт приемника. В соответствии со встроенным ПО приемник извлекает, преобразует вниз и демодулирует сигналы каждого канала, т.е. технология *SDR* позволяет изменять эксплуатационные параметры радиооборудования на уровне ПО. Ресурс дорогостоящего оборудования, такого как базовые станции сотовой связи, на сегодняшний день существенно превышает срок их конкурентоспособности по предоставляемым услугам и параметрам. В то же время модернизация уже развернутых систем связи практически невозможна, поскольку требует полной замены существующего оборудования. Разрабатываемые в рамках тех или иных стандартов улучшенные алгоритмы обработки сигнала и новые виды сервиса не могут быть внедрены по причине их низкой окупаемости. Аналогичный эффект – в случае перехода от одного стандарта связи к другому. Существующие приемопередатчики разработаны, как правило, для работы с сигналами, соответствующими одному определенному стандарту связи. При необходимости работы с сигналами других стандартов пользователь вынужден полностью менять оборудование. Конкурентные преимущества в этих условиях получают системы с наибольшей гибкостью.

Основным преимуществом *SDR* является легкий апгрейд оборудования. Достаточно всего лишь обновить программное обеспечение, при этом аппаратные средства останутся без изменений. Также *SDR* может быть легко адаптирована под любые функции различных приложений. Это стало возможно благодаря достижениям в области программного обеспечения и кремниевой технологии. Большинство ПО уже включает в себя все необходимые

операции для выполнения оцифровки, частотной выборки, выделения необходимой полосы частот.

Технология *SDR (Software-defined radio)* позволяет решать такие проблемы и позволяет «малой кровью» модернизировать одну из наиболее сложных и дорогих частей приемопередающей аппаратуры – ее трансивер. Трансивер, разработанный в концепции *SDR*, обеспечивает поддержку широкого спектра стандартов связи. Перепрограммирование трансивера для его адаптации под другой стандарт связи не влечет за собой изменения в аппаратной части. Отличительными чертами таких устройств являются:

- сверхширокополосная и малошумящая радиочастотная часть, обладающая большим динамическим диапазоном;
- высокоскоростной с большим динамическим диапазоном тракт аналого-цифрового преобразования;
- обладающий большой вычислительной мощностью сигнальный процессор и специализированный цифровой тракт фильтрации.

Для реализации интерфейса сканера частот необходимо выделить совокупность нескольких функциональных блоков, которые позволят оператору оперативно анализировать радиоэлектронную обстановку:

- блок отображения спектра в заданной полосе частот;
- блок отображения амплитудно-временной характеристики сигналов в заданной полосе частот («водопад»);
- блок управления параметрами радиосистемы и отображения осциллограммы;
- блок выбора типа модуляции;
- блок обработки принятых сигналов.

Интерфейс программного средства представлен на рис. 1.

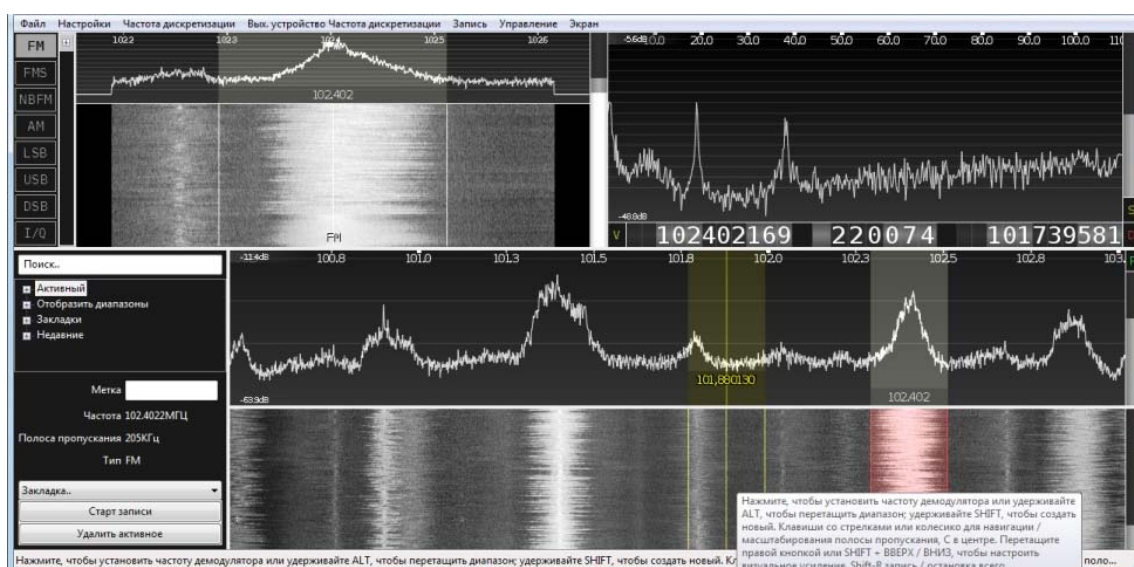


Рис. 1. Интерфейс программного средства

В блоке обработки принятых сигналов реализованы функции, позволяющие оператору сохранить найденный сигнал, присвоив ему определенное название, добавить его в группу подобных сигналов, отобразить последние найденные сигналы или удалить все рабочее

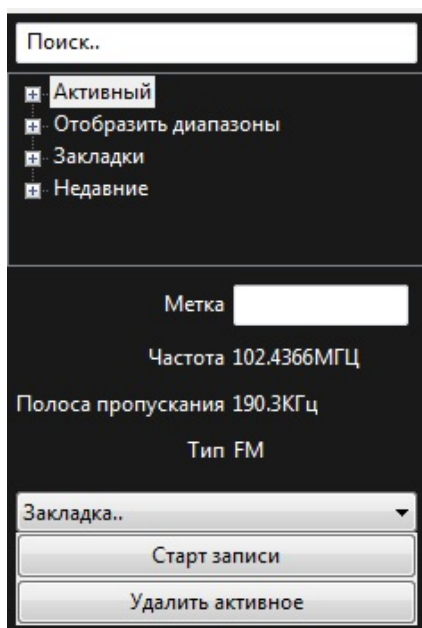


Рис. 2. Блок обработки принятых сигналов

Блок отображения спектра в заданной полосе частот и блок отображения амплитудно-временной характеристики сигналов в заданной полосе частот приведены на рис. 3.

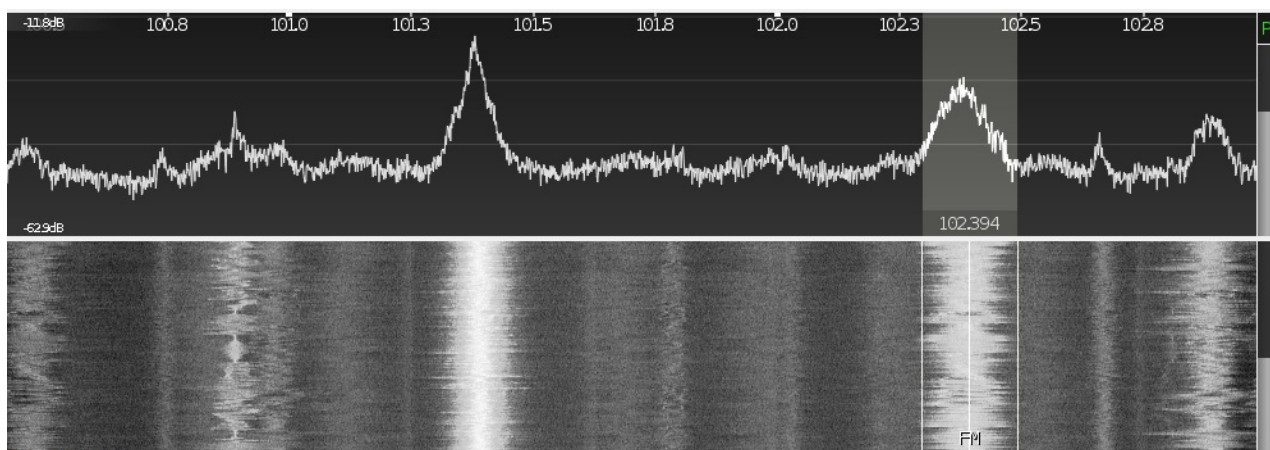


Рис. 3. Отображения спектра и «водопада»

Блок управления параметрами радиосистемы и отображения осциллограммы позволяет задавать частоту, на которой будет производиться прием сигнала, устанавливать полосу пропускания, устанавливать центральную частоту, включать/отключать блокировку модема относительно центральной частоты. Кроме того, в блоке управления включается/отключается демодулятор, сольный режим. Так же ползунком регулируется уровень усиления демодулятора.

Блок управления параметрами радиосистемы и отображения осциллограммы представлен на рис. 4.

Отдельным блоком реализовано отображение спектра и амплитудно-временной характеристики сигнала в заданной полосе пропускания. Данный блок представлен на рис. 5. Так же существует возможность задать определенный уровень мощности принимаемого сигнала.

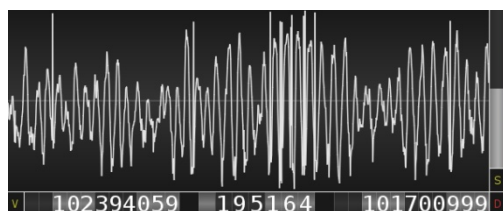


Рис. 4. Блок управления параметрами и отображения осциллограммы

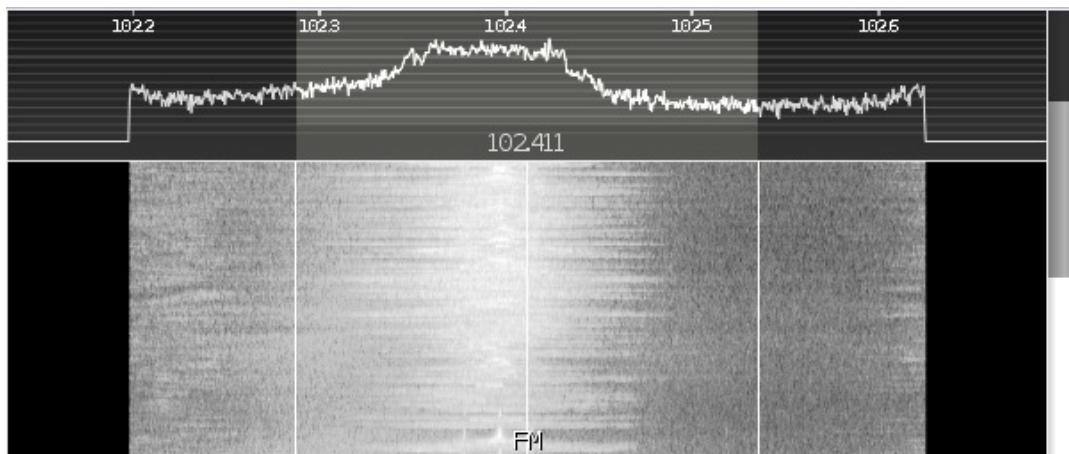


Рис. 5. Спектр и «водопад» в установленной полосе пропускания

Блок выбора типа модуляции позволяет оператору устанавливать тип модуляции принимаемого сигнала. В настоящее время отсутствуют либо недостаточно развиты алгоритмы распознавания видов модуляции аналогового и цифрового сигналов, поэтому необходимо предоставить оператору выбор из существующих алгоритмов для принятия верного решения относительно принимаемого сигнала. Данный блок представлен на рис. 6.

Разработанный интерфейс для сканера частот позволяет пользователю в режиме реального времени отслеживать радиоэлектронную обстановку и оперативно реагировать на ее изменение; обеспечивает возможность хранения и оперативного поиска сигналов как на определенном наборе частот, так и в рамках выбранного поддиапазона. Позволяет осуществить визуальное отображение спектра и амплитудно-временной характеристики найденного сигнала.



Рис. 6. Виды модуляции сигналов

Список литературы и источников

1. Шахнович, И. Российский цифровой приемник 1288ХК1Т – первый представитель серии Мультиплекс / И. Шахнович // Электроника. – 2006. – № 2. – С. 24 – 31.
2. Пронин, К. Проектирование, оптимизация и моделирование SDR / К. Пронин // Электронные компоненты. – 2012. – № 2. – С. 49 – 53.
3. Фалько, А. И. Расчет преселекторов : учебное пособие / А. И. Фалько // СибГУТИ. – Новосибирск, 2002. – 145 с.
4. Гасанов, О. Принципы построения радиоприемников с цифровой обработкой сигнала / О. Гасанов // Электронные компоненты. – 2010. – № 12. – С. 63 – 65.
5. Чалил, М. Реализация цифрового радио / М. Чалил // Электронные компоненты. – 2013. – № 5. – С. 37 – 41.

А. А. Митрошина, студент кафедры «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»,
В. А. Глушков, канд. техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Конструирование радиоэлектронной аппаратуры»
(Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова,
Ижевск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ ADEM К АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Рассмотрены особенности автоматизации технологической подготовки производства с применением программы ADEM. Приведены примеры операций: механообработка, покраска, технологический контроль технологического процесса, созданных с помощью программы ADEM.

Ключевые слова: ADEM, ADEM CAPP, технологический процесс, технологическая подготовка производства, механообработка, автоматизация.

Введение

Задачей технологической подготовки производства (ТПП) является полное обеспечение технологической и производственной готовности предприятия к производству любых (новых и отработанных) изделий с заданной идеалистической задачей, а именно: высокий технический и качественный уровень изготовления с минимальными трудовыми, экономическими, материальными и временными издержками при определенном техническом уровне производства, сопоставленных с предполагаемыми объемами продукции. В процессе ТПП следует решить целый ряд задач: отработка изделия на технологичность, разработка технологических маршрутов и процессов, разработка специальной технологической оснастки, технологическое оснащение производства, технологическое сопровождение изготовления опытной партии, установочной серии и установившегося серийного производства, нормирование затрат труда, нормирование основных материалов, выпуск технологической документации и технологических извещений об изменении.

В интегрированной системе ADEM проектирование технологического процесса (ТП) реализуется в модуле ADEM CAPP. В данном модуле с различной степенью автоматизации возможно проектировать единичные, групповые и типовые ТП, в том числе ведомости деталей к ним по многим направлениям: механообработка, гальваника, сварка, сборка, термообработка, покраска, штамповка, литье, технологический контроль, испытания и т.д., разработанных согласно стандартам ЕСТД и СТП. Различные ведомости и другие виды документов: ведомость технологических документов, ведомость оснастки, комплектовочная карта по расходу вспомогательных материалов, карта типового ТП, карта эскизов, ведомость деталей к типовому (групповому) ТП, лист регистрации изменений и др. автоматически формируются на основе данных, заложенных в ТП.

Краткая информация о программе ADEM (модуль ADEM CAPP)

Автоматизация проектной конструкторско-технологической подготовки производства и управление инженерными данными являются основным направлением деятельности группы компаний ADEM Automated Design, Engineering & Manufacturing (Автоматизированное про-

ектирование, расчет и изготовление). ADEM CAPP позволяет создавать технологические процессы для операций различной сложности, учет необходимого оборудования и ряд стандартных операций [1, 2].

Достоинства модуля ADEM CAPP (Computer-Aided Product Processing) состоят в следующем:

- Использование в создании ТП графической информации. В качестве геометрической информации выступают как 2D-чертеж, так и 3D-модель. Из штампа чертежа информация передается в ТП, далее заполняются необходимые позиции: обозначения, площадь поверхности, объем детали, наименование, основной материал и т.д.

- Удобный интерфейс. Разработчики программы приняли во внимание специфику работ технолога и простыми, понятными символами обозначили нужные операции, переходы, оснастку и инструмент.

- Автоматизация стандартных технологических расчетов. В модуле ADEM CAPP реализована возможность автоматических расчетов там, где это необходимо. Это в значительной степени экономит время при различных расчетах, начиная от нормы расхода материала на деталь до норм времени и др. Встроенный язык программирования расширяет данную возможность и позволяет модифицировать существующие и создавать новые определяемые пользователем расчеты.

- Возможность ввода информации всего один раз. Пользователю нужно только раз задать верные единицы измерения материалов и затем программа будет строить ТП на основе единожды введенного значения. Данная функция распространяется на многие аспекты создания ТП.

- Автоматическое создание элементов (частей) ТП. При изменениях в конструкторской документации (КД) (например, появилось сквозное отверстие) программа сама модифицирует ТП и просчитывает норму материала, времени и трудозатрат на действие.

Проектирование ТП

Рассмотрим функционал (проектирование технологического процесса, создание нормативных документов в соответствии с ЕСТПП, нормирование труда) продукта ADEM CAPP, в том числе его интеграцию в информационную систему предприятия в соответствии с идеологией CALS.

Структурно ADEM CAPP состоит из четырех условных уровней, заполняя которые, пользователь создает ТП.

Информация о технологическом процессе в таких системах обычно представляется в иерархическом виде:

- на 1-м уровне находятся общие, основные данные;
- на 2-м уровне – данные об операциях, выполняемых в технологическом процессе;
- на 3-м уровне – данные о технологических и вспомогательных переходах;
- на 4-м уровне – данные о средствах технологического оснащения.

В соответствии с порядком следования информации при заполнении этих уровней выстраивается порядок проектирования технологического процесса. При создании маршрута в качестве основы могут использоваться отработанные техпроцессы-аналоги.

Основой автоматизации в ADEM CAPP являются базы данных (библиотеки), которые хранят информацию о стандартных и типовых средствах технологического оснащения, оборудовании, типовых переходах и операциях, припусках, режимах обработки, бланках документации установленной формы и т.д.

Любой из объектов маршрута обладает рядом специфичных параметров, задаваемых в диалоге «Параметры объекта».

Как видим, структура ADEM CAPP представляет собой достаточно логичную, понятную, четко структурированную основу для создания технологического процесса.

Работа технолога в значительной степени упрощается при использовании ADEM CAPP, потому что она не только экономит время, но и исключает промежуточные производственные издержки (наличие инженера по нормировке труда, поиск необходимых формул, норм и стандартной информации).

Основные стадии выполнения работы технолога в программе ADEM CAPP на примере процесса механообработки представлены ниже.

Для того чтобы начать проектировать технологический процесс, необходима 2D- или 3D-модель изделия.

1. Открытие файла

Окно модуля Adem CAPP проиллюстрировано на рис. 1.

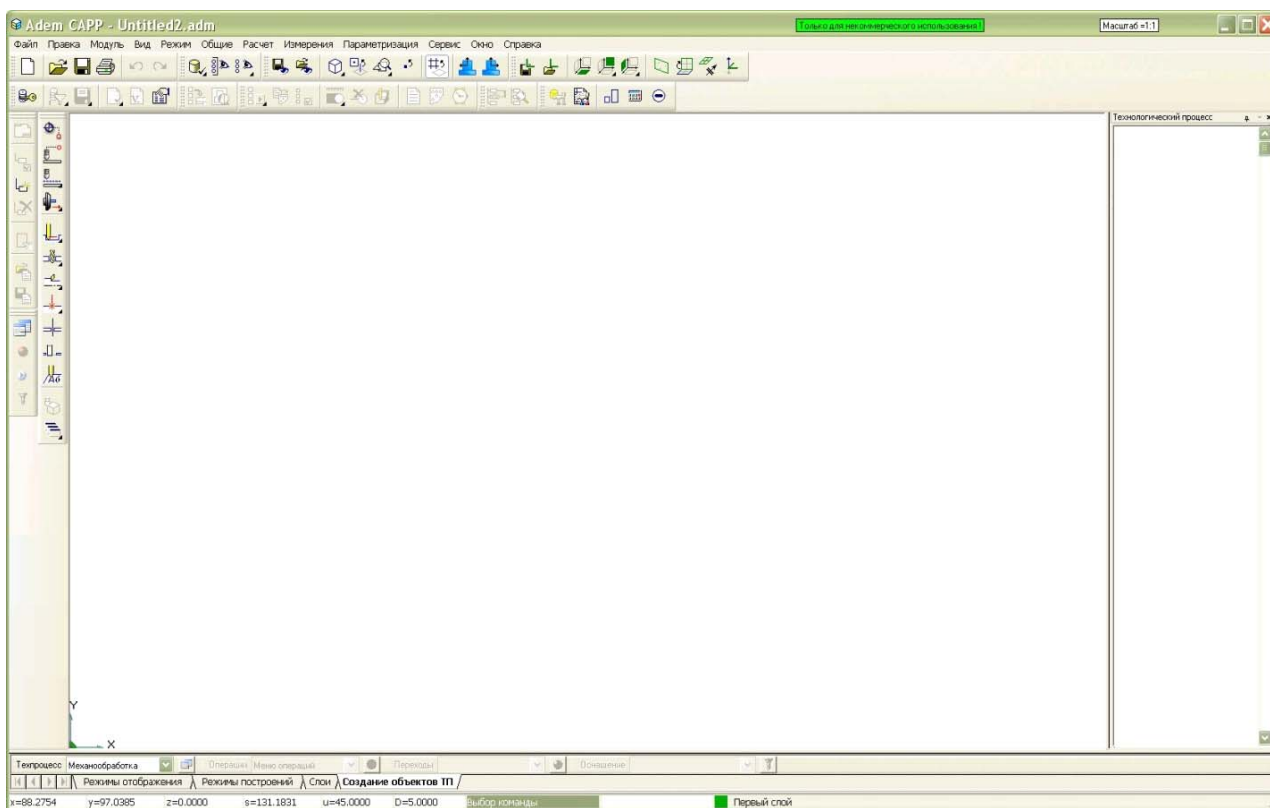


Рис. 1. Окно модуля Adem CAPP

2. Заполнение общих данных об объекте

По команде «Создать объект» из меню выбирается «Технологический процесс» > «Технологический процесс механообработки». Открывается диалог «ТехПроцесс» (общие данные) (рис. 2).

Рис. 2. Общие данные

Затем необходимо открыть вкладку «материал» и воспользоваться кнопкой «Сортамент заготовки», чтобы открыть диалог выбора материала детали из таблицы базы данных. После заполнения данной формы в базу данных вносятся общие сведения о детали и разработчике ТП.

3. Разработка технологического маршрута (назначение операций)

Для перехода на уровень операций используется команда «Создать» панели управления объектами для создания первой операции ТП. На экране появится панель выбора операции (рис. 3).

Рис. 3. Общие данные для механообработки

Здесь можно выбрать операцию, например «*токарная*». Открывается диалог «Операция: Токарная». После изменения необходимых параметров формируется первая операция формируемого ТП. Потом таким же образом создаются новые объекты, и получается список операций, который и является маршрутом обработки данной детали.

4. Разработка операционной технологии

Кнопкой «Переход на уровень ниже» (панель управления объектами) активируется уровень переходов, затем командой «Создать объект» (панель управления объектами) создается первый переход операции. На экране появится панель выбора переходов. Прежде всего из меню «Установочный переход» выбираются соответствующие для данной операции наименование перехода и установочное приспособление. Далее выбирается команда «Создать объект» и меню «Основной переход», где выбирается переход, например, «*точить*». Открывается диалог «Переход: точить», который дает возможность задать необходимые параметры. Затем аналогичным образом формируются новые объекты и список переходов операции.

5. Выбор технологической оснастки

Так же детализируется переход, для этого используются кнопка «Переход на уровень ниже» и команда «Создать объект». В соответствующем пункте меню назначается режущий инструмент, средства измерения и т.д. В открывшемся диалоге для выполнения алгоритма выбора инструмента из таблицы можно воспользоваться кнопкой «Алгоритм».

6. Формирование операционных карт и карт эскизов

Применим команду «Формирование» (панель формирования). На данном этапе преобразуется исходная информация, проводятся дополнительные расчеты и заполняются пустые выходные формы.

7. Контроль полученных карт

Производится командой «Просмотр (графика)» (панель просмотра). Используя команды листания страниц, приближения/удаления и др., можно оценить качество полученного документа. Если в процессе просмотра выявлены какие-либо неточности, необходимо выйти из просмотра, произвести соответствующие изменения объектов и вновь выполнить команду «Формирование» (панель «Формирование»).

Интеграция в информационную систему предприятия

Программный модуль ADEM CAPP является лишь одним из модулей ADEM, которые в совокупности охватывают большинство стадий жизненного цикла изделий: конструкторское проектирование и инженерные расчеты, проектирование технологических процессов, создание управляющих программ для станков с ЧПУ, структурированное и удобное хранение данных об изделии в единой базе, к которой имеют доступ все модули. Это говорит о соответствии программных решений ADEM идеологии «CALS» и «Индустрия 4.0», т.е.:

- представление, обработка, обмен и управление данными в электронном виде;
- многократное использование данных с минимальными изменениями и затратами;
- оптимизация и унификация способов представления, обработки и передачи данных об изделии, процессах, среде;
- интеграция и оптимизация информационного взаимодействия всех участников жизненного цикла изделия [3 – 5].

Заключение

Вышеизложенное сводится к тому, что предлагаемый компанией ADEM Technologies инструмент позволяет технологу быстро, удобно, а самое главное качественно проектировать технологические процессы и получать все регламентируемые ГОСТом технологические документы.

Список литературы и источников

1. ADEM CAPP практический курс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://adem.ru/assets/files/downloads/adem_dlya_spo_i_npo/adem_capp_prakticheskiy_kurs/ADEM_CAPP_practical_course.pdf
2. Подготовка технологической документации в CAPP ADEM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://adem.ru/assets/files/downloads/adem_dlya_vuzov/podgotovka_tehnologicheskoy_dokumentazii_v_capp_adem/documents_in_ADEM_CAPP.pdf
3. Норенков, И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с.
4. Пупков, К. А. Применение CALS-технологий для повышения качества изделий : учебное пособие / К. А. Пупков. – М. : РУДН, 2008. – 105 с.
5. Информационно-вычислительные системы в машиностроении. CALS-технологии / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, В. В. Павлов, А. В. Рыбаков. – М. : Наука, 2003. – 292 с.

А. В. Михина, студентка кафедры «Биомедицинская техника»,
В. М. Строев, канд. техн. наук, доц. кафедры «Биомедицинская техника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ БТС ДЛЯ КОНТРОЛЯ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ

Аннотация. Температура тела является одним из самых доступных показателей, по которому можно диагностировать различные отклонения в организме. В данной статье рассмотрен способ повышения точности измерений существующих устройств, а также была разработана простая недорогая быстродействующая ИК-система на основе Arduino.

Ключевые слова: диагностика, температура, кровоснабжение, Arduino.

Измерение температуры тела необходимо для оценки состояния здоровья человека, ведь многие физиологические и патологические процессы в организме сопровождаются повышением или понижением температуры всего тела или отдельных его участков. Измерение температуры является самым доступным способом диагностики состояния.

В настоящее время разрабатываются устройства автоматического парентерального введения фармацевтических препаратов и забора крови.

Проблемы, стоящие перед разработчиками, заключаются в следующем:

- невозможность прецизионного наведения иглы для введения в вену ввиду присутствия человеческого фактора, поскольку игла вводится оператором;
- необходимость четкого позиционирования апертуры лазера под углом 90 градусов к вене, чтобы не произошло смещения изображения в сторону, что приведет к показу «виртуальной» вены, не совпадающей по проекции с действительной веной;
- размер «виртуальной» вены может отличаться, поскольку если апертура лазера не находится в 18 см от поверхности кожи, то происходит «игра проекции»;
- высокая стоимость тепловизионной аппаратуры.

По тепловому состоянию также можно оценить работоспособность человека. Оптимальное тепловое состояние человека характеризуется отсутствием общих и/или локальных дискомфортных теплоощущений, минимальным напряжением механизмов терморегуляции, оцениваемым по критериям, и является предпосылкой длительного сохранения высокой работоспособности.

Недопустимым является тепловое состояние, характеризующееся чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции, приводящим к нарушению состояния здоровья.

Известны случаи применения инфракрасной термометрии для определения уровня метаболизма головного мозга и для диагностики аллергического воспаления слизистой оболочки полости носа у пациентов с бронхиальной астмой [1, 2].

Существующие инфракрасные системы с высокой разрешающей способностью имеют большую стоимость. Поэтому ограничивается круг их применения в медицинской практике, в том числе при проведении экспериментальных исследований [3, 4].

Необходимо разработать простую быстродействующую ИК-систему, которая имеет невысокую стоимость.

В качестве электронной схемы для преобразования сигнала и отображения результата используем платформу Arduino Nano v3.0 (CH340G).

Платформа Arduino Nano v3.0 – открытая и компактная платформа семейства Arduino, построенная на микроконтроллере ATmega328.

Nano 3.0 (CH340G) является аналогом распространенных модулей Nano 3.0 и отличается от них лишь переработанной схемой преобразователя USB <> COM, интегрированного на плату. Вместо микросхемы FT232RL производства FTDI в этой версии модуля применена микросхема CH340G производства WCH.

Для реализации инфракрасного термометра выберем бесконтактный датчик температуры GY-906 MLX90614ESF.

MLX90614 представляет собой инфракрасный датчик для измерения температуры бесконтактным способом с Arduino или с любым другим микроконтроллером, который может общаться с ним через его интерфейс I2C. Он может измерять температуру в диапазоне от -70 до 380 °C с точностью около $0,5$ °C.

Блок схема разрабатываемой системы представлена на рис. 1.

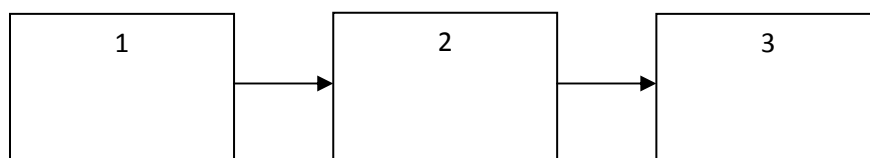


Рис. 1. Блок схема ИК-системы для контроля кровоснабжения

Блок схема включает в себя:

- 1 – бесконтактный датчик температуры;
- 2 – плата Arduino;
- 3 – персональный компьютер.

Была произведена проверка работоспособности и получена следующая диаграмма.

На рисунке 2 представлена диаграмма изменения температуры при выполнении процедуры нахождения вены. Скачок температуры указывает на область нахождения вены.

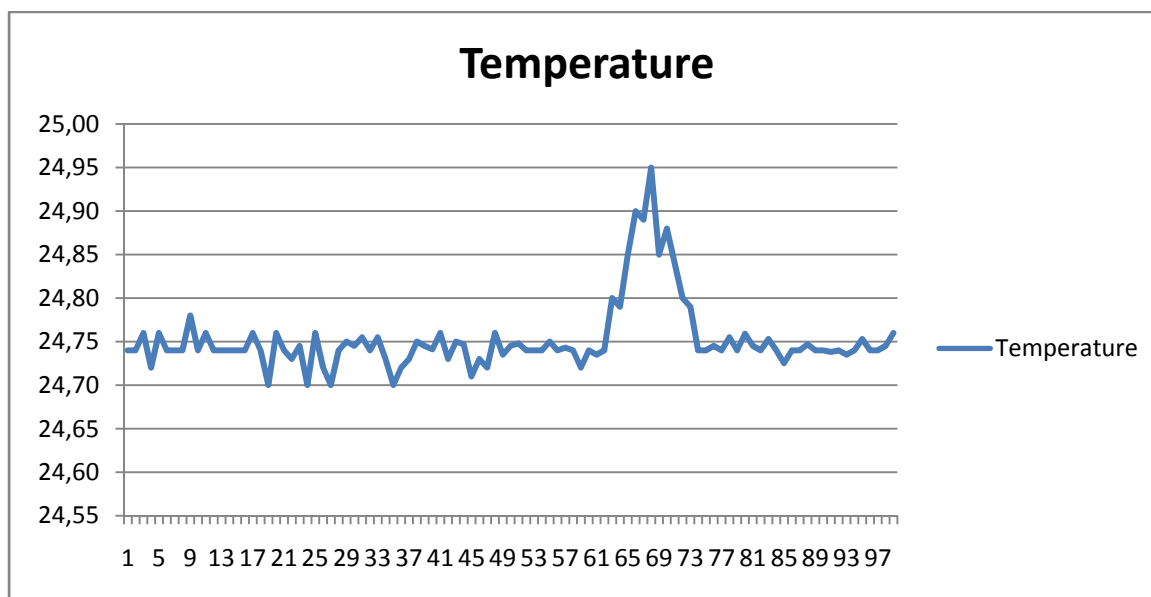


Рис. 2. Диаграмма изменения температуры при выполнении процедуры нахождения вены

Для выбора способа повышения точности измерения температуры был проведен патентный поиск, по результатам которого был выбран прототип для дальнейшего совершенствования.

Моделирование прототипа показало наличие переходных процессов, искажающих результат измерения.

На рисунке 3 представлены переходные процессы при изменении температуры с 32 до 31,95 °С. Результаты измерения показаны в относительных единицах.

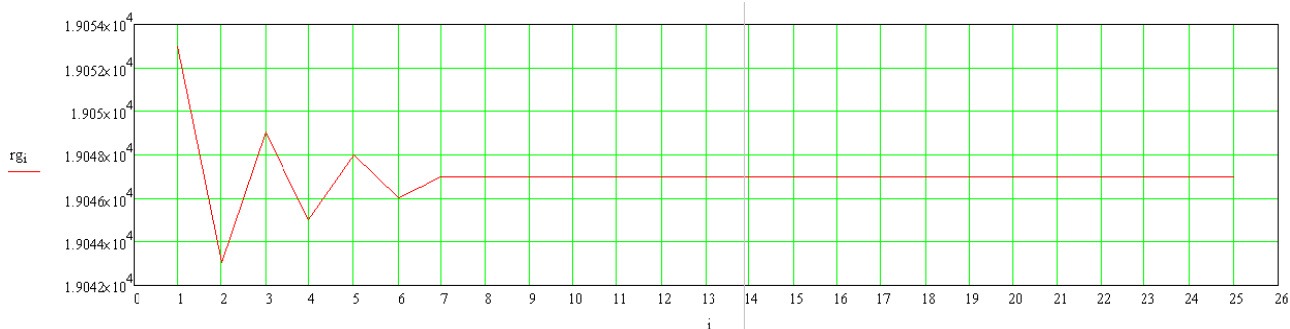


Рис. 3. Моделирование процесса измерения температуры прототипом

Таким образом, устройство выдает неправильные показания в течение 7 – 25 тактов измерений.

Проведенные исследования показали наличие однозначной зависимости первого результата переходного процесса в совокупности со значением предыдущего результата с новым значением температуры.

На рисунке 4 представлена схема устройства датчика для измерения температуры бесконтактным способом.

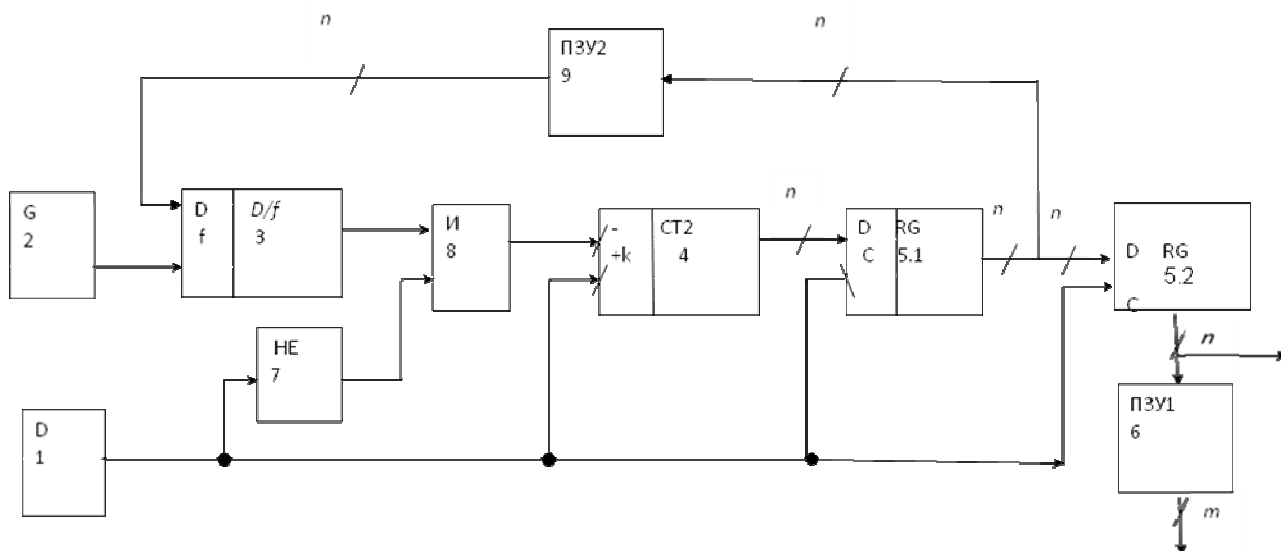


Рис. 4. Схема датчика устройства для измерения температуры

Введение двух регистров 5.1 и 5.2 позволило запоминать предыдущий установившийся результат измерения и результат измерения после первого такта. На выходах ПЗУ формируется двоичный код установившегося значения.

Преимуществами данного устройства являются:

- повышенная точность за счет уменьшения амплитуды тремора пальцев рук;
- разрешающая способность: 0,02 °С, доступная только для тепловизоров стоимостью от 500 тыс. р.;
- возможность проведения длительных исследований в комфортных для пациента условиях;
- автоматическая связь с ПК для передачи данных в реальном времени;
- питание от ПК;
- невысокая стоимость;
- высокое быстродействие, позволяющее снимать до четырех измерений в секунду.

Данная система может применяться в медицине для контроля теплового состояния человека, контроля кровоснабжения по фалангам пальцев, для помощи в нахождении вен перед инъекцией, а также может применяться для обнаружения движущихся объектов в помещениях.

Список литературы и источников

1. Инфракрасная термометрия как скрининговый метод определения уровня метаболизма головного мозга / А. В. Густов, Ю. П. Потехина, И. А. Гафиатуллин и др. // Современные технологии в медицине. – 2010. – № 2. – С. 32 – 34.

2. Эндоназальная инфракрасная термометрия в диагностике аллергического воспаления слизистой оболочки полости носа у пациентов с бронхиальной астмой // С. В. Красильникова, Е. В. Туш, С. Ю. Бабаев и др. // Современные технологии в медицине. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 201 – 208.

3. Волков, А. Ю. Разработка температурной модели дистальных фаланг пальцев, пригодной для оценки артериального давления / А. Ю. Волков, В. М. Строев // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов, 2016. – С. 65 – 71.

4. Строев, В. М. Тепловизионный способ обнаружения нарушений кровообращения пальцев рук / В. М. Строев, А. Ю. Волков, Н. И. Агафонова // Аллея науки. – 2017. – Т. 4, № 15. – С. 279 – 282.

П. М. Мурашов, аспирант, **Т. О. Бочкарева**, магистр, **М. А. Аллямшин**, магистр
(Тверской государственной технической университет, Тверь, Россия)

АЛГОРИТМ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

Аннотация. В работе рассматривается алгоритм установления механизма дорожно-транспортного происшествия. Разработана и представлена блок-схема реализации алгоритма.

Ключевые слова: алгоритм, дорожно-транспортное происшествие, автотехническая экспертиза, фактор техногенной природы.

В современной экспертной практике установление механизма дорожно-транспортного происшествия (ДТП) является основной задачей любой автотехнической экспертизы. При этом используемый некоторыми экспертами подход, выражающийся в установлении и описании трех фаз этого механизма, а именно начальной, кульминационной и конечной, фактически не дает ответа на вопрос о непосредственной технической причине события (ДТП) [1 – 11].

В этой связи необходимо уточнить и конкретизировать понятие «непосредственной технической причины ДТП», а именно столкновения автомобилей, наезда на пешехода, либо выезда автомобиля за пределы проезжей части с последующим наездом на препятствие или опрокидыванием.

Многие авторы в качестве такой причины указывают «неправильные действия водителя», что принципиально ошибочно с учетом того обстоятельства, что в полном соответствии с толкованием «непосредственной технической причины» какого-либо события такой причиной может и должен считаться исключительно фактор техногенной природы, непосредственно приведший к ДТП, например техническая неисправность автомобиля, дефект дорожного покрытия либо что-то иное.

Так, например, непосредственной технической причиной возгорания моторного отсека автомобиля может быть короткое замыкание проводки, но никак не действия водителя. Действия водителя в процессе эксплуатации автомобиля принципиально могут привести к нарушению изоляции проводов и последующему замыканию, так же как и нарушения технологии сборки автомобиля и использование проводов с несоответствующими параметрами.

Непосредственной технической причиной наезда автомобиля на препятствие, например на стоящий автомобиль, может быть недостаток расстояния, которым мог располагать водитель в момент обнаружения опасности для движения, что в свою очередь может быть обусловлено либо превышением разрешенного скоростного режима движения, либо ограничением дальности обнаружения помехи для движения, либо иные обстоятельства.

Иначе говоря, установление непосредственной технической причины любого ДТП ни при каких обстоятельствах не может заменяться квалификацией действий водителя с точки зрения выполнения им норм и требований Правил дорожного движения (ПДД).

Совершенно очевидно, что непосредственная техническая причина ДТП может быть установлена исключительно путем соответствующих экспертных расчетов, но никак не путем сопоставления действий водителя с техническими нормами ПДД.

Такие расчеты необходимо проводить исходя из безусловной необходимости строгого соблюдения водителями в полном объеме всех относящихся к нему норм и требований ПДД. При этом должна быть проведена оценка технической возможности реализации этих норм и требований в реальной дорожной ситуации.

В современной экспертной практике при установлении механизма ДТП предусмотрена как оценка предпосылок (условий) создания опасной дорожной ситуации, так и непосредственной технической причины самого ДТП, что возможно лишь на основе глубокого анализа технических возможностей каждого из участников происшествия предотвратить это событие и обеспечить безопасность движения.

Иначе говоря, объективное и квалифицированное установление механизма любого ДТП возможно исключительно на основании анализа результатов соответствующих экспертных расчетов, но никак не путем простых рассуждений.

Такие расчеты следует проводить исходя из безусловной необходимости строгого соблюдения водителями в полном объеме всех относящихся к нему норм и требований ПДД. При этом должна быть проведена оценка технической возможности реализации этих норм и требований в реальной дорожной ситуации. При отсутствии возможности реализации водителем норм ПДД по независящим от водителя причинам эти факторы в обязательном порядке должны быть указаны и оценены.

В качестве иллюстрации можно рассмотреть область применимости норм и требований п. 6.14 ПДД именно в связи с возможностью реализации этих норм.

Данный пункт Правил допускает возможность выезда водителя на перекресток при включении запрещающего желтого сигнала светофора. В этой части такая возможность ограничена условием «если при включении желтого сигнала светофора водитель не может остановиться, не прибегая к экстренному торможению», то ему «разрешается дальнейшее движение».

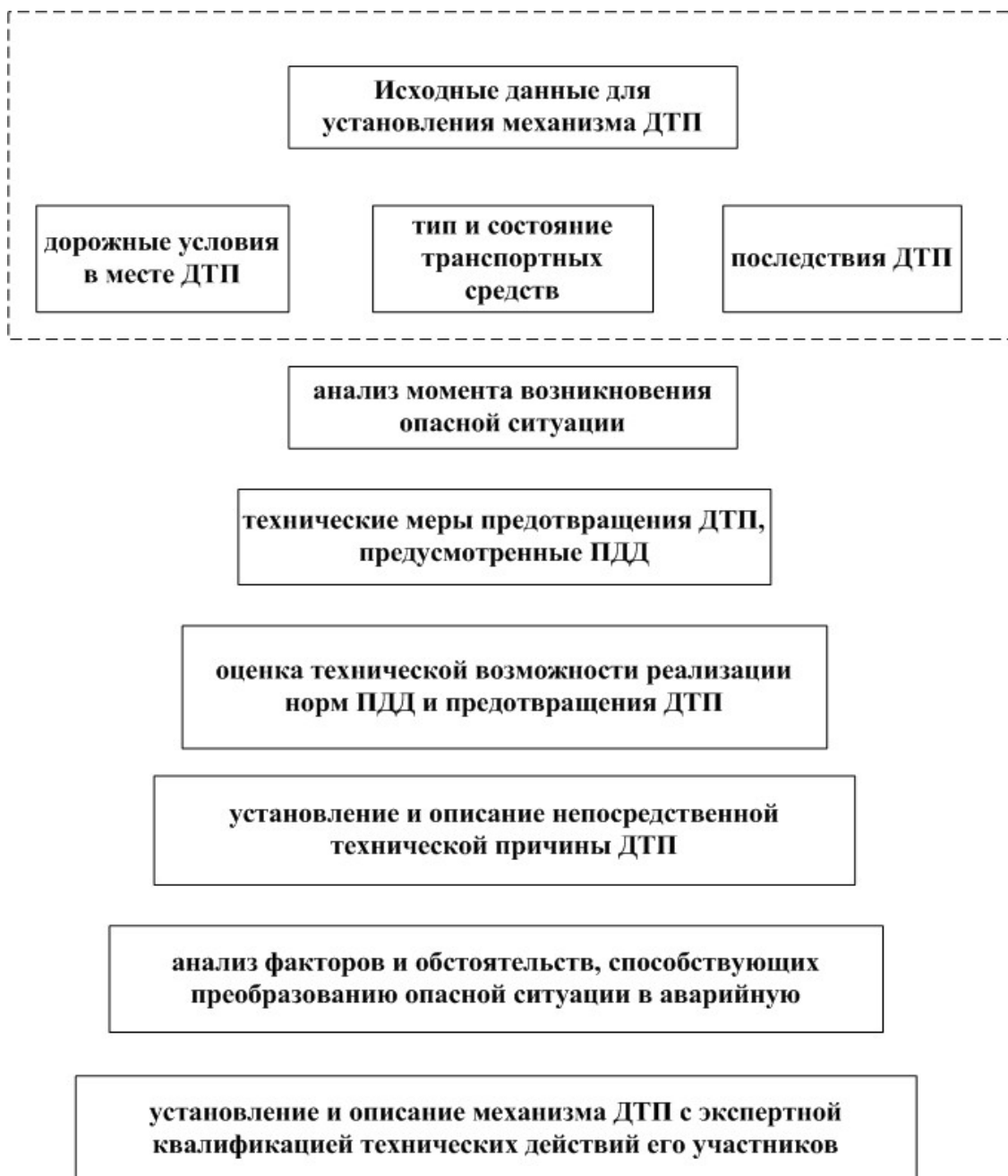
Поскольку в настоящее время большинство светофорных объектов имеют зеленый мигающий (разрешающий движение) сигнал, который в соответствии с ГОСТом работает 3 с, то это означает, что каждый водитель, приближаясь к регулируемому перекрестку, определенно имеет возможность не прибегать к экстренному торможению при включении желтого сигнала светофора.

Известно, что при движении со скоростью 60 км/ч за эти 3 с автомобиль преодолевает расстояние около 50 м. При этом для полной остановки автомобиля в режиме рабочего (не экстренного торможения) необходимо не более 35...40 м. Это означает, что водитель, имея возможность оценить расстояние до перекрестка, совершенно определенно может и должен исключить возможность выезда на запрещающий желтый сигнал светофора, т.е. имеет техническую возможность реализовать в полном объеме нормы и требования п. 6.2, запрещающего движение на желтый сигнал.

Такую же оценку технической возможности реализации требования п. 10.1 ПДД (снижение скорости вплоть до остановки) при установлении непосредственной технической причины наезда на пешехода и механизма этого наезда необходимо давать и при исследовании подобных ДТП. В этих случаях необходимо устанавливать техническую возможность предотвращения наезда на пешехода исключительно путем сопоставления величины остановочного пути автомобиля в данных дорожных условиях с величиной расстояния, которым водитель мог располагать в момент создания опасной дорожной ситуации.

Таким образом, только на основании результатов оценки технической возможности реализации водителем относящихся к нему норм и требований ПДД может быть установлена непосредственная техническая причина любого ДТП.

Что касается установления механизма ДТП в целом, то эта задача может быть решена путем реализации алгоритма, блок-схема которого представлена ниже.



Следует отметить, что реализация этого алгоритма с использованием соответствующих методик экспертных расчетов позволяет с высокой степенью достоверности устанавливать механизм любого вида ДТП.

Список литературы и источников

1. Методические рекомендации для экспертов РФЦ СЭ МЮ. 1995.
2. Суворов, Ю. Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза / Ю. Б. Суворов // Право и закон. – 2003.
3. Правила дорожного движения РФ (с изменениями и дополнениями – в действующей редакции на момент ДТП).
4. Комментарии к правилам дорожного движения. 2018.
5. Расследование дорожно-транспортных происшествий / под ред. В. А. Федорова и Б. Я. Гаврилова. – М., 2003.
6. Евтюков, С. А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев // ДНК. – 2008.
7. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации : федер. закон от 31 мая 2001 г. № 73-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
8. Исследование автотранспортных средств в целях определения стоимости восстановительного ремонта и оценки : методические рекомендации для судебных экспертов. – М. : ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2013.
9. Словарь основных терминов судебных экспертиз. – М. : Институт повышения квалификации ФБУ РФЦСЭ при Минюсте РФ, 2007.
10. Безлепкин, Б. Т. Краткое пособие для следователя и дознавателя / Б. Т. Безлепкин. – 2-е изд. – ООО «ПРОСПЕКТ», 2017.
11. Муженская, Н. Е. Экспертиза в Российском законодательстве : руководство-справочник для следователя, дознавателя, судьи / Н. Е. Муженская. – М. : РГ-Пресс, 2015. – 744 с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований, проект №18-08-00555-а*

Д. Ю. Муромцев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», проректор по научно-инновационной деятельности,

А. Н. Грибков, д-р техн. наук, доц.,
зав. кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МЕТОДИКА КОГНИТИВНО-ГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ПРИ НАЛИЧИИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрены теоретические и практические аспекты анализа задач оптимального управления многомерными объектами при наличии случайных возмущений. Рассмотренная методика анализа задач оптимального управления основана на совместном применении принципа максимума Л. С. Понтрягина, метода синтезирующих переменных и когнитивной графики.

Ключевые слова: оптимальное управление, многомерный объект, метод синтезирующих переменных, принцип максимума, когнитивная графика.

Системы автоматизации и управления находят широкое применение практически во всех отраслях современной промышленности, поскольку они позволяют решать множество сложных оптимизационных задач, связанных с обеспечением требуемого качества выпускаемой продукции, минимизацией затрат энергетических ресурсов, повышением производительности и т.д. Большинство производственных технологических установок с точки зрения автоматизации представляют собой сложные многомерные объекты, имеющие множество взаимосвязанных входных и выходных переменных. В связи с этим широкое применение на практике находят информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС), обеспечивающие непрерывный контроль основных режимных параметров объекта и оперативное решение задач анализа и синтеза оптимального управления.

Одним из наиболее сложных этапов разработки ИИУС является создание ее алгоритмического обеспечения, основу которого, как правило, составляют алгоритмы анализа задач оптимального управления (ЗОУ) и синтеза оптимальных управляющих воздействий. Анализ ЗОУ связан с исследованиями вопросов существования ее решения и определения возможных видов функций оптимального управления.

Математическую постановку ЗОУ многомерным объектом при наличии случайных возмущений можно записать следующим образом:

$$\dot{z}(t) = Az(t) + Bu(t) + Cw(t); \quad (1)$$

$$z(t_0) = z_0 \rightarrow z(t_k) = z_k; \quad (2)$$

$$\forall t \in [t_0; t_k]: u(t) \in [u_H; u_B]; \quad (3)$$

$$J = \int_{t_0}^{t_k} f(u(t), z(t), t) dt \longrightarrow \min. \quad (4)$$

В задаче (1) – (4) используются следующие обозначения: A, B, C – матрицы параметров модели объекта; $z(t)$ – вектор фазовых координат; $u(t)$ – вектор управляющих воздействий; $w(t)$ – вектор случайных возмущений; z_0, z_k – векторы начальных и конечных значений фазовых координат; u_n, u_b – векторы граничных значений управляющих воздействий; J – минимизируемый функционал.

Для решения ЗОУ (1) – (4) необходимо определить значения вектора управляющих воздействий $u(t)$, обеспечивающие перевод объекта, описываемого моделью (1) из начального состояния в конечное (2) при наличии ограничений на управляющие воздействия (3) с минимумом функционала (4).

Одним из наиболее эффективных и хорошо зарекомендовавших себя на практике подходов к анализу ЗОУ является подход, основанный на совместном применении принципа максимума Л. С. Понтрягина, метода синтезирующих переменных и принципов когнитивной графики. Принцип максимума позволяет определить возможные виды функций оптимального управления [1]. Метод синтезирующих переменных применяется для исследования области существования решения ЗОУ и получения соотношений для расчета параметров функций оптимального управления [2]. Когнитивная графика обеспечивает наглядную визуализацию процесса анализа ЗОУ [3].

При анализе ЗОУ с использованием когнитивно-графического подхода применяется методика, аналогичная рассмотренной в статье [4] и включающая восемь основных этапов:

1. Нормирование временного интервала, управляющих и возмущающих воздействий в исходной ЗОУ (1) – (4).

2. Решение нормированной ЗОУ.

3. Введение вектора синтезирующих переменных, позволяющего существенно снизить размерность исходной задачи.

4. Построение области существования решения ЗОУ в пространстве синтезирующих переменных.

5. Выделение в пространстве синтезирующих переменных областей гарантированного и возможного существования решения ЗОУ, а также областей, в которых решения ЗОУ не существует.

6. Определение возможных видов функций оптимального управления.

7. Получение соотношений для расчета параметров функций оптимального управления.

8. Исследование возможности существования решения ЗОУ для заданного массива исходных данных и получение аналитического выражения для расчета оптимальной программы управления объектом.

Рассмотренная методика нашла успешное применение при разработке алгоритмического обеспечения информационно-управляющих систем энергоемкими технологическими объектами [5].

Список литературы и источников

1. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. В. Мищенко. – М. : Физматгиз, 1969. – 384 с.
2. Муромцев, Ю. Л. Метод синтезирующих переменных при оптимальном управлении линейными объектами / Ю. Л. Муромцев, Л. Н. Ляпин, Е. В. Сатина // Приборостроение: Изв. вузов. – 1993. – № 11–12. – С. 19 – 25.
3. Чернышов, Н. Г. Система управления удаленными динамическими объектами с использованием принципов когнитивной графики / Н. Г. Чернышов, О. А. Белоусов // Автоматизация и современные технологии. – 2010. – № 7. – С. 28 – 33.
4. Муромцев, Д. Ю. Методика анализа задач оптимального управления многомерными объектами / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, Т. Ю. Дорохова / Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. XXVIII Междунар. науч. конф. Т. 7. – Саратов : Изд-во «Поли-Экс», 2015. – С. 57–58.
5. Грибков, А. Н. Информационно-управляющая система динамическими режимами в многосекционных сушильных установках / А. Н. Грибков // Информатика и системы управления. – 2009. – № 2(20). – С. 123 – 129.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта РФФИ № 17-08-00457-а «Разработка методологии построения интеллектуальных систем энергосберегающего управления многомерными технологическими объектами на множестве состояний функционирования»

Д. Ю. Муромцев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», проректор по научно-инновационной деятельности,
И. В. Тюрин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», **А. Н. Грибков**, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕМ

Аннотация. Рассмотрены особенности реализации микропроцессорной интеллектуальной системы энергосберегающего управления электрическим водонагревателем.

Ключевые слова: интеллектуальная система, энергосбережение, система управления, микроконтроллер.

Разнообразные водонагревательные установки с электрическим нагревом широко распространены в промышленном производстве, сельском хозяйстве, а также используются и в быту. В качестве примера рассмотрим электрический водонагреватель ЭВН-400 емкостью 400 л, высотой 1210 мм и диаметром 720 мм. В нижней части водонагревателя установлены три нагревательных элемента, работающие от трехфазной сети напряжением 380 В. Для поддержания необходимой температуры воды происходит периодическое включение и отключение нагревательных элементов внутри бака с водой. Моменты включения (отключения) определяются блоком управления на основе сигналов, поступающих от температурных датчиков, и датчиками уровня воды.

На время динамического режима, связанного с разогревом воды до температуры 90 °С, приходится около 3 ч, что составляет существенную долю времени при эксплуатации электрического водонагревателя, поэтому при энергосберегающем управлении нагревом можно сэкономить до 7...10% электроэнергии [1, 2].

На рисунке 1 показан вариант реализации интеллектуальной системы энергосберегающего управления электрическим водонагревателем.

Основу системы управления представляет промышленный контроллер WinCon 8737G, выполненный на базе RISC-процессора Intel Strong ARM с тактовой частотой 206 МГц. Контроллер обладает быстродействующей памятью статического типа 64 Мб, имеет 7 слотов расширения для установки модулей ввода/вывода серии I-8000 и стандартные коммуникационные интерфейсы RS-232, RS-485, Ethernet и USB. В контроллер встроена операционная система Windows CE с поддержкой исполнительного модуля программного кода ISaGRAF Runtime.

В бак водонагревателя встроены три датчика уровня ДУ1 – ДУ3, сигналы с которых подаются на 8-канальные модули ввода i8063 и i87017. Сигналы с термопар в верхней t_1 и нижней t_2 части бака подаются на специализированный 8-канальный модуль ввода сигналов от термопар i87018. 16-канальный модуль вывода i8057 через устройство сопряжения с объ-

ектом (УСО) управляет клапанами подачи (K1) и сброса (K2) воды в бак, а также подает управляющее воздействие u на нагревательные элементы.

В базе знаний, расположенной на удаленном сервере, содержатся сведения, полученные от экспертов, результаты полного анализа энергосберегающего управления, алгоритмы идентификации и др. На АРМ оператора системы управления установлена среда разработки приложений ISaGRAF Workbench, позволяющая при необходимости перенастроить контроллер на другие режимы управления водонагревателем, а также дистанционно контролировать работу водонагревательной установки.

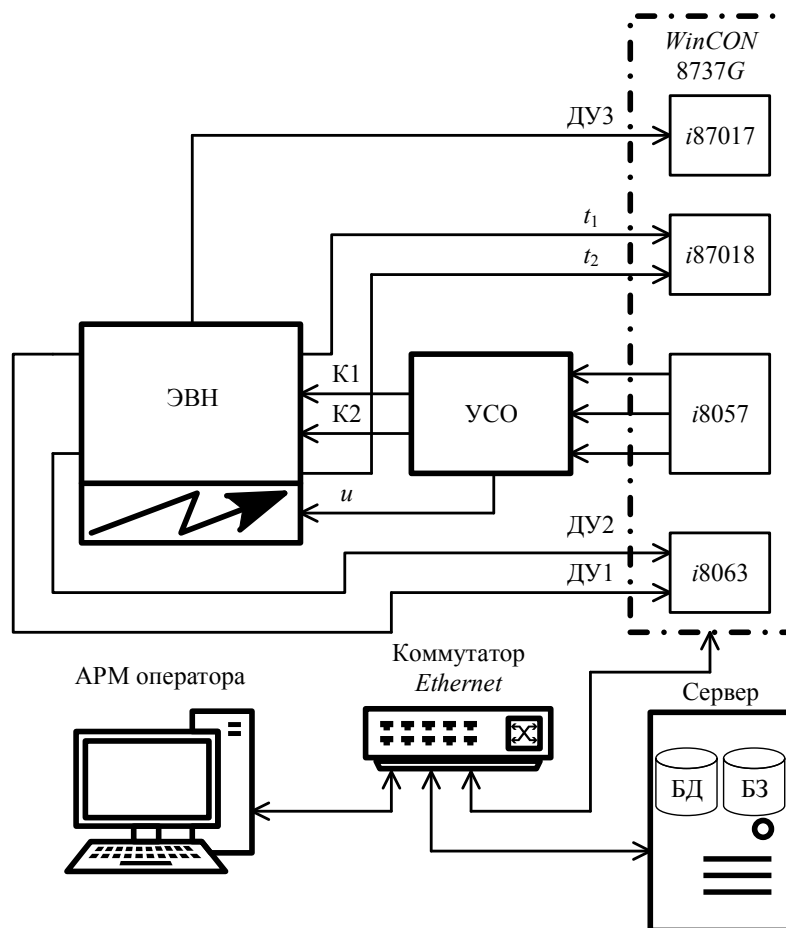


Рис. 1. Интеллектуальная система энергосберегающего управления

Разработанная система управления совместно с экспертной системой [2] используются в учебном процессе на кафедре «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» при выполнении лабораторных работ и курсового проектирования по дисциплинам «Основы управления техническими системами», «Микропроцессоры и микроконтроллеры» и др.

Список литературы и источников

1. Shamkin, V. N. Using destabilization control to improve the functioning of complex multi-dimensional technological objects on the time interval / V. N. Shamkin, D. Y. Muromtsev, A. N. Gribkov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12, № 24. – P. 7198 – 7217.
2. Муромцев, Ю. Л. Информационно-инструментальная среда разработки алгоритмического обеспечения систем энергосберегающего управления промышленными объектами / Ю. Л. Муромцев, И. В. Тюрин // Проблемы управления. – 2007. – № 5. – С. 69 – 75.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта РФФИ № 17-08-00457-а «Разработка методологии построения интеллектуальных систем энергосберегающего управления многомерными технологическими объектами на множестве состояний функционирования»

Д. Ю. Муромцев, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», проректор по научно-инновационной деятельности,
И. В. Тюрин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
В. Н. Шамкин, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ КАМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

Аннотация. Рассмотрены особенности реализации интеллектуальной системы энергосберегающего управления группой камерных электропечей на базе микроконтроллера.

Ключевые слова: интеллектуальная система, энергосбережение, система управления, микроконтроллер.

Проектирование интеллектуальной системы энергосберегающего управления энергоемким объектом начинается с решения двух видов задач синтеза. Первый вид задач связан с синтезом энергосберегающего управления. Решением задач второго вида является синтезированная структура системы энергосберегающего управления.

Выбор микроконтроллера для технической реализации решения задач энергосбережения связан с видом стратегии управления – программной или позиционной и сложностью алгоритмического обеспечения. Технические параметры микроконтроллеров существенно различаются у разных производителей, поэтому проектировщику систем промышленной автоматизации приходится анализировать и сравнивать такие характеристики, как тактовая частота, разрядность АЦП (ЦАП), объем оперативной памяти, интерфейсы входов/выходов, наличие собственной операционной системы и встроенных SCADA-средств.

Помимо самого микроконтроллера, множество технических средств, образующих интеллектуальную систему энергосберегающего управления, обычно включает автоматизированные рабочие места, рабочие станции и серверы, а также различные устройства для ввода, хранения, обработки, передачи и вывода информации [1, 2].

В качестве примера рассмотрим вариант реализации структуры интеллектуальной системы энергосберегающего управления для группы камерных электропечей.

Электрические камерные печи служат для выполнения термической обработки деталей, полуфабрикатов и керамических материалов в воздушной среде. Печи выпускаются с объемом от 0,005 до 7,5 м³. Совершенствование системы управления печью позволяет привести к сокращению длительности процесса, оптимизации режимов работы и повышению качества термической обработки продукции. Один из способов сэкономить затраты на интеллектуальную систему энергосберегающего управления – использовать одно программно-аппаратное средство для управления группой камерных электропечей.

При разработке системы управления тепловыми режимами группой камерных печей рассматривалось четыре различных печи с электрическим нагревом типа СНО с мощностями 25, 40, 60 и 75 кВт и номинальными температурами в зонах нагрева 300, 400, 800 и 1000 °С соответственно. Электропитание печей осуществляется от трехфазной промышленной электросети напряжением 380 В.

Ядро интеллектуальной системы управления представлено базой знаний, содержащей различную информацию, полученную от экспертов, алгоритмы идентификации, анализа и синтеза энергосберегающего управления и др. На рисунке 1 представлена упрощенная структура технической реализации системы управления.

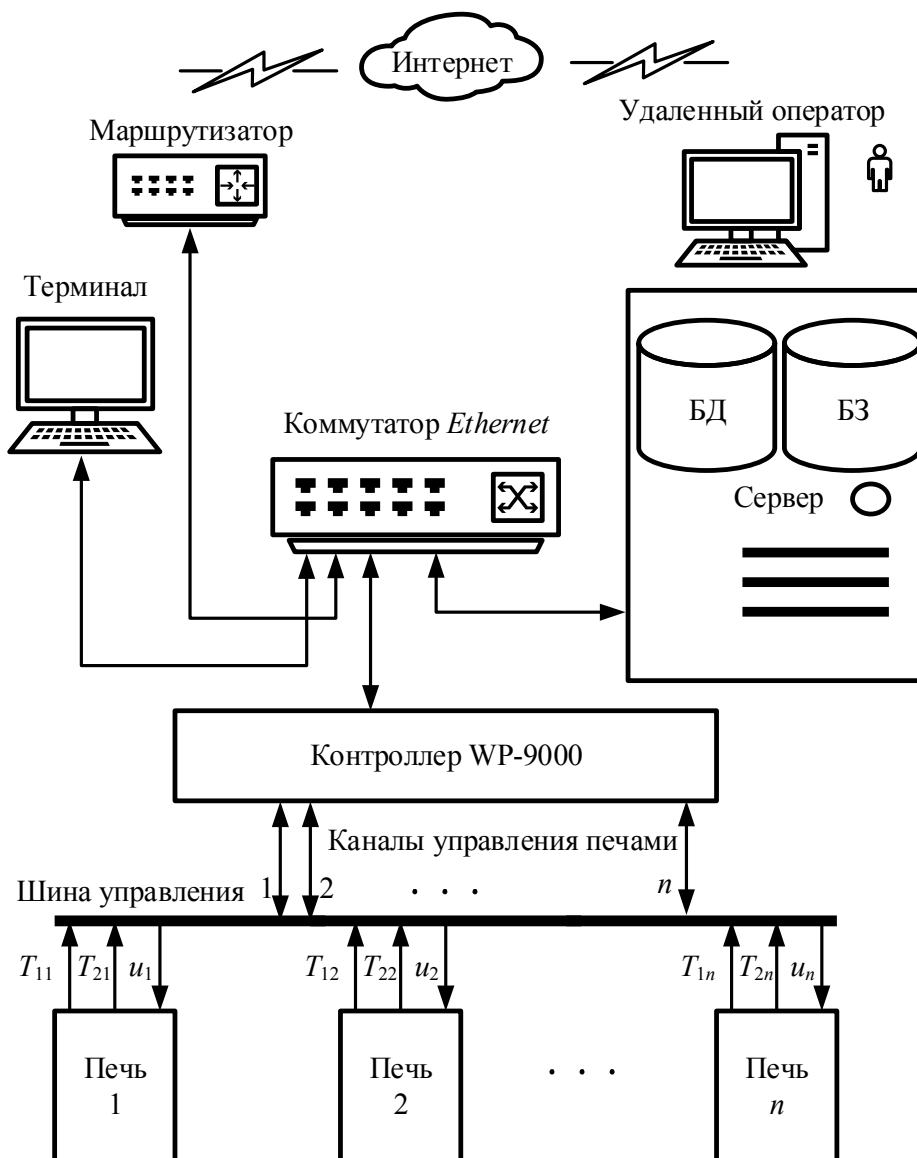


Рис. 1. Структура технической реализации интеллектуальной системы управления группой камерных электропечей

В системе предусмотрено измерение температуры внутри (T_{1n}) и снаружи (T_{2n}) камер печей, идентификация моделей динамических режимов, а также оперативный синтез энергосберегающих управляющих воздействий (u_n). Локальные системы управления отдельными печами реализованы на промышленном контроллере *WinPAC* фирмы *ICP DAS* серии

WP-9000-CE7. Связь контроллеров с ЭВМ осуществляется по сети *Ethernet*, в качестве программного обеспечения используется *SCADA*-система *ISaGRAF*. На входы контроллера по шине управления передается информация о значениях фазовых координат (температур) T_{1n} и T_{2n} в печах, а с выходов снимаются управляющие сигналы $u_1 - u_n$, которые подаются на соответствующие камерные печи.

Для диспетчерского контроля и управления тепловыми режимами печей предусмотрено взаимодействие компонентов системы в рамках локальной сети *Ethernet*, а также имеется возможность удаленного доступа к системе управления через глобальную сеть *Internet*. Это позволяет передавать данные о работе группы печей на участке термообработки в единую информационную систему предприятия с возможностью не только постоянного визуального контроля и накопления данных, но и изменения или корректировки процесса термической обработки заготовок продукции в режиме удаленного доступа.

Список литературы и источников

1. Shamkin, V. N. Using destabilization control to improve the functioning of complex multidimensional technological objects on the time interval / V. N. Shamkin, D. Y. Muromtsev, A. N. Gribkov // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2017. – Vol. 12, № 24. – P. 7198 – 7217.
2. Муромцев, Ю. Л. Информационно-инструментальная среда разработки алгоритмического обеспечения систем энергосберегающего управления промышленными объектами / Ю. Л. Муромцев, И. В. Тюрин // *Проблемы управления*. – 2007. – № 5. – С. 69 – 75.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание. Проект «Интеллектуальная информационно-измерительная и управляющая система оперативного контроля теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов, применяемых в условиях Арктики. Разработка теоретических основ, методологии построения интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем»)

А. Ю. Наумова, аспирантка, **Ю. Т. Зырянов**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. В докладе представлены основные положения формализации задач энергосберегающего управления в информационно-измерительных системах, типы задач энергосберегающего управления.

Ключевые слова: энергосберегающее управление, модель задач оптимального управления, надежность программного обеспечения энергосберегающего управления.

Задачи энергосберегающего управления в информационно-измерительных системах относятся к широкому классу задач оптимального управления, основной критерий оптимальности – затраты энергии. Основными компонентами задачи оптимального управления динамическими объектами являются модель объекта, граничные условия, ограничения на управляющее воздействие и вид функционала. Исходя из представленных компонентов, существует несколько типов задач оптимального управления.

Для записи моделей динамических объектов используются системы дифференциальных уравнений, имеющих первый, второй и больший порядок. В зависимости от характеристик модели различают также линейные и нелинейные уравнения.

Граничные условия представляют собой начало и конец временного интервала управления (если они зафиксированы) и переменные состояния объекта на концах траектории изменения фазовых координат.

Ограничение на управляющие воздействия накладываются для каждого интервала времени. Дополнительно могут накладываться интегральные ограничения (лимит энергии, запас топлива). В качестве функционалов используются затраты энергии, расход топлива и др. Наиболее распространенными задачами являются следующие:

- задачи с фиксированными изменениями фазовых координат и временного интервала;
- задачи оптимального нагрева (скорость изменения первой и конечной фазовых координат принимает любые значения);
- задачи оптимального разгона (значение первой фазовой координаты в конечный момент времени принимает любое значение).

Существуют также задачи оптимального регулирования, основывающиеся на автоматическом управлении динамическим состоянием объекта. Оно строится на зависимости

текущих значений фазовых координат. Еще один тип задач – задачи определения оптимальных статических режимов – построены на расчете зависимости значений фазовых координат от входных воздействий (внешних факторов) [1].

Для решения задач энергосберегающего управления в автоматизированном режиме необходимо задать формализованное описание изучаемого объекта – модель. Модель задачи оптимального управления представляет собой кортеж, содержащий обозначения компонентов математической постановки задачи оптимального управления. Ключевые компоненты модели – модель динамики объекта, минимизируемый функционал, стратегия реализации оптимального управления и ограничения и условия. Таким образом, модель можно представить в виде кортежа из четырех символов:

$$K = \langle M, F, S, O \rangle,$$

где M – компонент, принадлежащий множеству моделей объекта управления; F – компонент, принадлежащий множеству видов функционала; S – компонент, принадлежащий множеству стратегий реализации оптимального управления; O – компонент, принадлежащий множеству особенностей задачи.

Каждый компонент кортежа имеет математическую постановку в зависимости от исследуемого объекта. Задаче модели оптимального управления соответствует массив исходных данных, представляющий собой набор исходных данных для математической постановки задачи [2].

Одним из основных методов повышения эффективности решения задач оптимального управления является оценка надежности программно-аппаратного обеспечения энергосберегающего объекта. Для оценки надежности используется множество моделей и подходов в зависимости от исследуемого объекта. Существует системно-функциональный подход оценки надежности программно-аппаратного обеспечения, преимуществом которого является оценка надежности каждого функционирующего блока программного обеспечения в отдельности. В общем случае для более точной оценки надежности необходимо применить весовые коэффициенты вероятности появления определенного типа ошибок:

$$N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^m p_j^i k_j^i \right),$$

где n – количество выделенных для оценки блоков программы; m_i – количество возможных отказов в i -м блоке; p_j^i – вероятность возникновения j -го отказа в i -м блоке; k_j^i – коэффициент вероятности появления ошибки; N – интегральный показатель надежности программного обеспечения [3].

Введение дополнительного компонента – оценки надежности программно-аппаратного обеспечения объекта энергосберегающего управления – в модель задачи оптимального управления может повысить эффективность решения данной задачи. Тогда кортеж модели задач оптимального управления при добавлении нового компонента N будет выглядеть таким образом:

$$K = \langle M, F, S, O, N \rangle.$$

В докладе представлена структура модели задачи оптимального управления объекта энергосбережения. При введении дополнительных компонентов в представленную модель возможно повышение эффективности решения данной задачи.

Список литературы и источников

1. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.
2. Чернышов, Н. Г. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.
3. Степович-Цветкова, Г. С. Повышение надежности программного обеспечения: системно-функциональный подход / Г. С. Степович-Цветкова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2015. – Т. 7, № 5.

М. С. Николюкин, магистрант кафедры САПР ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
Е. М. Соломатина, студент кафедры САПР ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
А. А. Логинова, студент кафедры САПР ФГБОУ ВО «ТГТУ»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СЭД КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Аннотация. Рассматривается структура системы поддержки принятия решений СЭД конструкторской документации, ее основные модули, их взаимодействие между собой и с пользователями.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, системы электронного документооборота, нейронные сети, автоматизация.

Задача автоматизации процесса принятия решений в информационных системах различного рода, например, системах электронного документооборота (СЭД) являются важной и актуальной [1, 2]. Проведя анализ существующих подходов к автоматизации процесса принятия решений, можно выделить несколько научных направлений в данной области.

Первое направление заключается в реализации экспертных систем (ЭС). Главным отличием ЭС от других подходов является использование не только данных, но и знаний, а также специального механизма вывода решений и новых знаний на основе имеющихся. Системы, основанные на знаниях, могут являться подсистемами для систем компьютерного обучения, накапливая информацию о поведении некоторого объекта в базе знаний. Преимуществами ЭС являются: неограниченный объем информации и отсутствие субъективного подхода, который присущ эксперту. ЭС имеют также ряд и недостатков: непригодность большинства систем для применения пользователем; вопросно-ответный режим влечет за собой длительный процесс принятия решения; неспособность к самообучению; неприменимость в больших предметных областях или в областях, где отсутствуют эксперты [3].

Вторым способом организации системы принятия решений является использование набора правил, баз знаний, фреймов, семантических сетей, а также применение нечетких высказываний и нечеткой логики. Для реализации подобных систем, как правило, используются алгоритмы прямой и обратной цепочек рассуждений, правило вывода (*modus ponens*), индуктивный и дедуктивные методы [4].

Третье направление на сегодняшний день весьма перспективное и активно развивающееся – системы искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). ИНС все чаще применяются в таких областях, как прогнозирование, оценка риска, обнаружение фальсификаций и др. [5 – 7]. В сравнении с предыдущими направлениями ИНС имеют целый ряд преимуществ: высокая скорость выполнения задач; алгоритмы обучения накладывают относительно малое количество требований на структуру нейронной сети и свойства ее нейронов; способность к самообучению. Однако, несмотря на перечисленные достоинства, данный подход имеет несколько недостатков: непригодность для задач, требующих высокой

точности; проблемы при нахождении достаточного количества обучающих примеров и формировании обучающей выборки; поведение ИНС не может быть однозначно предсказуемо, что увеличивает риск при применении их для управления дорогостоящими техническими объектами. Тем не менее данное направление стремительно развивается и доказывает свою применимость при решении множества задач, связанных с обработкой различного вида информации [5, 8].

Проведенный анализ существующих подходов позволил выявить, что использование ИНС для реализации системы поддержки принятия решений (СППР) в СЭД поможет снизить негативное влияние человека при осуществлении выбора из множества вариантов, а также ускорить процессы движения и обработки документации.

Для решения поставленной задачи на первом этапе была разработана структурная схема СППР в СЭД, представленная на рис. 1. Рассмотрим ее компоненты и способы их взаимодействия.

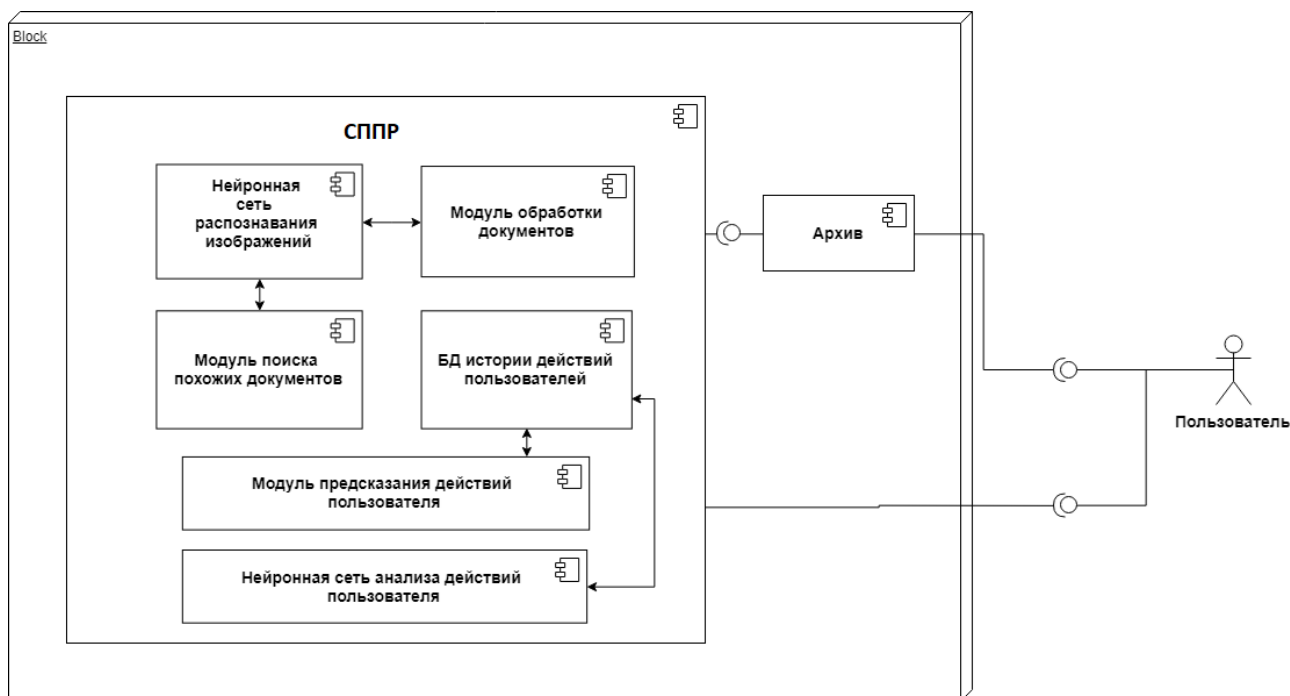


Рис. 1. Структура системы поддержки принятия решений

СППР состоит из следующих подсистем:

- Модуль обработки документов. Включает загрузку документов в различных форматах на сервер и их последующее преобразование в необходимый формат.

- Нейронная сеть распознавания изображений. На вход нейронной сети поступает преобразованный в формат изображения чертеж, а на выходе – значение принадлежности чертежа к тому или иному классу. Так как количество анализируемых изображений достаточно мало для эффективного обучения, то для решения задачи их классификации и сравнения можно использовать уже обученные готовые модели нейронных сетей, например VGG16 [9, 10]. Оценивая совокупность значений принадлежности изображений к этим категориям, можно сделать вывод являются ли они похожими или разными.

– Модуль поиска похожих документов. На основе выходных значений нейронной сети, занимающейся распознаванием изображений, делается вывод о том, является ли анализируемое изображение похожим на загруженные ранее на сервер. Данный модуль также тесно взаимодействует с архивом, осуществляя поиск чертежей внутри него.

– База данных. Хранит все действия, совершаемые пользователем в системе, которые затем анализируются нейронной сетью.

– Нейронная сеть анализа действий пользователя. На вход нейронной сети поступает последовательность предыдущих действий пользователя, а на выходе предсказываются дальнейшие действия. Для этого нужно использовать обычные нейронные сети или рекуррентные типа LSTM [11], успешно применяемые, например, для предсказания следующего слова в предложении на основе предыдущих.

– Модуль предсказаний действий пользователя. Входными значениями являются текущие действия пользователя, на основе которых определяется вероятность следующего действия пользователя в системе.

Архив предоставляет интерфейс СППР для поиска в нем чертежей. Взаимодействие пользователей с архивом может осуществляться, например, через Web-страницу посредством собственного REST API.

В свою очередь СППР взаимодействует с конечным пользователем, предоставляя ему графический интерфейс для работы с системой. Им также может являть Web-страница.

Спроектированная модульная архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений в СЭД позволит осуществить процесс разработки поэтапно и распараллелить его. Система уже на ранних этапах разработки будет включать необходимые возможности по хранению и обработке документов, а более сложные в реализации модули и нейронные сети могут быть разработаны и добавлены в экосистему позже. Такой подход к проектированию СЭД позволит расширить ее возможности без ущерба для основной функциональности.

В рамках данного исследования рассматривается актуальная задача автоматизации процесса принятия решений в СЭД.

Наибольшее распространение по отношению к другим способам организации поддержки принятия решений (экспертные системы, нечеткие правила, фреймы) в СЭД получают нейронные сети различных архитектур.

Однако ряд задач при переходе от бумажного документооборота к электронному не позволяет найти универсальный и общий подход к их решению. Требуется анализ и поиск оптимального решения для каждой проблемы с учетом особенностей предметной области.

СППР рассматривается на примере предметной области СЭД конструкторской документации. Поставлены следующие задачи: поиск похожих изображений сложной структуры (чертежей) и автоматизация принятия решений пользователем в процессе его работы. Для решения этих задач спроектирована структурная модель системы и рассмотрены ее компоненты. Реализация такой системы позволит снизить влияние человеческого фактора, автоматизировать процессы управления, передачи и обработки информации. Дальнейшие исследования будут связаны с практической реализацией СППР, формированием структуры и обучением нейронных систем, интеграцией модулей в СЭД конструкторской документации.

Список литературы и источников

1. Обухов, А. Д. Математическая модель обработки информации в системе управления электронным документооборотом / А. Д. Обухов, М. Н. Краснянский, И. Л. Коробова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – № 3. – С. 382 – 399. <https://doi.org/10.17277/vestnik.2018.03>
2. Mathematical Model of Information Processing in Electronic Document Management System / A. D. Obukhov, M. N. Krasnyansky, D. L. Dedov, S. V. Karpushkin // International Review of Automatic Control. – 2018. – V. 11, № 6. – С. 336 – 345. <https://doi.org/10.15866/ireaco.v11i6.15305>
3. Semantic reasoning in service robots using expert systems, Robotics and Autonomous Systems / J. Savage, D. Rosenblueth, M. Matamoros et al. – 2019. – V. 114. – P. 77 – 92.
4. Hu, J. Flexible capacity planning for engineering systems based on decision rules and differential evolution / J. Hu, P. Guo, K. Leng Poh // Computers & Industrial Engineering. – 2018. – V. 123. – P. 254 – 262.
5. Краснянский, М. Н. Методика классификации и обработки документов в системе управления электронным документооборотом научно-образовательного учреждения / М. Н. Краснянский, А. Д. Обухов // Вопросы современной науки и практики. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2018. – № 2(68). – С. 203 – 216.
6. Сравнительный анализ методов машинного обучения для решения задачи классификации документов научно-образовательного учреждения / М. Н. Краснянский, А. Д. Обухов, Е. М. Соломатина, А. А. Воякина // Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 3. – С. 173 – 182.
7. Boubacar Traore, B. Deep convolution neural network for image recognition / B. Boubacar Traore, B. Kamsu-Foguem, F. Tangara // Ecological Informatics. – 2018. – V. 48. – P. 257 – 268.
8. The algorithm of document routing in the electronic document management system using machine learning methods / A. D. Obukhov et al. // Proceedings of the 18th International Multi-disciplinary Scientific Geo Conference. – 2018. – V. 2.1. – P. 765 – 772.
9. Savchenko, A. V. Sequential three-way decisions in multi-category image recognition with deep features based on distance factor / A. V. Savchenko // Information Sciences. – 2019. – V. 489. – P. 18 – 36.
10. Fu, Y. An image-based segmentation recommender using crowdsourcing and transfer learning for skin lesion extraction / Y. Fu, C. Aldrich // Expert Systems with Applications. – 2019. – V. 118. – P. 400 – 410.
11. Image caption model of double LSTM with scene factors / Y. Peng, X. Liu, W. Wang et al. // Image and Vision Computing. – 2019. – V. 86. – P. 38 – 44.

Г. Н. Нурутдинов, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Информационные системы и защита информации», **А. В. Высоцкий**, аспирант, **Ю. В. Минин**, канд. техн. наук, доц. кафедры «Информационные системы и защита информации» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ УСЛОВНО-ПУАССОНОВСКОГО ПОТОКА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. На основе формулы Манделя разработана обобщенная вероятностная модель условно-пуассоновского потока, включающая в себя в виде частных случаев распределения Бозе–Эйнштейна, отрицательное биномиальное, Лагерра, а также некоторые другие распределения. Получены выражения для распределения вероятностей, производящей функции моментов, первого начального момента, второго и третьего центральных моментов, а также кумулянта четвертого порядка.

Ключевые слова: информационная система, качество функционирования, случайная величина, плотность распределения вероятностей.

Современное общество характеризуется широким использованием и непрерывным совершенствованием информационных систем (ИС), которые в большинстве своем имеют развитую структуру и обеспечивают эффективное принятие решений в различных сферах деятельности. Совершенствование ИС приводит к усложнению их топологической структуры [1].

Как правило, ИС включает в себя множество узлов, которые связаны между собой определенным образом. Такая конструкция способна подвергаться негативным воздействиям, которые наносят системе повреждения любой природы теми или иными внешними средствами или факторами.

Одним из важнейших факторов, определяющих качество функционирования ИС, является способность выполнять свои основные функции, несмотря на полученные повреждения. Потребность в оценках эффективности функционирования современных информационных систем существует на всех стадиях жизненного цикла этих сложных и многофункциональных объектов.

Нередко в процессе эксплуатации ИС ее характеристики постепенно перестают удовлетворять пользователей по быстродействию, надежности, эксплуатационным затратам и другим показателям. Причина обычно связана с ростом объема данных, что повышает время обработки запросов, посылаемых к серверам компьютерной сети, и увеличивает вероятность негативных последствий отказов. Следовательно, в процессе длительной эксплуатации ИС параметры ее эффективности должны всегда поддерживаться на требуемом уровне.

К показателям эффективности функционирования относят пропускную способность, время реакции, показатели качества обслуживания, оговоренные в соглашении об уровне обслуживания, и др. [2, 3].

Условно-пуассоновской случайной величиной (СВ) принято называть дискретную СВ со счетным множеством значений и распределением вероятностей

$$p(x) = \frac{1}{x!} \int_0^{\infty} \lambda^x \exp(-\lambda) p(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

где $p(\lambda)$ – плотность распределения вероятностей (ПРВ) параметра λ .

Такие СВ естественным образом возникают, например, в информационных системах мониторинга и обработки данных, получаемых от комплексов БПЛА.

Требуется получить обобщенную вероятностную модель условно-пуассоновского потока с помощью выражения (1) и произвести анализ ее потенциальных возможностей.

Для реализации указанной цели в качестве ПРВ $p(\lambda)$ используем полученное в работе [4] выражение для интенсивности периодически нестационарного процесса

$$p(\lambda) = \frac{\lambda^{\alpha-1}}{2^\alpha \Gamma(\alpha) \beta_1^\alpha} \exp\left[-\frac{\lambda}{2\beta_1}\right] \sum_{k=0}^{\infty} C_k(n_2, \gamma_1, \gamma_2, \beta_2) L_k^{\alpha-1}\left[\frac{\lambda}{2\beta_1}\right], \quad (2)$$

где $\alpha = n_1 + n_2$; $\Gamma(z)$ – гамма-функция; $L_k^{\alpha-1}(z)$ – обобщенный полином Лагерра; коэффициенты разложения $C_k(n_2, \gamma_1, \gamma_2, \beta_2)$ определяются формулой

$$C_k(n_2, \gamma_1, \gamma_2, \beta_2) = \frac{(-1)^k \gamma_1^{2k}}{(\alpha)_k (2\beta_1)^k} \sum_{i=0}^k (-k)_i \left(\frac{\beta_1 - \beta_2}{0,5\gamma_1^2}\right)^i L_i^{n_2-1}\left(\frac{0,5\gamma_2^2}{\beta_1 - \beta_2}\right). \quad (3)$$

При получении вероятностной модели (2) в работе [4] предполагалось, что квадратурные составляющие процесса в общем случае имеют негауссовский закон распределения с различными математическими ожиданиями и дисперсиями. Если $n_1 = n_2 = n$, то модель (2) преобразуется в пятипараметрическую вероятностную модель, полученную в работе [5]. Если к тому же $n = 1$, то модель (2) сводится к известной вероятностной модели интенсивности гауссовского периодически нестационарного процесса.

Подставив модель (2) в (1), после интегрирования [6] и некоторых преобразований получим

$$p(x) = \frac{(\alpha)_x}{x!} q_1^x (1 - q_1)^\alpha \sum_{k=0}^{\infty} C_k(n_2, b_1, b_2, q_2) M_k(x), \quad (4)$$

где $M_k(x) = {}_2F_1(-k; -x; \alpha; 1 - 1/q_1)$ – дискретный многочлен Мейкснера; ${}_2F_1(a; b; c; z)$ – гипергеометрическая функция Гаусса; $q_1 = 2\beta_1/(1 + 2\beta_1)$. Коэффициенты разложения $C_k(n_2, b_1, b_2, q_2)$ определяются соотношением

$$C_k(n_2, b_1, b_2, q_2) = \frac{(-1)^k b_1^k}{k!} \sum_{i=0}^k (-k)_i \left(\frac{q_1 - q_2}{b_1(1 - q_2)}\right)^i L_i^{n_2-1}\left(\frac{b_2(1 - q_1)}{q_1 - q_2}\right), \quad (5)$$

где $q_2 = 2\beta_2/(1 + 2\beta_2)$; $b_1 = \gamma_1^2/(1 + 2\beta_1)$; $b_2 = \gamma_2^2/(1 + 2\beta_2)$.

Таким образом, получена обобщенная вероятностная модель (4) условно-пуассоновского потока в виде ортогонального ряда Мейкснера. Распределение (4) можно также представить в следующем виде:

$$p(x) = q_1^x (1 - q_1)^{n_1} (1 - q_2)^{n_2} \exp(-b_1 - b_2) \times \sum_{k=0}^x \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^k L_k^{n_2-1}\left(\frac{b_2(q_2 - 1)}{q_2}\right) L_{x-k}^{n_1-1}\left(\frac{b_1(q_1 - 1)}{q_1}\right). \quad (6)$$

При выполнении определенных условий из шестипараметрической вероятностной модели (4) либо (6) можно получить ряд частных вероятностных моделей, например:

1. Пятипараметрическое распределение, когда параметры $b_2 = 0$, $b_1 = b$. При этом коэффициенты разложения в модели (4) равны

$$C_k(n_2, b_1, b_2, q_2) = C_k(n_2, b, q_2) = \left(\frac{q_2 - q_1}{1 - q_2} \right)^k L_k^{-n_2 - k} \left(\frac{b(1 - q_2)}{q_2 - q_1} \right), \quad (7)$$

а распределение (6) принимает вид

$$p(x) = q_1^x (1 - q_1)^{n_1} (1 - q_2)^{n_2} \exp(-b) \sum_{k=0}^x \frac{(n_2)_k}{k!} \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^k L_k^{n_1 - 1} \left(\frac{b(q_1 - 1)}{q_1} \right). \quad (8)$$

2. Пятипараметрическое распределение, когда параметры $b_1 = 0$, $b_2 = b$. При этом коэффициенты разложения в модели (4) будут определяться формулой

$$C_k(n_2, b_1, b_2, q_2) = C_k(n_2, b, q_2) = \left(\frac{q_1 - q_2}{1 - q_2} \right)^k L_k^{n_2 - 1} \left(\frac{b(1 - q_1)}{q_1 - q_2} \right), \quad (9)$$

а распределение (6) примет вид

$$p(x) = q_1^x (1 - q_1)^{n_1} (1 - q_2)^{n_2} \exp(-b) \sum_{k=0}^x \frac{(n_1)_k}{(x - k)!} \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^k L_k^{n_2 - 1} \left(\frac{b(q_2 - 1)}{q_2} \right). \quad (10)$$

3. Четырехпараметрическое распределение следует из выражения (10), когда $n_1 = n_2 = n$.

4. Четырехпараметрическое распределение следует из выражения (8), когда $n_1 = n_2 = n$.

5. Четырехпараметрическое распределение, когда $b_1 = b_2 = 0,5b$ и $n_1 = n_2 = n$. При этом из распределения (6) следует

$$p(x) = q_1^x (1 - q_1)^n (1 - q_2)^n \exp(-b) \times \sum_{k=0}^x \left(\frac{q_2}{q_1} \right)^k L_k^{n - 1} \left(\frac{b(q_2 - 1)}{2q_2} \right) L_k^{n - 1} \left(\frac{b(q_1 - 1)}{2q_1} \right). \quad (11)$$

6. Четырехпараметрическое распределение, когда параметры $b_1 = 0$ и $b_2 = 0$. При этом коэффициенты разложения в модели (4)

$$C_k(n_2, b_1, b_2, q_2) = C_k(n_2, q_2) = \frac{(n_2)_k}{k!} \left(\frac{q_1 - q_2}{1 - q_2} \right)^k. \quad (12)$$

Подставив выражение (12) в (4), после некоторых преобразований [7] имеем

$$p(x) = \frac{(n_1 + n_2)_x}{x!} q_1^x (1 - q_1)^{n_1} (1 - q_2)^{n_2} {}_2F_1 \left(-x, n_2; n_1 + n_2; 1 - \frac{q_2}{q_1} \right). \quad (13)$$

Распределение (6) при $b_1 = 0$ и $b_2 = 0$ после некоторых преобразований [7] приводится к виду

$$p(x) = \frac{(n_1)_x}{x!} q_1^x (1 - q_1)^{n_1} (1 - q_2)^{n_2} {}_2F_1 \left(-x, n_2; 1 - n_1 - x; \frac{q_2}{q_1} \right). \quad (14)$$

На практике удобнее использовать выражение (14).

7. Трехпараметрическое распределение получается из выражения (13) либо (14) при $n_1 = n_2 = n$

$$p(x) = \frac{\binom{n}{x}}{x!} q_1^x (1-q_1)^n (1-q_2)^n {}_2F_1\left(-x, n; 1-n-x; \frac{q_2}{q_1}\right). \quad (15)$$

8. Трехпараметрическое распределение Лагерра получается из модели (4) либо (6) при $q_1 = q_2 = q$, $n_1 + n_2 = \alpha$, $b_1 + b_2 = b$. При этом

$$C_k(n_2, b_1, b_2, q_2) = C_k(b) = \frac{(-1)^k}{k!} (b)^k. \quad (16)$$

После подстановки выражения (16) в (4) и некоторых преобразований [7] получим

$$p(x) = q^x (1-q)^\alpha \exp(-b) L_x^{\alpha-1} \left(-\frac{b(1-q)}{q} \right). \quad (17)$$

С учетом того, что [6]

$$\sum_{k=0}^x L_k^{n_2-1} \left[\frac{b_2(q-1)}{q} \right] L_{x-k}^{n_1-1} \left[\frac{b_1(q-1)}{q} \right] = L_x^{n_1+n_2-1} \left[\frac{(b_1+b_2)(q-1)}{q} \right],$$

распределение (6) также преобразуется в соотношение (17).

9. Двухпараметрическое отрицательное биномиальное распределение получается из соотношения (17) при $b = 0$ либо из (13) при $q_1 = q_2 = q$, $n_1 + n_2 = \alpha$:

$$p(x) = \frac{\binom{\alpha}{x}}{x!} q^x (1-q)^\alpha. \quad (18)$$

10. Однопараметрическое геометрическое распределение (распределение Бозе–Эйнштейна) получается из выражения (18) при $\alpha = 1$:

$$p(x) = q^x (1-q). \quad (19)$$

Найдем производящую функцию моментов, используя выражение [8]

$$Q(\vartheta) = \sum_{x=0}^{\infty} \vartheta^x p(x). \quad (20)$$

Подставив модель (4) в (20) и проведя суммирование [7], после некоторых преобразований получим

$$Q(\vartheta) = \left(\frac{1-q_1}{1-q_1\vartheta} \right)^{n_1} \left(\frac{1-q_2}{1-q_2\vartheta} \right)^{n_2} \exp \left[-\frac{b_1(\vartheta-1)}{1-q_1\vartheta} - \frac{b_2(\vartheta-1)}{1-q_2\vartheta} \right]. \quad (21)$$

Используя выражение (21) для производящей функции $Q(\vartheta)$ и соотношение для кумулянтов [9]

$$\chi_v = \left. \frac{d^v \ln Q(\vartheta)}{d\vartheta^v} \right|_{\vartheta=0}, \quad (22)$$

найдем первый начальный момент, второй и третий центральные моменты, а также кумулянт четвертого порядка. В результате получим:

$$m_1 = \frac{n_1 q_1 + b_1}{1 - q_1} + \frac{n_2 q_2 + b_2}{1 - q_2}; \quad \mu_2 = \frac{n_1 q_1 + b_1 (1 + q_1)}{(1 - q_1)^2} + \frac{n_2 q_2 + b_2 (1 + q_2)}{(1 - q_2)^2}; \quad (23)$$

$$\mu_3 = \frac{n_1 q_1 (1 + q_1) + b_1 (1 + 4q_1 + q_1^2)}{(1 - q_1)^3} + \frac{n_2 q_2 (1 + q_2) + b_2 (1 + 4q_2 + q_2^2)}{(1 - q_2)^3}; \quad (24)$$

$$\chi_4 = \frac{n_1 q_1 (1 + 4q_1 + q_1^2) + b_1 (1 + 11q_1 + 11q_1^2 + q_1^3)}{(1 - q_1)^4} + \frac{n_2 q_2 (1 + 4q_2 + q_2^2) + b_2 (1 + 11q_2 + 11q_2^2 + q_2^3)}{(1 - q_2)^4}. \quad (25)$$

Для анализа потенциальных возможностей обобщенной вероятностной модели (4) и ее частных случаев будем использовать коэффициенты L_1 и L_2 , определяемые выражениями [10]:

$$L_1 = \frac{\mu_2}{m_1 + \mu_2}; \quad L_2 = 1 + \frac{\mu_3}{\mu_2} - 2 \frac{\mu_2}{m_1}. \quad (26)$$

Таким образом, разработана обобщенная шестипараметрическая вероятностная модель условно-пуассоновского потока, включающая в себя в виде частных случаев распределения Бозе–Эйнштейна, отрицательное биномиальное, Лагерра. Получены выражения для распределения вероятностей, производящей функции моментов, первого начального момента, второго и третьего центральных моментов, а также кумулянта четвертого порядка. Так как на практике шестипараметрическую вероятностную модель (4) либо (6) использовать затруднительно, то вместо нее можно применять пятипараметрическую модель (10), имеющую ту же самую область существования.

Список литературы и источников

1. Задача распределения ресурсов в сетевой информационной системе / В. Е. Дидрих, И. В. Дидрих, Ю. Ю. Громов, М. А. Ивановский // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 541 – 549.
2. Синтез и анализ живучести сетевых систем : монография / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчев, К. А. Набатов, О. Г. Иванова. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2007.
3. Моделирование слабоструктурированных систем / М. А. Ивановский, Ю. В. Минин, М. А. Бакушкина, С. В. Ковалев // Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 221 – 223.
4. Негауссовская вероятностная модель канала передачи информации / И. Г. Карпов, А. Ю. Бузин, М. П. Егоров, В. А. Халин // Антенно-фидерные устройства, системы и средства радиосвязи : III Междунар. науч.-техн. конф., 15 – 17 октября 1997 г. – Воронеж : ВГУ, 1997. – Т. 2. – С. 163 – 177.

5. Вероятностная модель огибающей периодически нестационарных радиосигналов / И. Г. Карпов, А. Ю. Бузин, И. В. Пасека, В. А. Халин // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 1998. – Т. 41, № 5. – С. 35 – 42.
6. Прудников, А. П. Интегралы и ряды. Специальные функции / А. П. Прудников, Ю. А. Брычков, О. И. Маричев. – М. : Наука, 1983. – 750 с.
7. Прудников, А. П. Интегралы и ряды. Дополнительные главы / А. П. Прудников, Ю. А. Брычков, О. И. Маричев. – М. : Наука, 1986. – 800 с.
8. Вадзинский, Р. Н. Справочник по вероятностным распределениям / Р. Н. Вадзинский. – СПб. : Наука, 2001. – 296 с.
9. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. – М. : Радио и связь, 1989. – 656 с.
10. Карпов, И. Г. Обобщенный закон распределения односторонней дискретной случайной величины / И. Г. Карпов, С. В. Овсянников // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов, 2006. – Т. 12, № 3. – С. 617 – 624.

А. В. Парфирьев, И. Н. Ишук

(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия)

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Аннотация. В статье разработан способ слежения за движущимися объектами в целях определения их координат для управления робототехническими комплексами воздушного базирования.

Ключевые слова: координаты объекта, управление робототехническими комплексами, движущийся объект.

Введение

Одной из важных областей применения системы обработки, хранения и анализа, фото и видеоинформации являются системы обнаружения и сопровождения объектов. Данные системы используются в робототехнических комплексах разных классов. Объектами для таких систем могут служить люди, летательные аппараты, автомобили и другая техника. В то же время обнаружение и сопровождение возможно осуществлять в различной фоновой обстановке. В зависимости от ситуаций, изображения целевых объектов могут иметь различные размеры. Особое место системы обнаружения и сопровождения объектов занимают в области робототехники и искусственного интеллекта на базе новых информационных технологий.

Анализ исследований по данному направлению показал, что задача поиска объекта изучается многими учеными (Т. Анштедт, И. Келлер, Х. Лутц, Yu. Guoshen, P. Viola, M. J. Jones, С. М. Соколов, А. А. Богуславский, А. С. Потапов и др.) [1 – 5]. На данный момент задача не является полностью решенной. Процесс поиска объекта усложняется аффинными, проективными преобразованиями, перекрытием объекта другими объектами и шумом приемника.

Цель работы состоит в разработке способа автоматического сопровождения наземных объектов для повышения эффективности управления робототехнических комплексов воздушного базирования. Для достижения поставленной цели исследованы методы поиска и обнаружения объектов на цифровых изображениях, а также проведено экспериментальное исследование эффективности работы системы и оценка качества процесса поиска и сопровождения объекта в видеопотоке.

Сопровождение объекта должно осуществляться в различных условиях съемки: наличие плохой видимости, быстрое изменение фоно-целевой обстановки, в том числе яркости и контраста объекта с фоном. Причем потеря объекта должна сопровождаться запуском новой процедуры сопровождения.

Комбинированные методы, предполагающие динамическое обучение в процессе съемки, выбраны в качестве базовой категории методов. В связи с вышеизложенным, задача сопровождения является актуальной.

Сопровождение наземного объекта по видеоряду характеризуется двумя этапами.

1. Метод локализации объекта на последовательности динамических изображений. Этот способ применяется для поиска и обнаружения наземных объектов путем анализа

видеоряда, получаемого с оптико-электронной системы БПЛА. Основан на применении цифровых фильтров, анализаторов спектров и корреляционных алгоритмов.

2. Способ построения системы автоматического регулирования. Этот способ предполагает использование внешнего управления гиросtabilизированной платформой для компенсации отклонений линии визирования оптической системы от направления на наземный объект применением алгоритмов автоматического регулирования для следящих систем.

Для локализации объекта на изображениях, которые представлены в виде двух двумерных дискретных функций интенсивностей $f[x, y]$ и $w[x, y]$ соответственно, определяют двумерную взаимокорреляционную функцию:

$$(w \cdot f) = \sum_{dx=-\infty}^{\infty} \sum_{dy=-\infty}^{\infty} w[dx, dy] f[x + dx, y + dy]. \quad (1)$$

Применяя выражение (1), можно получить хороший результат локализации для априорно заданного объекта.

Как отмечалось выше, в работе будут использованы частотные методы обработки, основанные на применении к ним различных ортогональных преобразований с последующей модификацией полученных откликов [6, 7].

Одним из основных приемов частотной фильтрации изображений, основанных на двумерном преобразовании Фурье для двумерной функции $f(x, y)$, является преобразование изображения, заданного в пространственной координатной системе (x, y) , в двумерное изображение, заданное в частотной координатной системе (u, v) .

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) \cdot e^{-2\pi i(xu + yv)} dx dy = F(f), \quad (2)$$

где u и v – частотные декартовы координаты; $F(u, v)$ – фурье-образ функции $f(x, y)$.

Обратное преобразование Фурье двумерной функции имеет вид

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} F(u, v) \cdot e^{2\pi i(xu + yv)} du dv = F^{-1}(F). \quad (3)$$

Для компьютерной реализации прямых и обратных преобразований Фурье (2), (3) используются их дискретные аналоги:

$$F = \frac{1}{NM} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f \cdot e^{-2\pi i \left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N} \right)}; \quad (4)$$

$$f = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{M-1} F \cdot e^{2\pi i \left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N} \right)}. \quad (5)$$

В силу следствия теоремы о свертке и на основе дискретного двумерного преобразования Фурье, авторами разработан алгоритм обнаружения объектов с использованием корреляционного метода обработки цифровых изображений [8].

Корреляционный фильтр в контексте данной статьи – искусственно создаваемая маска, корреляция которой с текущим кадром позволит получить заранее заданную желаемую реакцию при обнаружении искомого объекта. Под желаемой реакцией понимается некая легко

узнаваемая функция, которая может быть любой. Удобно воспользоваться двумерной функцией Гаусса.

Для определения w воспользуемся следствием теоремы о свертке: $F[w \cdot f] = F[w]^* \cdot F[f]$ или $G = H^* \cdot F$ [8]. Выразим H^* :

$$H^* = \frac{G}{F}. \quad (6)$$

Фильтр (6) является частным корреляционным фильтром. Для получения устойчивого сопровождения при незначительной двумерной деформации наземного объекта, перемещающегося в различных условиях освещенности в масштабе времени близко к реальному, требуется применение фильтра, сводящего к минимуму выходную сумму квадратичной ошибки между текущим фрагментом и маской в процессе обработки видеопоследовательности:

$$H = \min_H \sum_i |F_i H^* - G_i|^2. \quad (7)$$

Вместе с тем каждый элемент фильтра может быть оптимизирован независимо:

$$H_{uv} = \min_{H_{uv}} \sum_i |F_{iuv} H_{uv}^* - G_{iuv}|^2. \quad (8)$$

Процедура нахождения минимума сводится к приравниванию частной производной по H_{uv}^* к нулю. В результате стандартных преобразований определяется окончательный вид фильтра [9]:

$$H = \frac{\sum_i F_i \times G_i^*}{\sum_i F_i \times F_i^*}. \quad (9)$$

Фильтр (9) является основным элементом системы, формирующей данные о текущем положении наблюдаемого наземного объекта.

Высокое качество выходного результата достигается отсутствием ложных пиков и высоким коэффициентом сигнал/шум:

$$\aleph = \frac{\max(R_{xy}) - \mu_{R_{xy}}}{\sigma_{R_{xy}}}, \quad (10)$$

где R – результирующая матрица отклика; $\mu_{R_{xy}}$ – математическое ожидание; $\sigma_{R_{xy}}$ – среднеквадратическое отклонение. Было установлено, что коэффициент пикового отношения сигнала к шуму в нормальных условиях отслеживания принимает значения в диапазоне от 2,9 до 4,1 [дБ], что объясняет стабильное сопровождение объекта. Значение коэффициента ниже 1,9 [дБ] указывает на перекрытие объекта внешними предметами или выход объекта за пределы кадра.

На рисунке 1 приведен результат применения фильтра. Определение географических координат осуществляется любым доступным способом при известном угле склонения камеры и точных географических координатах робототехнического комплекса воздушного базирования.

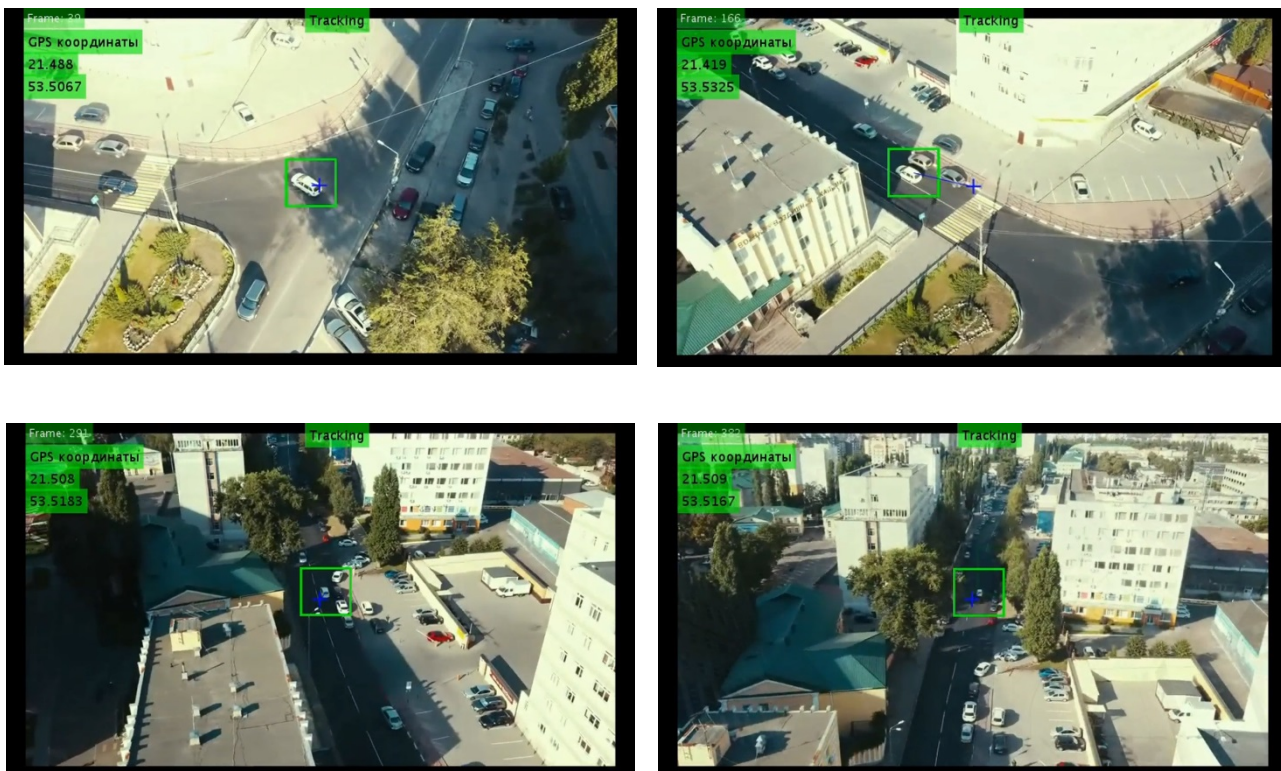


Рис. 1. Результат применения фильтра (9) для сопровождения наземного объекта

Заключение

Проведенный анализ корреляционных методов и алгоритмов цифровой обработки изображений указал на необходимость использования в задачах автоматического сопровождения объектов робототехническими комплексами фильтра, основанного на корреляционной обработке видеоряда, сводящего к минимуму выходную сумму квадратичной ошибки путем спектрального анализа предыдущего и текущего кадров. Тем самым достигается высокое качество выходного результата из-за отсутствия ложных пиков и высокого коэффициента отношения сигнал/шум.

Список литературы и источников

1. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б. А. Алпатов, П. В. Бабаян, О. Е. Балашов, А. И. Степашкин. – М. : Радиотехника, 2008. – 176 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1071 с.
3. Viola, P. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features / P. Viola // Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001). – 2001. – С. 511 – 518.

4. Система технического зрения для информационного обеспечения автоматической посадки и движения по ВПП летательных аппаратов / С. М. Соколов, А. А. Богуславский, Н. Г. Федоров, П. В. Виноградов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 1(162). – С. 96 – 109.
5. Филатов, В. И. Система обучения визуальным понятиям на основе соотнесения лексем и ключевых точек / В. И. Филатов, А. С. Потапов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16, № 4. – С. 689 – 696.
6. Ахмед, Н. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / Н. Ахмед, К. Р. Рао ; пер. с англ. – М. : Связь, 1980. – 248 с.
7. Аббасов, М. Э. Методы оптимизации : учебное пособие / М. Э. Аббасов. – СПб. : ВВМ, 2014. – 64 с.
8. Глинченко, А. С. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие. – В 2-х ч. Ч. 1 / А. С. Глинченко. – Красноярск : Изд-во КГТУ, 2001. – 199 с.
9. Visual Object Tracking using Adaptive Correlation Filters / D. S. Bolme, R. J. Beveridge, B. A. Draper, Y. M. Lui // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2010. – P. 2544 – 2550.

А. А. Петрянин, оператор роты (научной)

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия)

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ХАОСА ДЛЯ ПОСТАНОВКИ СЛОЖНЫХ ПОМЕХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Аннотация. В статье рассматривается программно-аппаратная реализация динамического хаоса, а также подход к созданию устройства формирования хаотических колебаний.

Ключевые слова: динамический хаос, хаотические колебания, помехи.

Динамический хаос – непериодические колебания, возникающие в нелинейных детерминированных системах, демонстрирующие высокую чувствительность к начальным условиям. Данные колебания имеют ряд общих черт со случайными процессами, в том числе сплошной спектр мощности, но их природа связана не со случайностью, а с нелинейными свойствами, порождающими нерегулярные колебания в динамических системах. В то же время динамический хаос является детерминированным, т.е. значение сигнала можно точно определить для каждого момента времени [1].

Наиболее известной и исследованной нелинейной системой дифференциальных уравнений с хаотическими колебаниями является система Лоренца. Специалист по физике атмосферы Э. Н. Лоренц предложил простую модель тепловой конвекции в атмосфере. Тепловые процессы описываются уравнениями теплопроводности. Лоренц сделал ряд допущений и получил трехмерную модель тепловой конвекции в обыкновенных дифференциальных уравнениях (1):

$$\begin{cases} \dot{x} = a(y - x); \\ \dot{y} = x(b - z) - y; \\ \dot{z} = xy - cz. \end{cases} \quad (1)$$

Параметры a , b и c задают вид движения точки в фазовом пространстве. При значениях параметров $a = 10$, $b > 1$ и $c = 8/3$ возникают хаотические колебания.

Фазовая траектория модели при заданных параметрах изображена на рис. 1. Как показано на рисунке, имеются два состояния равновесия, так называемые «странные аттракторы Лоренца». У данной траектории имеется несколько особенностей.

Первая особенность данной траектории заключается в том, что каждая из точек равновесия не является притягивающей. Тем не менее траектория не уходит далеко от точек равновесия и занимает ограниченную область. Так, получаются нерегулярные непериодические движения системы – в системе имеет место хаос.

Второй особенностью является то, что внутри данного аттрактора траектория движения очень чувствительна к начальным условиям. При малейшем расхождении в начальных условиях движения системы будут сильно расходиться почти сразу. Такие аттракторы получили название «странные аттракторы» [2].

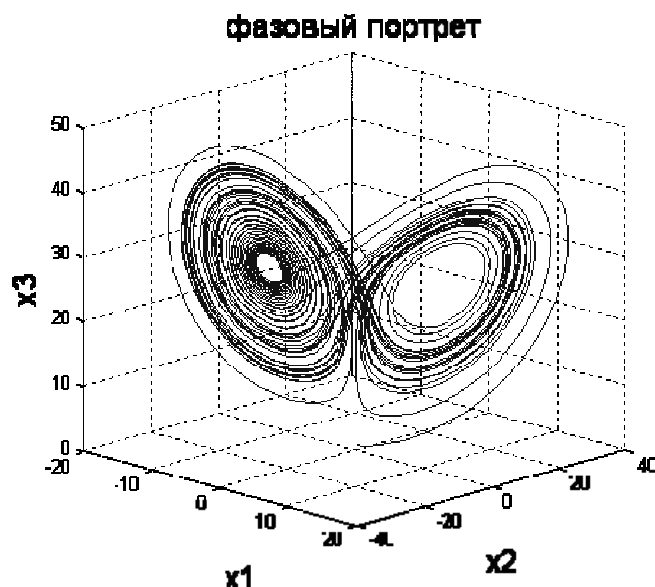


Рис. 1. Движение системы в фазовом пространстве

Спектр сигнала с генератора хаотических колебаний Лоренца имеет схожий вид со спектром белого гауссовского шума (рис. 2). Это позволяет сделать вывод, что такие сигналы можно использовать в качестве широкополосной помехи на робототехнических комплексах. С этой целью необходимо создавать устройства формирования хаотических колебаний или генераторы. Математические модели достаточно хорошо исследованы в теории, но для получения генераторов на практике в виде рабочего изделия необходимо пройти долгий путь разработки и отладки электронного устройства, построенного на дискретных элементах. Однако нет полной уверенности, что полученное устройство будет удовлетворять заданным характеристикам.

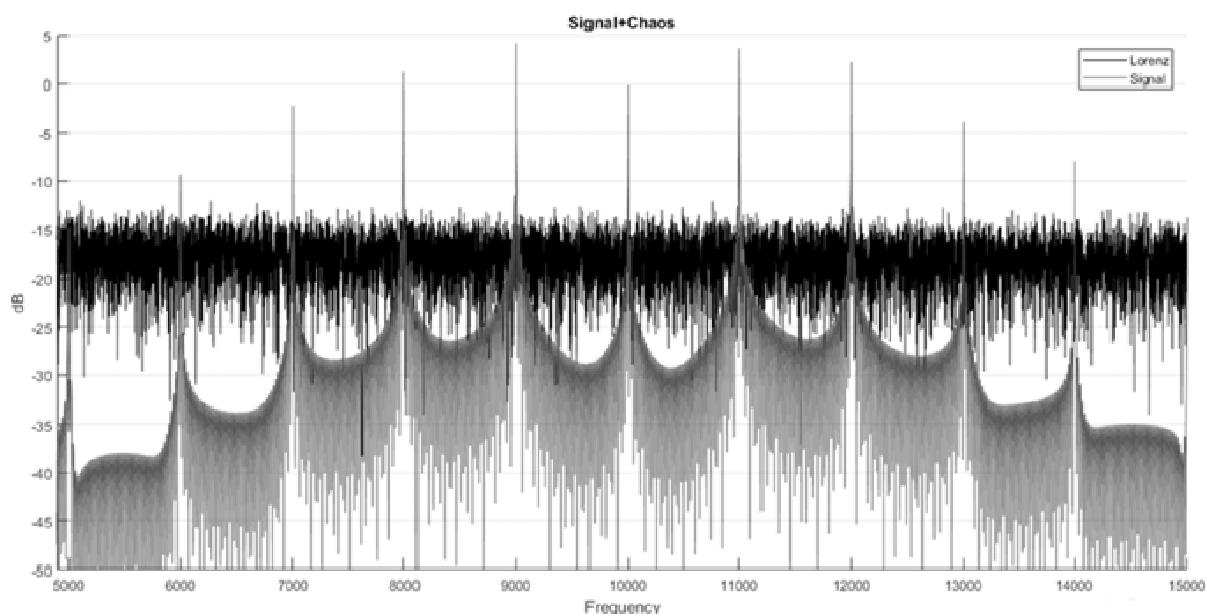


Рис. 2. Информационный сигнал с помехой в виде хаотического сигнала

Другим вариантом создания устройств формирования хаотических колебаний является использование электронно-вычислительных средств (микропроцессоров, ПЛИС). Этот способ

исключает долгий процесс разработки устройства на дискретных элементах. При создании программы формируемый сигнал задается математическими уравнениями, что дает больше уверенности в качестве выходного сигнала. Ограничением служит лишь скорость выполнения команд у вычислительного устройства, а также разрядность цифроаналогового преобразователя и скорость его работы [3].

Разрабатываемое устройство представляет собой набор генераторов хаотических колебаний, сигналы от которых поступают на специальный блок коммутации сигналов. Блок коммутации образует различные комбинации входных сигналов, такие как сумму, произведение, либо выводит каждый из них на определенное время, формируя последовательность хаотических сигналов, идущих друг за другом. На рисунке 3 представлена блок-схема разрабатываемого устройства.

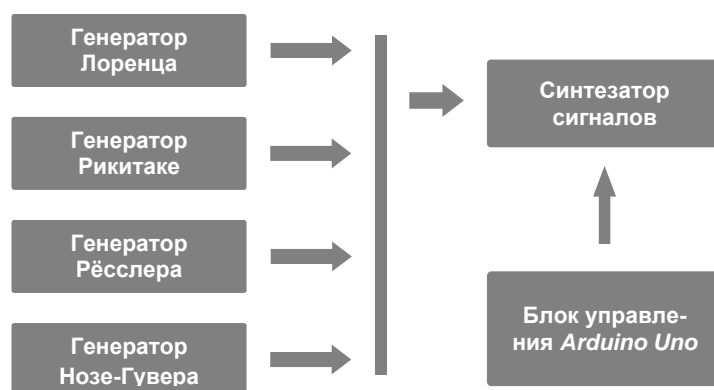


Рис. 3. Структурная схема устройства генератора

Предложенный в работе программно-аппаратный комплекс постановки сложных помех применяется для использования робототехническими комплексами. Основные особенности данного комплекса:

- универсальность;
- возможность расширения;
- интеллектуальное формирование сигнала.

Как видим, универсальность заключается в возможности содержать в одном устройстве несколько генераторов сигналов. Возможность расширения подразумевает быстрый способ обновления устройства заменой его на новое более мощное либо просто обновления программы с новыми генераторами колебаний. Интеллектуальное формирование сигнала дает возможность получать на выходе устройства колебания как с отдельного генератора, так и сумму сигналов, произведение, либо формирование сигнала как последовательность колебаний различной длительности и следующих в различном порядке.

Список литературы и источников

1. Генераторы хаотических колебаний : учебное пособие / Б. И. Шахтарин и др. – М. : Гелиос АРВ, 2007. – 248 с.
2. Кобылкина, П. И. Источники хаотических колебаний с дискретным временем / П. И. Кобылкина, Ю. А. Сидоркина, В. Д. Морозова // Научный вестник МГТУ ГА. Сер. Радиофизика и радиотехника. – 2003. – № 62. – С. 140 – 147.
3. Литвинов, А. И. Быстрая разработка устройств ЦОС в системе Xilinx System Generator / А. И. Литвинов // Современная Электроника. – 2013. – № 1. – С. 64 – 69.

(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия)

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ КОНФЛИКТООУСТОЙЧИВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Рассмотрены вопросы построения конфликтостойчивой автоматизированной системы подготовки операторов радиоэлектронных средств. Предложены структурные схемы автоматизированной системы формирования содержательных компонентов учебных упражнений и автоматизированной системы формирования содержательных компонентов учебных планов.

Ключевые слова: конфликтостойчивая автоматизированная система, радиоэлектронные средства, учебный план.

В работе [1] проанализирована проблема обеспечения конфликтостойчивости системы тренажерной подготовки (ТП) операторов военных радиоэлектронных объектов (РЭО), которая заключается в теоретическом обобщении и развитии методологии разработки автоматизированной системы (АС) ТП операторов, устойчивой к конфликтам применения РЭО и тренажеров.

Для решения данной проблемы предлагается дополнить АС ТП (рис. 1):

- системой АС₁₁ формирования учебных упражнений, отражающей действительные радиочастотные (РЧ) условия взаимодействия РЭО с РЭС, определяющие АС₁₁₁;
- системой АС₁₂ формирования учебных упражнений, отражающей ограниченную адекватность тренажеров, определяемую АС₁₂₁.

Чтобы решить эту проблему, необходимо создать структурные схемы автоматизированных систем формирования содержательных компонентов, соответственно, учебных упражнений (АС₁₁ – рис. 2) и учебных планов (АС₁₂ – рис. 3), защищенных от конфликта применения РЭО и тренажеров.

Функционирование АС₁₁ заключается в следующем [2]:

- 1) в автоматизированной системе АС₁₁₁ происходит сравнение принятых (учтенных в учебном упражнении) и текущих (определяемых средствами радиомониторинга) РЧ-условий функционирования РЭО;
- 2) если различия между ними нет, то предписанные операции остаются без изменения, иначе применяется метод идентификации РЧ-воздействий;
- 3) если РЧ-воздействия не принадлежат к категории конфликта \mathfrak{R} (определяющей снижение функции полезности РЭО), то предписанные операции остаются без изменения, а принятые РЧ-условия подстраиваются под текущие, в противном случае происходит индикация «Конфликт»;
- 4) при срабатывании индикатора «Конфликт» на основании метода формирования содержательных компонентов учебных упражнений осуществляется выбор бесконфликтных операций и уточнение РЧ-условий;
- 5) по выбранной операции и уточненным РЧ-условиям функционирования РЭО происходит коррекция соответствующих содержательных компонентов учебного упражнения.

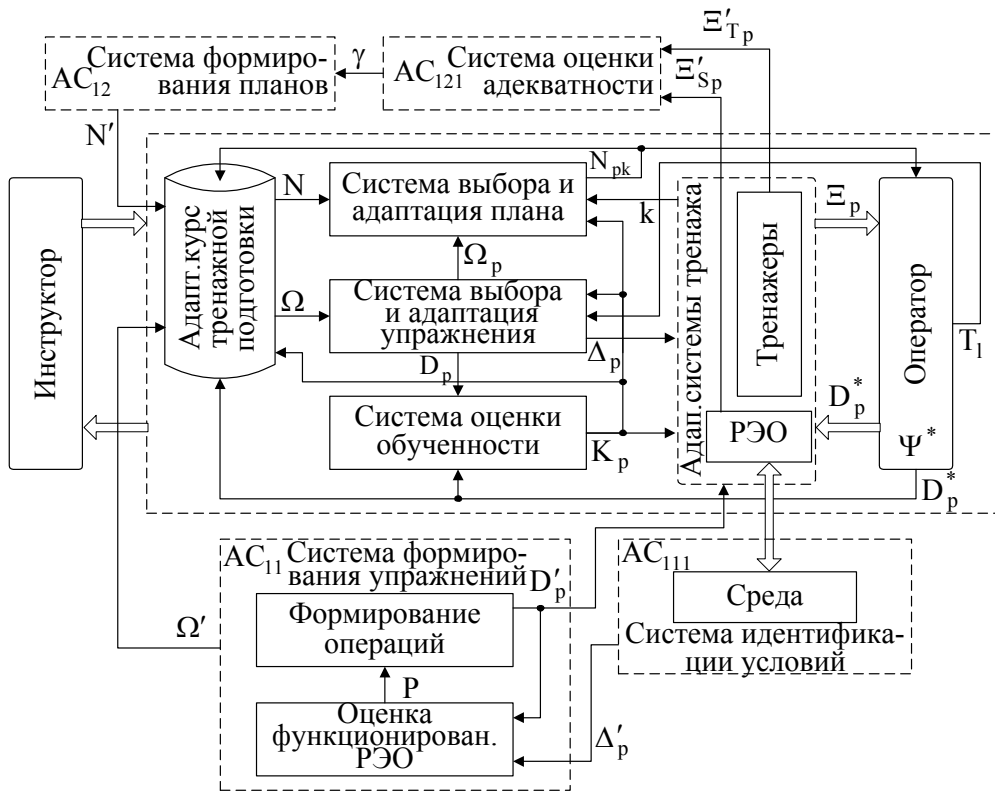


Рис. 1. Конфликто-устойчивая автоматизированная система управления тренажерной подготовки операторов радиоэлектронных средств

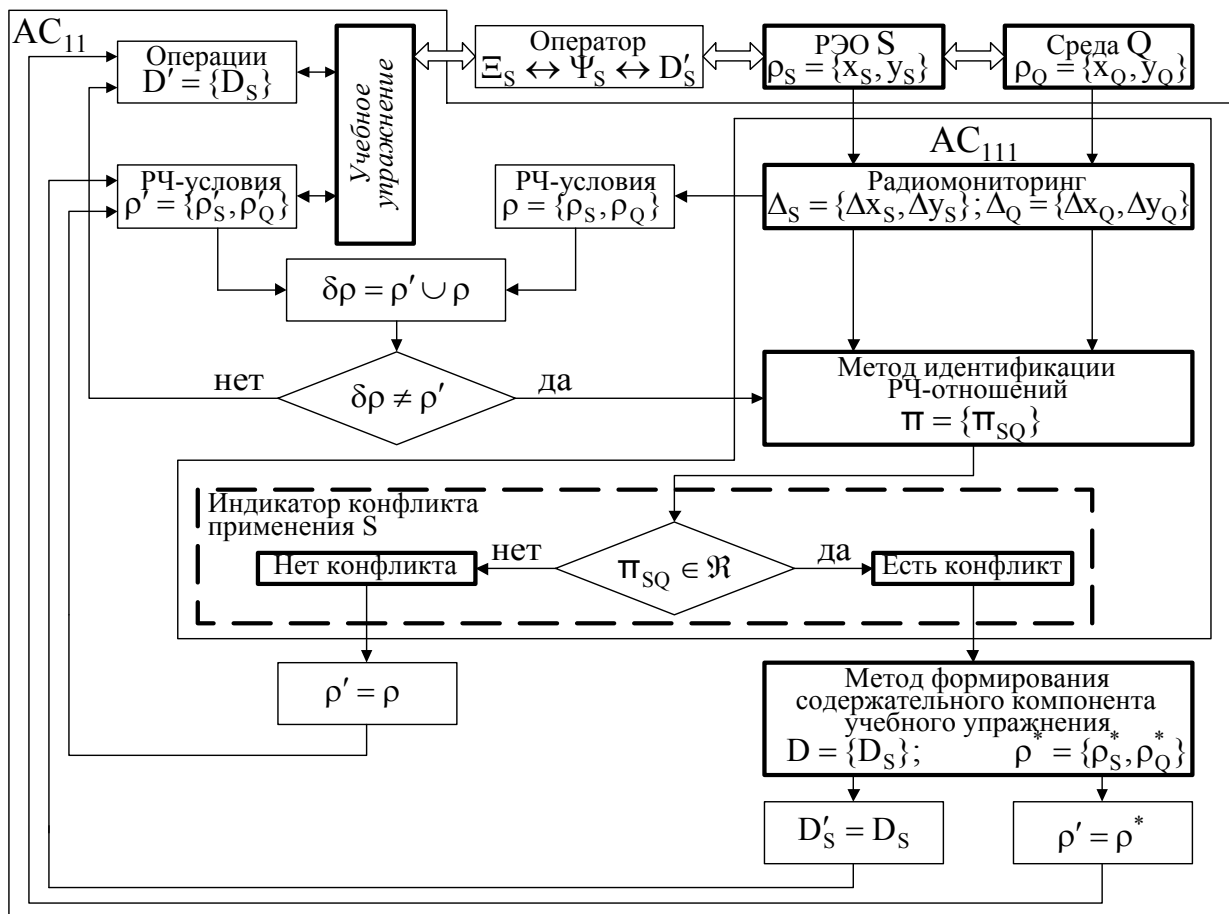


Рис. 2. Автоматизированная система формирования содержательных компонентов учебных упражнений

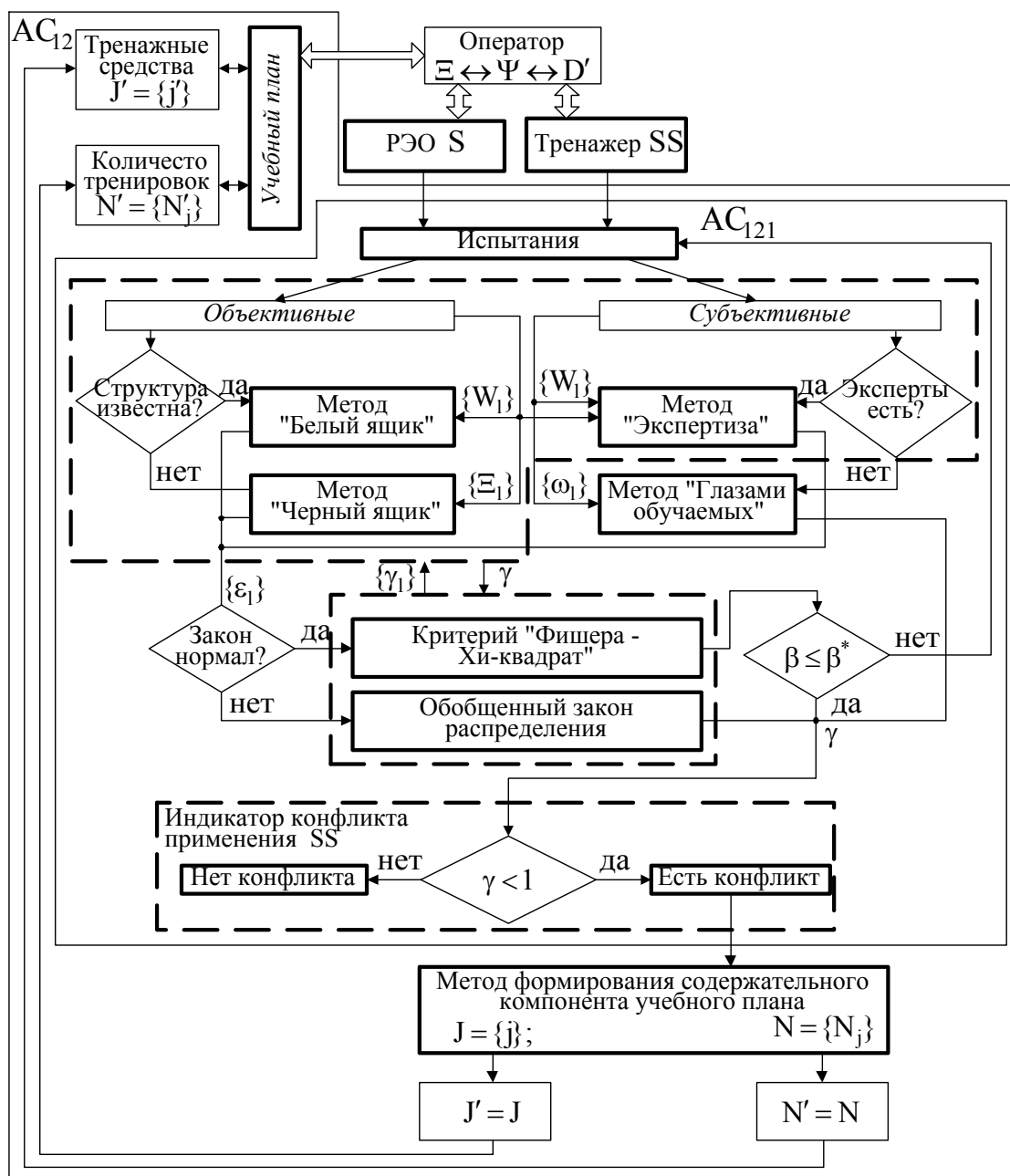


Рис. 3. Автоматизированная система формирования содержательных компонентов учебных планов

Функционирование $АС_{12}$ заключается в следующем [3]:

1) в автоматизированной системе $АС_{121}$ в зависимости от условий испытаний (объективных или субъективных) и сертификации проводится выбор метода вероятностной оценки степени адекватности имитационного моделирования в тренажере:

- для объективных испытаний – если структура тренажера и РЭО известна и является иерархической, то применяется метод «Белого ящика», иначе – метод «Черного ящика»;
- для субъективных – если имеется достаточное количество экспертов, то используется метод «Экспертиза», иначе – метод «Глазами обучаемых»;

2) если закон распределения невязок между результатами имитационного моделирования в тренажере и откликами РЭО является нормальным, то в выбранном методе оценки адекватности рассчитывают по обобщенному критерию «Фишера – Хи-квадрат», иначе –

по обобщенному закону распределения. В том случае, если ошибка оценки адекватности меньше заданной, то проводятся дополнительные испытания;

3) если оценка адекватности равна единице (что маловероятно), то учебный план остается без изменений, в противном случае происходит индикация «Конфликт»;

4) при срабатывании индикатора «Конфликт» на основании метода формирования содержательных компонентов учебных планов осуществляется выбор варианта ТП (средств тренажа) и определение количества тренировок;

5) по выбранным средствам тренажа и определенному на каждом средстве количеству тренировок происходит коррекция соответствующих содержательных компонентов учебного плана.

Автоматизация обеспечения конфликтоустойчивости ТП операторов в рассмотренных аспектах по отношению к существующей системе, не защищенной от конфликтов применения РЭО и тренажеров, делает возможным экономический выигрыш не менее чем в 2,5 раза, а также рост эффективности выполнения боевых задач не менее чем в 2 раза [4].

Список литературы и источников

1. Потапов, А. Н. Оценка качества программного обеспечения при разработке адаптивных тренажных систем подготовки лиц группы руководства полетами / А. Н. Потапов // III Качинские чтения : сб. ст. науч.-практ. конф. 10 – 13 апреля 1998 г. – Волгоград : Качинское ВВАУЛ, 1998. – С. 201 – 206.

2. Дикарев, В. А. Обеспечение качества применения компьютерных систем тренажа / В. А. Дикарев, А. Н. Потапов, Р. В. Султанов. – Балашов : Николаев, 2002. – 89 с.

3. Потапов, А. Н. Особенности формирования содержательного компонента упражнений тренажной подготовки операторов радиоэлектронных объектов / А. Н. Потапов // Актуальные проблемы науки и образования : материалы юбилейного международного симпозиума. – Пенза : ПГУ, 2003.

4. Потапов, А. Н. Оценка адекватности результатов математического моделирования больших систем с учетом неопределенности представления модулирующих функционалов и знаний выходных параметров / А. Н. Потапов / Сборник научно-методических материалов. – Тамбов : ТВВАИУ им. Ф. Э. Дзержинского, 1997. – С. 30 – 32.

Е. С. Ремесник, ассистент кафедры бизнес-информатики и математического моделирования,
Институт экономики и управления (структурное подразделение)
(ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»,
Симферополь, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ФИШБЕРНА В ТЕОРЕТИКО-ИГРОВЫХ МОДЕЛЯХ

Аннотация. В статье рассматривается применение последовательностей Фишберна в теоретико-игровых моделях, основанных на концепции комбинированного применения статистических и антагонистических игр.

Ключевые слова: последовательности Фишберна, принятие управленческих решений, теоретико-игровые модели.

Постановка проблемы. Факторы, которые необходимо учитывать при принятии управленческих решений в экономике, становятся все более многочисленными, разнообразными и взаимосвязанными. Особенности социально-экономических систем требуют разработки такого теоретико-игрового подхода к моделированию процесса принятия управленческих решений в экономике, который позволил бы учитывать неопределенность, случайность, неполноту информации. Эти особенности экономики приводят к тому, что при теоретико-игровом моделировании экономики не для всех элементов платежной матрицы известны их точные истинные значения либо они неизвестны вообще, но известен (или можно определить) закон, по которому возможно корректное оценивание их значений. В таких случаях необходимо применять неоклассические антагонистические игры (НАИ), представляющие собой матричные игры, которые для удобства будем называть антагонистическими играми (АИ), заданные частично известной платежной матрицей. Кроме того, для расширения сферы применения АИ в экономико-математическом моделировании их целесообразно применять комбинированно со статистическими играми, а также совместно с теорией вероятностей, математической статистикой, теорией случайных процессов и другими разделами математики.

В теоретико-игровых моделях необходимо учитывать значения вероятностей возможных состояний экономической среды (ЭС). Оценки неизвестных значений вероятностей могут быть получены экспертным путем либо предложены самим лицом, принимающим решения (ЛПР), на основании имеющейся в его распоряжении информации, его предпочтений и целей. Корректность и адекватность оценки значений вероятностей влияют на результирующие показатели модели, качество анализа и результаты управления, основанные на применении такой модели. Для построения оценки значений вероятностей предлагается использование последовательностей Фишберна [1], а также последовательностей Фишберна второго порядка [2], удовлетворяющих простому и частично усиленному нестрогому линейному отношению порядка (см., например, [1, с. 96–97]) факторов.

Анализ последних исследований и публикаций. В учебном пособии [3] для принятия управленческих решений в экономике подробно рассмотрена концепция комбинированного применения статистических и антагонистических игр. Данная концепция находит широкое применение в различных областях принятия управленческих решений: для оптимального распределения имеющихся ресурсов между разными активами, оценки реализации инвестиционных проектов и др. В частности, как отечественные, так и зарубежные ученые, рассматривают применение теоретико-игрового подхода к оценке рисков информационной безопасности. К защите информации можно подходить с точки зрения оптимизации объема расходов на обеспечение информационной безопасности [4] (распределение денежных ресурсов), а также с точки зрения оптимизации ресурсов, затрачиваемых на поддержание работоспособности системы защиты от сетевых атак [5] (распределение ресурсов системы – мощности системы). В этих и других исследованиях рассматриваются теоретико-игровые модели, базирующиеся на применении оценки значений вероятностей экономической среды. Набор последовательностей, оценивающих распределения вероятностей состояний экономической среды, позволит ЛПР обладать большей гибкостью при анализе различных экономических систем. В монографии [1] подробно рассмотрено применение формул Фишберна и таких их обобщений, как последовательности Фишберна и, в частности, обобщенные прогрессии Фишберна, в современной теории портфеля для корректного моделирования задачи поиска эффективного портфеля в поле различных информационных ситуаций.

Целью статьи является рассмотрение возможности применения последовательностей Фишберна в теоретико-игровых моделях.

Изложение основного материала. Применение игр для принятия управленческих решений в экономике должно начинаться с построения платежной матрицы, что является, как правило, наиболее трудоемким этапом.

Рассмотрим следующую ситуацию. Предприятие располагает определенным запасом средств (это могут быть денежные средства или ресурсы иного вида, например человеческий или технический ресурс работы системы). Данные средства могут быть направлены на повышение качества работы определенных активов предприятия (информационные активы, технические, работа с клиентами по разным направлениям и др.). Предполагается, что вложение средств в повышение качества работы определенных активов является независимым событием. ЛПР имеет возможность вкладывать в различные активы разное количество средств. Ситуация распределения средств может быть описана такой математической моделью, как АИ. Обеспечение средствами активов предприятия является стратегией ЛПР, стремящегося оптимизировать работу активов. В качестве второго игрока в данной ситуации можно воспринимать другие предприятия, осуществляющие атаки на предприятие или его ресурсы, или другие предприятия, являющиеся конкурентами рассматриваемого предприятия и т.п. Таким образом, получаем АИ, т.е. игру двух лиц с нулевой суммой, где первый игрок – ЛПР, действующее в интересах предприятия, второй – ЭС (атакующая сторона, конкуренты, стремящиеся к противоположному результату и т.п.).

Пусть предприятие имеет n активов, работу которых необходимо определенным образом оптимизировать. ЛПР располагает k стратегиями распределения средств в объеме R .

В соответствии с выбранными стратегиями получаем матрицу распределения средств по активам, представленную в табл. 1. Введем обозначение: q_j – вероятность j -го состояния ЭС, в котором она может оказаться в момент принятия ЛППР своего решения.

1. Матрица распределения средств по активам

№ стратегии	Активы предприятия			
	1	2	...	n
1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1k}
2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2k}
...
k	r_{k1}	r_{k2}	...	r_{kn}
Вероятности воздействия ЭС	q_1	q_2	...	q_n

Значения вероятностей q_j могут быть оценены из имеющихся статистических данных или экспертным путем или согласно предпочтениям и целям, имеющимся у ЛППР. В частности, данные значения могут быть элементами последовательностей Фишберна (см., например, [1, с. 132]), последовательностей Фишберна второго порядка, введенных в статье [2].

$$\text{При этом } \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n r_{ij} = R.$$

Пусть

$$a_{ij} = f_{ij}(r_{ij}; q_j), \quad (1)$$

где a_{ij} – показатель качества работы j -го актива в случае реализации i -й стратегии предприятия, который может быть найден как значение $f_{ij}(r_{ij}; q_j)$, т.е. как значение функции зависимости качества работы j -го актива от вложенных средств r_{ij} в случае реализации i -й стратегии.

Так как цель ЛППР – повышение качества работы активов предприятия, составим матрицу «выигрышей», элементами которой являются показатели качества работы активов (табл. 2).

2. Матрица «выигрышей» – показатели качества работы актива

№ стратегии	Активы предприятия			
	1	2	...	n
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1k}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2k}
...
k	a_{k1}	a_{k2}	...	a_{kn}

Если игра, заданная данной матрицей «выигрышей», имеет седловую точку, то стратегия распределения средств найдена. Иначе решение может быть найдено в смешанных стратегиях при сведении игры к паре взаимно двойственных задач следующего вида:

$$f = \sum_{i=1}^k y_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^k a_{ij} \cdot y_i \geq 1, \quad j = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$$y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, k}; \quad (4)$$

$$z = \sum_{j=1}^n x_j \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq 1, \quad i = \overline{1, k}; \quad (6)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Пусть $\mathbf{y}^* = (y_1^*; y_2^*; \dots; y_k^*)$, $\mathbf{x}^* = (x_1^*; x_2^*; \dots; x_n^*)$ – оптимальные решения задач (2) – (4) и (5) – (7) соответственно, тогда цена игры вычисляется по формуле

$$v = \frac{1}{f^*} = \frac{1}{z^*}. \quad (8)$$

Формулы для нахождения компонент оптимальных смешанных стратегий первого и второго игроков имеют следующий вид:

$$q_j^* = vx_j^*, \quad j = \overline{1, n}; \quad p_i^* = vy_i^*, \quad i = \overline{1, k}.$$

Объем средств R_j , вкладываемый в j -й актив, определяется с помощью найденной смешанной стратегии следующим образом:

$$R_j = \sum_{i=1}^k r_{ij} \cdot q_i^*, \quad j = \overline{1, n}.$$

Выводы

Процесс построения платежной матрицы является одним из наиболее ответственных и сложных этапов теоретико-игрового моделирования. Проблема неполноты информации позволяет в определенном смысле учесть и преодолеть применение неоклассических антагонистических игр, представляющих собой игры двух лиц с нулевой суммой, заданных частично известными платежными матрицами. Итоговые результаты очевидно зависят от выбранной оценки распределения вероятностей состояний экономической среды.

Список литературы и источников

1. Сигал, А. В. Последовательности Фишберна и их применение в современной теории портфеля : монография / А. В. Сигал, Е. С. Ремесник. – Симферополь : ИП Корниенко А. А., 2018. – 204 с.
2. Сигал, А. В. Оценка вектора весовых коэффициентов / А. В. Сигал, Е. С. Ремесник // Системный анализ и информационные технологии : тр. Восьмой Междунар. конф. САИТ-2019 (8 – 14 июля 2019, Иркутск).
3. Сигал, А. В. Теория игр и ее экономические приложения : учебное пособие / А. В. Сигал. – Симферополь : ИП Корниенко А. А., 2017. – 414 с.
4. Юрьев, В. Н. Игровой подход к оценке риска и формированию бюджета информационной безопасности предприятия / В. Н. Юрьев // Прикладная информатика. – 2015. – Т. 10, № 2(56). – С. 121 – 126.
5. Басалова, Г. В. Применение методов теории игр в системах обнаружения вторжений / Г. В. Басалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – Тула, 2017. – № 10. – С. 207 – 216.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. Рассмотрен процесс автоматизации оценки эффективности программно-аппаратных средств защиты информации путем создания автоматизированной системы.

Ключевые слова: автоматизированная система, оценка эффективности, защита информации.

В наши дни проблема защиты конфиденциальной информации особенно актуальна. Ущерб от реализации угроз компьютерным системам (КС) и обрабатываемой в них конфиденциальной информации превышает миллионы рублей.

По данным статистики за 2018 год на территории Российской Федерации зафиксировано около 300 тысяч преступлений в сфере информационной безопасности. К ним можно отнести несанкционированный доступ к конфиденциальной информации, утечка и разглашение атрибутов доступа к подсистемам КС, создание, использование или распространение вредоносных программ для ЭВМ или машинных носителей с такими программами.

Компьютерная система – любое устройство или группа взаимосвязанных, или смежных устройств, одно или более из которых, действуя в соответствии с программой, осуществляет автоматизированную обработку данных.

Объектом информатизации называется совокупность информационных ресурсов, средств и систем обработки информации, используемых в соответствии с заданной информационной технологией, а также средств их обеспечения, помещений или объектов, в которых эти средства и системы установлены, или помещений и объектов, предназначенных для ведения конфиденциальных переговоров.

Как правило, на компьютерную систему влияет ряд факторов, который можно условно разделить на две категории: требования законодательства и стандартов в области защиты информации, а также различные угрозы информационной безопасности. Автоматизированная система оценки эффективности программно-аппаратных средств защиты информации позволит КС привести в соответствие установленным требованиям, противостоять актуальным угрозам, снизить трудоемкость работ, сэкономить время и значительно сократить материальные затраты на проведение аудита и разработку ПАСЗИ.

В связи с этим разработка системы автоматизированной оценки эффективности программно-аппаратных средств защиты актуальна. На сегодняшний день автоматизированная оценка уровня информационной безопасности проводится исключительно по стандартам ISO, однако в Российской Федерации наиболее распространена организационно-распорядительная документация.

В предлагаемом подходе в основу положена оценка защищенности объекта информатизации согласно положениям законодательной базы РФ, требованиям государственных стандартов, а также проверка наличия организационно-технической документации (далее – ОТД), регламентирующей защиту компьютерных систем.

Самой важной задачей разрабатываемой АС является выявление уязвимостей существующих систем обработки и защиты информации. В качестве входных данных применяются данные о КС, которые вводятся на основе специально разработанных опросных анкет.

Алгоритм работы АС следующий:

1. Ввод исходных данных.
2. Формирование информационной модели компьютерной системы, определение целей и задач по ЗИ.
3. Оценка состояния защищенности ОИ.
4. Формирование модели угроз ИБ.
5. Формирование рекомендаций по совершенствованию системы защиты информации.
6. Формирование организационно-технической документации.

Достоинством данного подхода является возможность снизить трудоемкость работ, сократить временные и материальные затраты на проведение оценки уровня информационной безопасности, повысить качество проектных решений.

На рисунке 1 представлена структурно-функциональная схема разработанной АС.

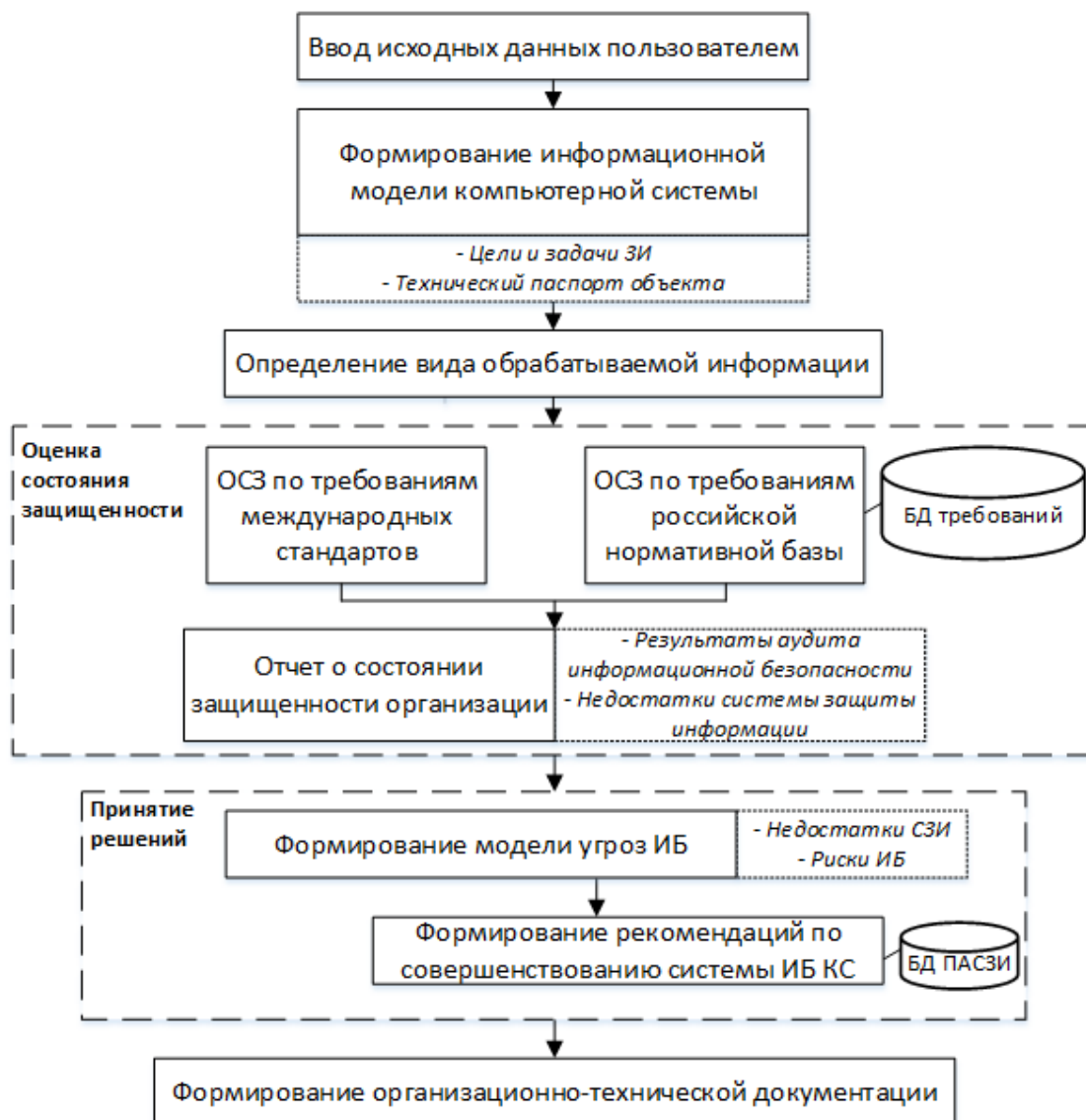


Рис. 1. Структурно-функциональная схема автоматизированной системы

Ввод исходных данных представляет собой заполнение опросных анкет, которые позволяют выявить вид обрабатываемой информации, существующие программно-аппаратные средства защиты информации, угрозы ИБ, уязвимости системы защиты информации, а также прочие данные, позволяющие составить информационную модель объекта информатизации.

Следующим этапом является оценка состояния защищенности КС. Рассмотрим три основных направления оценки защищенности:

1. Оценка на соответствие требованиям стандартов (ГОСТ, СТР-К, ISO).
2. Определение наличия программно-аппаратных средств защиты информации на объекте информатизации.
3. Выявление ОТД, регламентирующей защищенную обработку конфиденциальной информации.

В итоге формируется отчет о состоянии защищенности компьютерной системы.

На этапе формирования модели угроз информационной безопасности формируется описание системы обработки информации, устанавливаются пользователи данной системы, определяется уровень исходной защищенности, степень актуальности угроз, оценивается вероятность реализации угроз.

Актуальность рисков определяется в соответствии с типом обрабатываемой информации, объемом обрабатываемых в системе данных, структурой информационной системы, режимом обработки данных и т.д.

Впрочем, чтобы определить актуальность угроз для данного объекта информатизации, необходимо выделить критерии актуальности каждой конкретной угрозы. Так, для угрозы сетевой атаки допускается выделять такие критерии актуальности, как наличие доступа к глобальной сети, наличие в структуре локальной вычислительной сети средств межсетевого экранирования, антивирусной защиты и т.д.

На основании выделенных критериев актуальности можно формализовать расчет вероятности реализации угроз:

$$P(i) = \frac{\sum f(j)}{N} * 100\%, \quad (1)$$

где $P(i)$ – вероятность реализации i -й угрозы; $f(j)$ – функция расчета влияния j -го критерия на защищенность системы от i -й угрозы; N – количество факторов.

Результатом на данном этапе работы является модель угроз, на основании которой есть возможность выделить оптимальные средства защиты от наиболее актуальных и вероятных угроз.

В целях обеспечения защиты от таких угроз предусмотрен процесс выборки программных и аппаратных средств защиты информации из базы данных. Выборка проводится с учетом стоимости средств защиты и оптимальных технических характеристик, необходимых для обеспечения требуемого уровня защищенности.

Формализацию процесса формирования модели угроз определяют в виде кортежа

$$M = \langle D_i, T, T_h, K_a, P \rangle, \quad (2)$$

где D_i – уровень исходной защищенности; T – тип системы обработки информации; T_h – угрозы информационной безопасности; K_a – критерии актуальности угроз; P – вероятность реализации угроз.

Следующий этап – формирование рекомендаций по совершенствованию системы защиты информации. Рекомендации разделяются на четыре основных раздела:

1. Рекомендации по антивирусной защите информации.
2. Рекомендации по защите информации от несанкционированного доступа (НСД).
3. Рекомендации по применению средств межсетевое экранирования.
4. Рекомендации по применению средств обнаружения вторжений.

По каждому разделу приводится ряд мер, выполнение которых необходимо для защиты от выявленных угроз. Так же на данном этапе осуществляется подбор оптимальных средств программно-аппаратной защиты информации в соответствии с допустимой стоимостью и набором необходимых характеристик.

Заключительным этапом является формирование ОТД, регламентирующей защиту конфиденциальной информации. На этом этапе проводится оценка наличия ОТД на объекте, выявляются недостающие документы, если необходимо, проводится сбор дополнительных данных, необходимых для формирования дополнительных документов.

Выходными данными по результатам работы данного блока является комплект ОТД, регламентирующей эксплуатацию программно-аппаратных средств защиты.

На рисунке 2 представлены результаты работы автоматизированной системы.

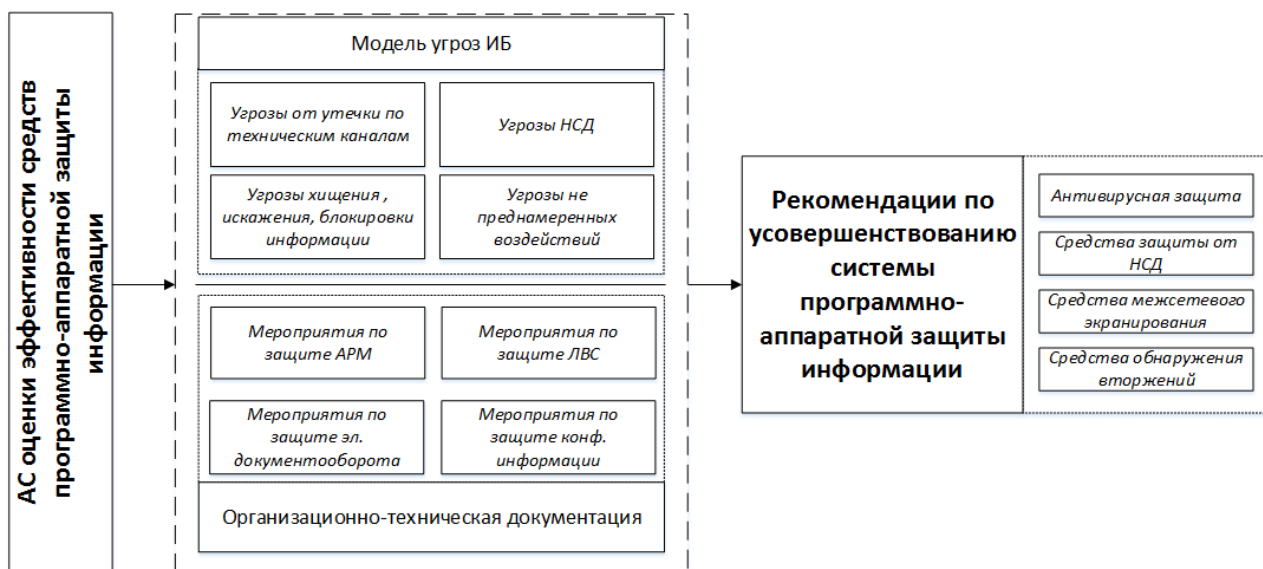


Рис. 2. Результаты работы АС

Как видим, разработанная автоматизированная система оценки эффективности программно-аппаратных средств защиты информации делает возможным в автоматизированном режиме построить модель угроз информационной безопасности, сформировать организационно-техническую документацию, регламентирующую защиту конфиденциальной информации, а также составить рекомендации по усовершенствованию программно-аппаратной системы защиты информации. Данная система дает возможность значительно сократить временные и материальные затраты на проведение аудита информационной безопасности и разработку дополнительных мер защиты информации.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В КОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные направления обеспечения надежности обработки информации в коммуникационной среде органов исполнительной власти в виде расширения дополнительных возможностей и введения специальных алгоритмов.

Ключевые слова: обеспечение надежности, коммуникационная среда, органы исполнительной власти, алгоритмы.

В условиях современной международной и военно-политической обстановки реализация стратегического приоритета национальной безопасности Российской Федерации – национальной обороны – во многом зависит от эффективности деятельности по заблаговременной подготовке экономики, органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций, подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований, органов и создаваемых на военное время специальных формирований к обеспечению защиты государства от вооруженного нападения и удовлетворению потребностей государства и нужд населения в военное время, а также готовности страны к переводу на функционирование в условиях военного времени.

В данной связи роль органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в организации и обеспечении мобилизационной подготовки и мобилизации повышается и приобретает характер фактора, определяющего способность и готовность страны к решению задач национальной обороны в условиях военного времени. В условиях военного времени обеспечение надежности инфокоммуникационных процессов в среде информационного портала органов исполнительной власти приобретает особое значение, так как именно от надежности их функционирования зависит успех реализации мероприятий по переводу органов исполнительной власти с режима мирного времени в военное.

В настоящее время администрации субъектов РФ и муниципальных образований активно занимаются внедрением новых информационных технологий в развитие региональных ситуационных центров (далее – СЦ), имеющих региональную специфику и соответствующих требованиям к составу технических и технологических средств поддержки. Предметные области решаемых в СЦ задач ориентированы на проблемы управления социально-экономическим и общественно-политическим развитием страны и ее регионов в сфере макроэкономики, регионального развития, национальной безопасности и при чрезвычайных ситуациях. Создание и развитие системы ситуационных центров предполагает разработку специального инструментария, обеспечивающего организацию информационного взаимодействия между структурными компонентами системы.

Наиболее оптимальной для решения проблемы информационного обмена с точки зрения полноты и оперативности получения информации является технология информационных порталов на базе единой транспортно-коммуникационной сети [1]. Информационный портал

предназначен для агрегации данных, обработки и представления сводной отчетной информации, необходимой для обеспечения проектного управления, контроля подготовки и выполнения приоритетных государственных программ, координации взаимодействия органов управления и контроля, включая высшие органы государственной власти.

Информационный портал (ИП) – это программный комплекс, обеспечивающий защищенный персонифицированный веб-интерфейс, посредством которого уполномоченные сотрудники органов исполнительной власти и взаимодействующие организации имеют доступ к требуемой им информации и приложениям в соответствии с правами разграничения доступа.

Вход в информационный портал происходит с помощью прикладного программного обеспечения, а его среда является единой точкой входа, дающей возможность прозрачного доступа к массивам данных систем управления, документооборота, хранилищ данных, систем групповой работы и процессам управления. При этом информационный портал снабжается мощными средствами поиска и категоризации информации, содержащейся в любых приложениях и информационных ресурсах органов управления. Развитие методов обработки информации в коммуникационной среде органов исполнительной власти осуществляется в направлении все более полного удовлетворения требований, выдвигаемых ее представителями для улучшения характеристик передачи [2].

Первое направление проявляется в расширении дополнительных возможностей, обеспечиваемых алгоритмами обработки информации в определенном режиме («Запрос–Ответ», «Доставка», «Диалог»). В качестве таких функций для рассмотрения алгоритмов обработки информации среды ИП наибольший интерес представляют:

- образование групп ограниченного доступа конкретной среды информационного портала;
- формирование хранилищ массивов данных пользователей органов исполнительной власти;
- предварительное согласование между пользователями органов исполнительной власти пропускной способности сквозного тракта в среде ИП;
- управление доступом к вычислительным ресурсам или к исходящему потоку данных органов исполнительной власти;
- тарификация информационных потоков, передаваемых через коммуникационную среду портала.

Второе направление заключается во введении специальных алгоритмов обработки информации, предназначенных для:

- снижения времени обработки информационных массивов в среде ИП и улучшения степени использования пропускной способности для среды информационного портала;
- управления информационными потоками, циркулирующими в среде информационного портала, на основе улучшения характеристик их обработки;
- установления оптимальных параметров обработки информации в среде портала за счет длины поля данных пользователя органов исполнительной власти в информационном массиве и параметров тракта передачи, используемых для нумерации массивов.

При этом необходимо указать на факторы, общие для обоих направлений. Например, предварительное согласование пропускной способности косвенно связано с регулированием входящего и исходящего трафика. В практике создания средств обработки информации для ИП наиболее проработаны дополнительные функции, ориентированные на принцип коммутации пакетов.

Список литературы и источников

1. Ильин, Н. И. Развитие систем специального информационного обеспечения государственного управления / Н. И. Ильин, Н. Н. Демидов, П. Н. Попович. – М. : Медиа Пресс, 2009. – 288 с.

2. Теоретические основы управления процессами обработки информации в среде информационных порталов региональных органов исполнительной власти [Текст] + [Электронный ресурс] : монография / В. Т. Еременко и др. – Тирасполь : Изд-во Приднестр. ун-та, 2017. – 256 с.

Сари Фарах Аббас, П. А. Трефилов,
аспиранты кафедры «Информационные системы и защита информации»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ОБНАРУЖЕНИЕ КРАЯ С РАЗМЫТЫМ И НЕРАЗМЫТЫМ ИЗОБРАЖЕНИЕМ ПО АЛГОРИТМУ МУРАВЬЯ

Аннотация. Сегментация и распознавание клеток крови являются двумя существенными проблемами в системе автоматической идентификации лейкоцитов (белые кровяные клетки). Поскольку белые кровяные клетки можно приблизительно рассматривать как эллиптическую форму, метод обнаружения может успешно распознавать такие элементы. Независимо от того, являются ли проблемы сегментации или проблемы обнаружения эллипса трудоемкими и подверженными ошибкам, ввиду проблемы сегментации и обнаружения лейкоцитов в работе был представлен эффективный метод оптимизации. Основываясь на сравнении некоторых методов оптимизации, представлен алгоритм искусственной пчелиной колонии для автоматического обнаружения лейкоцитов в цветных изображениях клеток крови путем преобразования обнаружения в проблему оптимизации.

Ключевые слова: колония муравьев, обнаружение краев, гауссов шум, зашумленное изображение, неразмытое изображение.

1. Оптимизация колонии муравьев

Алгоритмы АСО вдохновлены естественным поведением муравьев, которые находят кратчайшие пути между их гнездом и источниками пищи, используя распространение феромонов на земле в итерационном процессе [1]. Аналогично, АСО подготавливает набор компонентов решений (пути) и обновляет его на основе модели феромона (веса пути) в каждой итерации. Алгоритм АСО строит решение с вероятностным механизмом из компонентов.

Модель феромона представляет собой набор значений, представляющих распределение вероятностей в пространстве поиска. Обновление феромона выполняется для увеличения вероятности построения хороших решений из компонентов. Для реализации алгоритма АСО рассматриваются K искусственных движущихся муравьев в области, состоящей из $M1 \times M2$ узлов [2]. Муравьи строят компоненты по их вероятностному движению на основе матрицы вероятности перехода, P_n . Вероятность перехода от узла i к узлу j зависит от двух значений, связанных с подключением узла i к узлу j : значение феромона и эвристическое значение.

2. Обнаружение края с АСО

В проблеме установления краев алгоритм АСО обнаруживает края изображения с помощью муравьев, движущихся по краям изображения, и записывает значения интенсивности как предполагаемый феромон в матрице, которая показывает и ограничивает информацию в каждой ситуации. Ряд муравьев движется на двухмерном изображении. Их движение с начальной вероятностью на любой пиксель изображения определяется матрицей феромона. Эта матрица создается в соответствии с определением края. Другими словами, матрица феромонов создается, когда разница между двумя смежными краями более чем на определенную величину.

Таким образом, муравьи руководствуются изменениями значений интенсивности краевых пикселей. Этот алгоритм выполняется для первых шагов, а затем на n -м этапе построения. Один муравей случайным образом выбирается из K общих муравьев, включая текущего муравья. Далее алгоритм будет перемещаться по изображению для L шагов. В конечном итоге этап принятия решений делается для определения границ, повторения алгоритма АСО с неразмытым изображением и сравнения результатов.

Список литературы и источников

1. Лебедев, В. Б. Роевой интеллект на основе интеграции моделей адаптивного поведения муравьиной и пчелиной колоний / В. Б. Лебедев, О. Б. Лебедев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7(144). – С. 41 – 47.
2. Лебедев, В. Б. Роевой алгоритм на основе интеграции моделей пчелиной колонии и эволюционной адаптации / В. Б. Лебедев // Технологии разработки информационных систем ТРИС-2013 : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. – 2013. – С. 114 – 119.

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ КРОВИ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ИСКУССТВЕННЫХ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ

Аннотация. Наиболее существенными проблемами автоматической идентификации белых кровяных клеток являются сегментация и распознавание клеток крови. Рассматривая белые кровяные клетки как эллиптическую форму, становится возможным успешное применение методов обнаружения. Независимо от того, являются ли проблемы сегментации или проблемы обнаружения эллипса трудоемкими и подверженными ошибкам, ввиду проблемы сегментации и обнаружения лейкоцитов в работе был приведен эффективный метод оптимизации. Представлен алгоритм искусственной пчелиной колонии для автоматического обнаружения лейкоцитов в цветных изображениях клеток крови путем преобразования обнаружения в проблему оптимизации на основе сравнения некоторых методов оптимизации.

Ключевые слова: белая кровь, сегментация белых кровяных клеток, обнаружение эллипса, искусственная пчела, алгоритм колонии.

1. Алгоритм искусственного пчелиного семейства

Алгоритм начинается с создания N -го источника пищи (потенциальных решений) и N -мерных векторов. N -мерный вектор как $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN})$ указывает i -й источник пищи и i -й источник пищи, инициализированный как [1]

$$x_{ij} = x_j^{\min} + rand(0, 1)(x_j^{\max} - x_j^{\min}), \quad (1)$$

где x_j^{\max} , x_j^{\min} определяют максимальное и минимальное значения параметра j -го измерения в источнике пищи i ; $rand(0, 1)$ – это случайное число между $[0, 1]$.

Занятая пчела будет эксплуатировать источник пищи и найдет окрестности источника пищи, используя

$$x_{ij} = x_{ij} + \Phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}), \quad (2)$$

где x_{kj} – элемент j -го измерения в случайно выбранном источнике пищи X_k , $[-1, 1]$. Параметр каждого измерения в источнике пищи является целым числом. Пригодность X_{ij} определяется как

$$fitness = \begin{cases} (1 + f_i)^{-1} & \text{if } f_i \geq 0; \\ 1 + abs(f_i) & \text{if } f_i < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Занятые пчелы делятся своей пригодностью с наблюдателями, которые с вероятностью выбирают источник пищи.

Работающие пчелы делятся своей физической подготовкой со зрительями, которые выбирают свой источник пищи в p_i :

$$p_i = \frac{fitness}{\sum_{i=1}^N fitness_i}.$$

Если источник питания X_i не будет заменен улучшенным источником пищи после предельного времени, соответствующая занятая пчела станет пчелой-разведчиком и будет искать новый источник пищи x_i в космосе случайным образом [2].

2. Реализация обнаружения белых кровяных клеток с использованием искусственного пчелиного семейства

Реализация обнаружения белых кровяных клеток с использованием алгоритма искусственной пчелиной колонии может быть сведена к следующим этапам:

Шаг 1. Инициализируется популяция из N особей (N обозначает размер источника пищи), каждое решение X – это D -размерность, которая получается из формулы (1). Кроме этого, инициализируется лимит оставленных номеров, максимальное количество итераций и количество занятых пчел, размер занятых пчел равен размеру источника пищи.

Шаг 2. Рассчитывается пригодность каждого отдельного решения.

Шаг 3. Каждая занятая пчела создает новую должность.

Шаг 4. Рассчитывается пригодность как используемой позиции пчелы, так и исходной позиции, затем применяется жадная схема выбора, чтобы выбрать лучшую.

Шаг 5. Рассчитывается значение вероятности для пчел-наблюдателей, чтобы выбрать источник пищи.

Шаг 6. Создается новая позиция пищи для каждой пчелы-наблюдателя.

Шаг 7. Рассчитывается пригодность каждой пчелы-наблюдателя и новое решение, применяется жадный выбор, чтобы выбрать лучший из них.

Шаг 8. Если состав не будет заменен улучшенным составом по истечении предельного времени, пчелы-разведчики заменят нанятых пчел и будут искать новый источник пищи.

Шаг 9. Анализ решения, ранее сохраненного в памяти.

Шаг 10. Проверяется номер итерации. Если время цикла процесса достигло максимального количества итераций, то производится остановка и возврат наилучшего решения, иначе повторяются шаги с 2 по 10, пока номер цикла не соответствует максимальному количеству итераций.

Шаг 11. Применяется средство выделения границ к сегментированному изображению и сохраненному краевому пикселю с вектором P .

Шаг 12. Инициализируются параметры ИПА, такие как в шаге 1.

Шаг 13. Запускается эволюционный процесс обнаружения эллипса, как указано в шагах с 2 по 10.

Шаг 14. Если критерий остановки удовлетворяется, выводится изображение результата с обнаруженными белыми кровяными клетками.

По результатам сегментации и обнаружения эллипса алгоритмы искусственной пчелиной колонии и оптимизации роя частиц имеют аналогичные результаты и лучше, чем эллипс обнаружения. В случаях, когда речь идет о многомерных проблемах, алгоритм искусственной пчелиной колонии имеет лучшие результаты, чем эллипс обнаружения и оптимизация роя частиц.

Так как оптимизация роя частиц является оценкой полной размерности, она быстро сходится, но намного легче удерживается в локальном оптимуме. Эллипс обнаружения хорош в поиске возможных решений, но всегда имеет медленную конвергенцию скорости и

не может получить точное решение. По сравнению с оптимизацией роя частиц алгоритм искусственной пчелиной колонии имеет хорошие возможности глобального и локального поиска, возможность поиска занятых пчел.

Наемные пчелы производят грубый поиск в пространстве решений, а пчелы-наблюдатели используют новый источник пищи вблизи текущей оптимальной позиции, поэтому этот метод имеет быструю скорость сходимости и возможность точного поиска.

В этой статье предложен алгоритм автоматического распознавания лейкоцитов на основе алгоритма искусственной пчелиной колонии. Экспериментальные результаты демонстрируют высокую эффективность разработанного алгоритма по сравнению с оптимизацией роя частиц и эллипсом обнаружения.

Список литературы и источников

1. Лебедев, В. Б. Роевой интеллект на основе интеграции моделей адаптивного поведения муравьиной и пчелиной колоний / В. Б. Лебедев, О. Б. Лебедев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7(144). – С. 41 – 47.

2. Лебедев, В. Б. Роевой алгоритм на основе интеграции моделей пчелиной колонии и эволюционной адаптации / В. Б. Лебедев // Технологии разработки информационных систем ТРИС-2013 : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. – 2013. – С. 114 – 119.

И. А. Седых, канд. физ.-мат. наук, доц., доц. кафедры высшей математики
(Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

НЕЧЕТКИЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ОКРЕСТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ

Аннотация. В статье дано определение и приведены основные компоненты нечеткой динамической окрестностной модели «вход-состояние». В качестве частных случаев рассмотрены линейная и билинейная модели. Описаны правила функционирования нечеткой динамической окрестностной модели.

Ключевые слова: нечеткие динамические окрестностные модели, функция принадлежности, правила функционирования.

Введение

В работе [1] рассмотрены окрестностные модели, позволяющие моделировать пространственно-распределенные системы. В работах [2 – 4] в окрестностные системы добавляется динамика изменения состояний во времени, характерная для большей части производственных процессов и объектов [5, 6], разработаны алгоритмы идентификации и управления.

Рассмотрим общее определение нечетких динамических окрестностных моделей «вход-состояние» [7] и приведем правила их функционирования.

1. Определение нечеткой динамической окрестностной модели

Приведем определение нечеткой динамической окрестностной модели [7] «вход-состояние». Она задается набором $\tilde{NS} = (\tilde{N}, \tilde{X}, \tilde{V}, \tilde{Z}, \tilde{G}, \tilde{X}[\tilde{0}], \tilde{\tau})$ (\sim – признак нечеткости), где:

1. $\tilde{N} = (\tilde{A}, \tilde{O}_x, \tilde{O}_v)$ – нечеткая структура, состоящая в свою очередь из нечеткого множества узлов $\tilde{A} = \{\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n\}$, окрестностных связей узлов по состояниям \tilde{O}_x и управляющим воздействиям \tilde{O}_v . Узлы модели задаются функциями принадлежности $\mu_a : \tilde{A} \rightarrow R_{[0,1]}$. Связи в модели являются нечеткими и задаются функциями принадлежности $\mu_x : \tilde{A} \times \tilde{A} \rightarrow R_{[0,1]}$ и $\mu_v : \tilde{A} \times \tilde{A} \rightarrow R_{[0,1]}$ соответственно.

2. $\tilde{X} = [\tilde{X}_1, \dots, \tilde{X}_n]^T$ – n -мерный вектор нечетких значений состояний нечеткой динамической окрестностной модели (предполагаем, что состояния в узлах являются одномерными).

3. $\tilde{V} = [\tilde{V}_1, \dots, \tilde{V}_n]^T$ – n -мерный вектор нечетких значений управляющих воздействий модели (предполагаем, что управляющие воздействия на узлы модели являются одномерными).

4. $\tilde{Z} \in R^{n \times n}$ – матрица, содержащая нечеткие временные задержки в узлах. Значения состояний от узла $\tilde{a}_j \in \tilde{O}_x[\tilde{a}_i]$ к узлу \tilde{a}_i передаются в течение времени $\tilde{\tau}_{ji} = \tilde{z}[j, i]$.

5. $\tilde{G}: \tilde{X} \times \tilde{V} \rightarrow \tilde{X}$ – нечеткая вектор-функция пересчета состояний.
6. $\tilde{X}[\tilde{0}]$ – нечеткое начальное состояние.
7. $\tilde{\tau}$ – нечеткое время функционирования.

Функция пересчета состояний \tilde{G} имеет вид $\tilde{X}[\tilde{\tau}'] = \tilde{G}(\tilde{X}[\tilde{\tau}], \tilde{V}[\tilde{\tau}], \mu_a, \mu_x, \mu_v)$,

где $\tilde{V}[\tilde{\tau}]$ – вектор нечетких значений управляющих воздействий в момент времени $\tilde{\tau}$; $\tilde{X}[\tilde{\tau}']$, $\tilde{X}[\tilde{\tau}]$ – векторы нечетких значений состояний в моменты времени $\tilde{\tau}'$ и $\tilde{\tau}$ соответственно, \tilde{G} – некоторая нелинейная вектор-функция.

Для произвольного узла $\tilde{a}_i \in \tilde{A}$, $i = 1, \dots, n$ функция пересчета состояний \tilde{G}_i в линейном случае будет иметь вид

$$\tilde{X}[\tilde{\tau}', i] = \mu_a[i] \cdot (\tilde{g}_c[i] + \sum_{\tilde{a}_j \in \tilde{O}_x[i]} \mu_x[i, j] \tilde{g}_x[i, j] \tilde{X}[\tilde{\tau} - \tilde{z}_{ji}, j] + \sum_{\tilde{a}_k \in \tilde{O}_v[i]} \mu_v[i, k] \tilde{g}_v[i, k] \tilde{V}[\tilde{\tau}, k]), \quad (1)$$

где $\tilde{a}_i, \tilde{a}_j, \tilde{a}_k \in \tilde{A}$ ($i, j, k = 1, \dots, n$) – узлы системы; $\tilde{g}_c[i]$, $\tilde{g}_x[i, j]$, $\tilde{g}_v[i, k]$ – нечеткие параметры.

В билинейном случае функция \tilde{G}_i равна

$$\begin{aligned} \tilde{X}[\tilde{\tau}', i] = & \mu_a[i, j] \cdot (\tilde{g}_c[i] + \sum_{\tilde{a}_j \in \tilde{O}_x[\tilde{a}_i]} \mu_x[i, j] \tilde{g}_x[i, j] \tilde{X}[\tilde{\tau} - \tilde{\tau}_{ji}, j] + \sum_{\tilde{a}_k \in \tilde{O}_v[\tilde{a}_i]} \mu_v[i, k] \tilde{g}_v[i, k] \tilde{V}[\tilde{\tau}, k] + \\ & + \sum_{\tilde{a}_j \in \tilde{O}_x[\tilde{a}_i]} \sum_{\tilde{a}_k \in \tilde{O}_v[\tilde{a}_i]} \tilde{g}_{xv}[i, j, k] \mu_x[i, j] \tilde{X}[\tilde{\tau} - \tilde{\tau}_{ji}, j] \mu_v[i, k] \tilde{V}[\tilde{\tau}, k]), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\tilde{g}_{xv}[i, j, k] \in R$ – нечеткие параметры при билинейном произведении.

Заметим, что приведенное определение нечеткой динамической окрестностной модели является общим. В частных случаях возможны различные комбинации четких и нечетких компонентов системы, например четкие сигналы и нечеткие связи между узлами и т.п.

2. Правила функционирования нечеткой динамической окрестностной модели

Модель функционирует в нечетком времени $\tilde{\tau}$ с интервалом $\Delta\tilde{\tau}$. Начальный момент времени $\tilde{\tau} = 0$. Приведем правила функционирования нечеткой динамической окрестностной модели:

1. В начальный момент времени $\tilde{\tau} = 0$ блокируются сигналы состояний от узлов системы $\tilde{a}_j \in \tilde{O}_x[\tilde{a}_i]$ к узлам \tilde{a}_i на заданное нечеткое время $\tilde{\tau}_{ji} = \tilde{z}[j, i]$.

2. Если для какого-либо узла $\tilde{a}_i \in \tilde{A}$ все сигналы узлов \tilde{a}_j , входящих в его окрестность, разблокированы в момент времени $\tilde{\tau}$, то состояние узла \tilde{a}_i $\tilde{X}[\tilde{\tau}', i]$ находится в линейном случае по формуле (1), в билинейном – по формуле (2).

Сигнал от \tilde{a}_i ко всем узлам \tilde{a}_k , в окрестность которых он входит, блокируется на время $\tilde{\tau}_{ik}$ $\tilde{\tau}' = \tilde{\tau}$.

3. $\Delta\tilde{\tau} = \min_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, n}} \tilde{z}[i, j]$; $\tilde{\tau} = \tilde{\tau} + \Delta\tilde{\tau}$. Соответствующие сигналы разблокируются. Переход

к п. 2.

Заключение

Таким образом, в работе рассмотрены основные понятия нечетких динамических окрестностных моделей, приведены частные случаи и описаны правила их функционирования.

Нечеткие динамические окрестностные модели могут применяться для моделирования и управления процессом очистки сточных вод [8], производством цемента [9], производством холоднокатаной стали [10] и другими сложными производственными процессами.

Список литературы и источников

1. Блюмин, С. Л. Билинейные окрестностные системы / С. Л. Блюмин, А. М. Шмырин, О. А. Шмырина. – Липецк : ЛЭГИ, 2006. – 131 с.
2. Седых, И. А. Идентификация и управление динамическими окрестностными моделями / И. А. Седых // Современные сложные системы управления (HTCS'2017) : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (25 – 27 октября 2017 г.). – В 2 ч. Ч. 1. – Изд-во ЛГТУ, 2017. – С. 138 – 142.
3. Седых, И. А. Параметрическая идентификация линейной динамической окрестностной модели / И. А. Седых // Инновационная наука: прошлое, настоящее, будущее : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа 01.04.2016 г.). – Уфа : АЭТЕРНА, 2016. – С. 12 – 19.
4. Седых, И. А. Управление динамическими окрестностными моделями с переменными окрестностями / И. А. Седых // Системы управления и информационные технологии. – 2018. – № 1(71). – С. 18 – 23.
5. Седых, И. А. Окрестностное моделирование предела текучести стали после непрерывного отжига / И. А. Седых // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар науч.-практ. конф. (15 – 17 ноября 2017 г.). – В 3 т. Т. 1. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – С. 378 – 383.
6. Шмырин, А. М. Трилинейная окрестностная модель процесса формирования температуры смотки горячекатаной полосы / А. М. Шмырин, А. Г. Ярцев, В. В. Правильникова // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2016. – Т. 21, вып. 2. – С. 463 – 469.
7. Шмырин, А. М. Виды нечеткости в динамических окрестностных моделях / А. М. Шмырин, И. А. Седых // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2012. – Т. 17, вып. 4. – С. 1129–1130.
8. Shmyrin, A. Clear and fuzzy neighborhood models of wastewater treatment / A. Shmyrin, I. Sedukh // International Journal of Engineering & Technology. – 2018 – № 7(3.5). – P. 18 – 20.
9. Седых, И. А. Разработка нечетких окрестностных моделей цементного производства / И. А. Седых // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (14 – 16 ноября 2018 г.). – В 3 т. Т. 1. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – С. 272 – 276.
10. Седых, И. А. Линейные и квадратичные нечеткие иерархические окрестностные модели производства холоднокатаной стали / И. А. Седых // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 67 – 73.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ КЛАССИФИКАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены вопросы оценки вычислительной трудоемкости комбинированной методики классификации воздушных объектов системами управления специального назначения. Представлена блок-схема комбинированной методики классификации авиационных и космических радиотехнических объектов.

Ключевые слова: классификация объектов, тип объекта классификации, классификационная процедура, вектор распределения вероятностей.

В решении задачи классификации объектов перспективными автоматизированными системами управления в условиях параметрической неопределенности классов широко используется способ Г. В. Шелейховского, характеризующийся высокой степенью достоверности классификации в условиях параметрической неопределенности и пересечения классов [1]. Данный способ максимизирует энтропию, давая в результате наименее сомнительное распределение вероятностей принадлежности объектов классификации к классам из каталога [1] (далее будем называть этот способ базовым). Способ имеет ряд недостатков, затрудняющих применение в АСУ [2], к которым относятся высокая вычислительная трудоемкость и возможное проявление проблемы сходимости.

Основой для классификации типа объекта классификации по значениям его параметров, представленных в виде совокупности входных признаков, является каталог эталонных значений, записанный в памяти АСУ. Базовый метод оперирует данными из классификационной матрицы D .

В классификационной матрице число столбцов « I » равно числу классов в объединении множеств типов, к которым могут относиться все объекты классификации, находящиеся в обработке. Число строк матрицы равно числу подмножеств однотипных объектов « W ».

В результате применения процедуры последовательного нормирования матрица D преобразуется в матрицу вероятности отнесения объектов классификации к различным классам из каталога эталонных значений.

В этой матрице для каждого k -го объекта либо набора объектов в результате реализации базового метода определена вероятность его принадлежности к j -му классу из каталога.

Базовый способ (БС) можно разделить на три основные составляющие (рис. 1):

- подготовительный этап – обработка входных данных (признаков-значений параметров), и формирование классификационной матрицы;
- работа классификационной процедуры (КП) последовательного нормирования;
- заключительный этап – формирование результатов классификации (векторов распределения вероятностей (ВРВ) соотнесения объектов к классам).

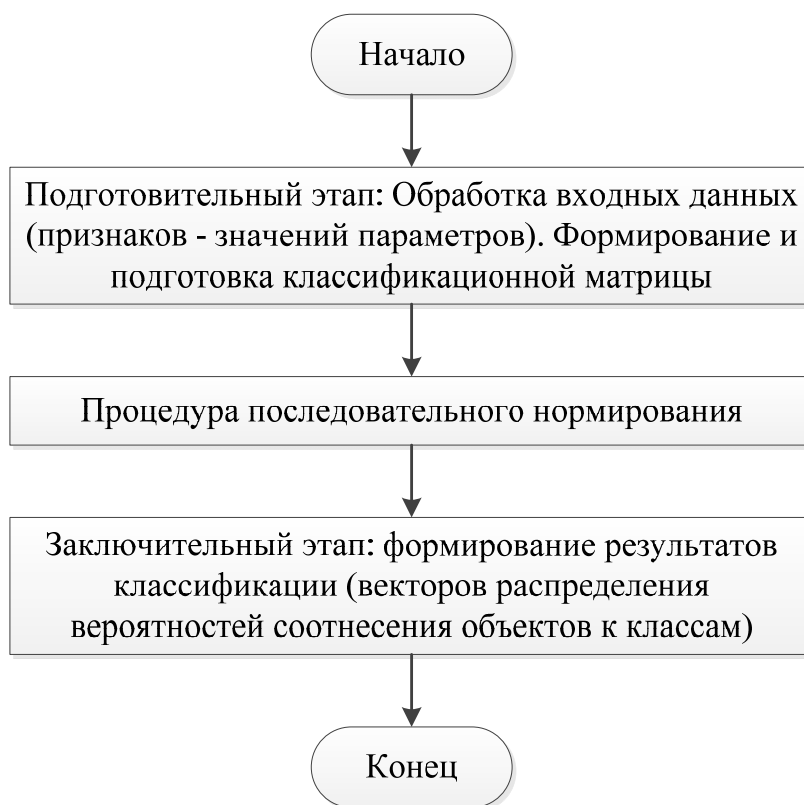


Рис. 1. Основные этапы работы базового способа классификации

Сущность разработанной комбинированной методики классификации состоит во введении в базовый способ понятия параметрического пространства и представления в нем объектов классификации и классов из каталога эталонных значений [2]. Далее, на каждом из основных этапов работы комбинированной методики анализируется друг относительно друга взаимное расположение объектов, участвующих в обработке, а также относительно классов из каталога эталонных значений.

На рисунке 2 представлена блок-схема предложенной методики классификации воздушных и космических радиотехнических объектов в перспективной АСУ специального назначения.

Сущность решения задач, которые должна решать предложенная методика, состоит в следующем:

1. Представление в параметрическом пространстве каталога эталонных значений в виде совокупности областей и оценка взаимного расположения данных областей на предмет наличия пересечений. Представление входного набора объектов классификации в виде точек в параметрическом пространстве и анализ их попадания в созданные ранее области (пересечения областей).

2. Анализ, выявление и устранение условий несходимости при решении задачи классификации.

3. На основе анализа выделение следующих групп объектов: имеющих взаимозависимые объекты и не имеющих таковых. Последнюю группу следует вывести из процесса создания классификационной матрицы с указанием равномерного распределения вероятностей для каждого объекта классификации между теми классами, в области которых он попал. Оставшееся множество объектов нужно разделить на подмножества взаимозависимых

объектов и для каждого из них построить классификационную матрицу и применить процедуру последовательного нормирования.

4. При создании и обработке классификационной матрицы обеспечить хранение в памяти ЭВМ и обработку только ненулевых элементов матрицы.

5. Для каждого «нового» объекта классификации (не попавшего ни в одну область) строить в параметрическом пространстве область заранее заданного размера. Если данная область от измерения к измерению подтверждается попаданием вне нового объекта, следует запомнить информацию об этой области с целью обеспечения возможности дальнейшей корректировки каталога эталонных значений (введение нового класса).

Вычислительную трудоемкость базового метода классификации можно представить в следующем обобщенном виде [3]:

$$T_6 = T_1 + T_2 + T_3, \quad (1)$$

где T_1 – вычислительная трудоемкость подготовительного этапа; T_2 – вычислительная трудоемкость процедуры последовательного нормирования; T_3 – вычислительная трудоемкость завершающего этапа.

Оценку вычислительной трудоемкости комбинированного метода классификации можно представить в виде:

$$T_k = T_1/k_1 + T_2/(k_2k_3) + T_3, \quad (2)$$

где k_1 – параметр, характеризующий статистическую оценку сокращения вычислительной трудоемкости подготовительного этапа; k_2 – параметр, характеризующий статистическую оценку сокращения вычислительной трудоемкости выполнения процедуры последовательного нормирования за счет применения списочного алгоритма формирования классификационной матрицы; k_3 – параметр, характеризующий среднюю оценку сокращения вычислительной трудоемкости выполнения процедуры последовательного нормирования за счет применения алгоритма сокращения классификационной матрицы.

Сравнительную оценку общей вычислительной трудоемкости теперь можно представить в виде:

$$S = \frac{T_6}{T_k} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{T_1/k_1 + T_2/(k_2k_3) + T_3}. \quad (3)$$

Формулу (1) можно упростить, учитывая из практических соображений, что $T_3 \ll T_1$ и $T_3 \ll T_2$. Тогда

$$S = \frac{T_6}{T_k} = \frac{T_1 + T_2}{T_1/k_1 + T_2/(k_2k_3)}. \quad (4)$$

В работе [3], показано, что $k_1 \approx 2$, $k_2 \approx 2$, $k_3 \approx 2$. В то же время, учитывая приближенность данных оценок, с целью формирования итоговой оценки с существенным запасом получаем $S = 2$.

Таким образом, общая итоговая сравнительная оценка характеризуется полученным с запасом значением статистической средней оценки, равной двум. В комбинированной методике классификации, по сравнению с базовым методом классификации, введены новые,

разработанные в рамках данной работы алгоритмы обработки данных. Вычислительная трудоемкость этих алгоритмов не превышает 10% от общей трудоемкости, что практически не влияет на сформулированную итоговую оценку вычислительной трудоемкости.



Рис. 2. Блок-схема комбинированной методики классификации авиационных и космических радиотехнических объектов

Список литературы и источников

1. Потапов, А. Н. Структура построения информационной математической модели эрготехнического объекта управления / А. Н. Потапов, М. В. Семин // Эффективность автоматизированных систем управления авиацией, систем связи и РТО ВВС : науч.-техн. сб. – Ногинск. – 2012. – 275 с.

2. Семин, М. В. Анализ требований потребителей к информации о воздушной обстановке, циркулирующей в сложной иерархической автоматизированной системе управления / М. В. Семин, А. Н. Потапов // Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения : сб. статей Всерос. науч.-техн. конф. 29–30 октября 2013 г. – СПб. : ВКА им. А. Ф. Можайского, 2013. – 384 с.

3. Основные принципы параллельной обработки входной информации разнотипными АСУ радиотехнических комплексов / А. А. Кулаков, К. П. Лобода, В. Ф. Шпак, А. В. Гетманчук // Вопросы специальной радиоэлектроники. Сер. ОВР. – Москва – Таганрог, 2013. – Вып. 2.

М. В. Соколов, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры
«Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», **К. А. Алтунин**
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Описана структура и обосновано применение методов искусственного интеллекта для решения трудноформализуемых задач.

Ключевые слова: токарная обработка, процесс резания металлов, искусственный интеллект.

В настоящее время сокращение сроков проектирования и подбор оптимальных параметров процесса резания – это важнейшие требования, предъявляемые к разработке технологического процесса. Применение современных систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет удовлетворить их лишь частично, так как в большинстве случаев технолог самостоятельно применяет решение о выборе тех или иных режимов резания, руководствуясь собственным опытом. Наличие САПР, предлагающей пользователю выбрать из списка возможных оптимальные параметры процесса резания при заданных условиях, позволило бы существенно повысить эффективность технологического процесса.

Применение различных методов искусственного интеллекта для разработки САПР процессов механической обработки материалов позволит повысить производительность системы, увеличить скорость обработки входных данных и облегчит решение трудноформализуемых задач, возникающих в процессе проектирования.

Методы моделирования и оптимизации процессов механической обработки материалов рассмотрены в работах С. С. Силина, Е. Ульмана, Е. Виемана, М. Л. Орликова, В. А. Кудинова, Г. И. Грановского, В. Г. Грановского и др. Однако мало проведено исследований в области моделирования и оптимизации процесса резания с учетом его динамической составляющей.

Вопросам создания и развития САПР посвящены, в частности, работы ученых Г. Б. Евгенева, И. П. Норенкова, Н. В. Носова, А. А. Черепашкова, Кунву Ли, М. Groover, E. Zimmers, Vinit A. Wagle и других. Но мало исследований проведено в области создания интеллектуальных САПР и их применения к моделированию и оптимизации процессов резания.

Под оптимальными конструктивными параметрами процесса резания следует понимать нахождение оптимальной конструкции и геометрии режущего инструмента. Определению оптимальной геометрии режущего инструмента посвящены исследования Ф. Тейлора, М. Н. Ларина, А. И. Бетанели, Г. Л. Хаета, С. И. Петрушина, А. С. Верещака, Ю. Г. Кабалдина и многих других. В настоящее время нет единого подхода к выбору наиболее выгодных геометрических параметров режущей части на стадии проектирования инструментов и технологических процессов, а имеющиеся в справочниках и нормативах рекомендации носят общий характер. На практике геометрические параметры подвергаются корректировке в процессе эксплуатации инструмента, что влечет за собой дополнительные материальные и финансовые потери.

Одновременное решение комплекса задач оптимизации конструктивных и режимных параметров процесса резания весьма трудоемко. Отсюда возникает необходимость в разработке специального методического и программного обеспечения, осуществляющего оптимизацию конструктивных и режимных параметров процесса резания, и его реализация в виде информационной системы поддержки принятия решений с элементами искусственного интеллекта [1, 2].

В данный момент не существует единого подхода к выбору наивыгоднейших геометрических параметров режущей части на стадии проектирования инструментов и технологических процессов, а имеющиеся в справочниках и нормативах рекомендации носят общий характер. Это приводит к тому, что на практике геометрические параметры подвергаются корректировке в процессе эксплуатации инструмента, что влечет за собой дополнительные материальные и финансовые потери.

Задача выбора конструкции и геометрии режущего инструмента является трудноформализуемой. Для решения подобных задач широко применяются методы искусственного интеллекта.

Целью данной работы является разработка интеллектуальной САПР, осуществляющей оптимизацию процесса резания с учетом его динамической составляющей.

В процессе работы проводится анализ современного состояния вопросов математического моделирования и оптимизации процессов резания материалов с применением методов искусственного интеллекта, осуществляется разработка баз данных и баз знаний основных процессов механической обработки материалов, созданы алгоритмы и подпрограммы для системы поддержки принятия решений (СППР) выбора режимных и конструктивных параметров токарной обработки, проводится разработка программного обеспечения моделирования и оптимизации процессов резания с использованием методов искусственного интеллекта.

Так же в работе разработана программа для определения конструкции и геометрии режущего инструмента на примере токарной обработки [3].

САПР использует методику определения конструктивных параметров процесса резания. Обосновано применение методов искусственного интеллекта для решения трудноформализуемых задач [2], рассмотрены основные модели представления знаний [3], разработана программа для определения конструкции и геометрии режущего инструмента и дана краткая характеристика среды программирования Delphi 7.

База знаний программы для определения конструкции и геометрии режущего инструмента содержит: информацию о технологическом оборудовании (станках), используемом при механической обработке детали; информацию об условиях обработки (жесткость системы станок–приспособление–инструмент–деталь, непрерывность резания и т.д.); сведения о режущем инструменте (его вид, тип, материал); параметры детали и требования к ее изготовлению [4].

Предложена структура фреймовой модели базы знаний программы для определения оптимальной конструкции и геометрии режущего инструмента (рис. 1) [5].

Используя набор правил и фреймовую модель знаний, представленную в работе можно создать экспертную систему, определяющую параметры процесса резания, код подобной экспертной системы разработан на языке CLIPS [6]. В этой программе на основе начальных данных из текстового файла Dannie.txt выбирают конструкционные и режимные параметры для наружной токарной обработки ступенчатых валов.

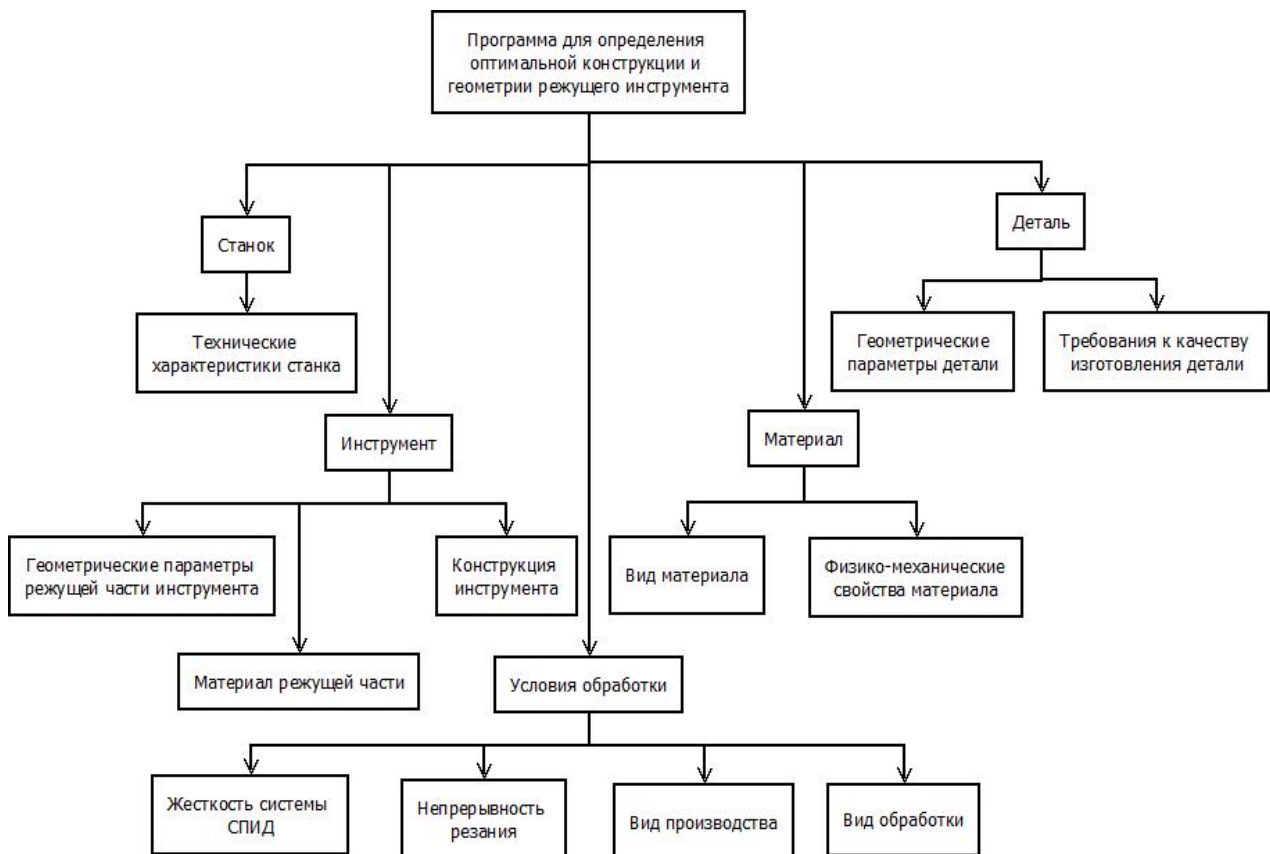


Рис. 1. Структурная схема фреймовой модели представления базы знаний программы для определения оптимальной конструкции и геометрии режущего инструмента

Возможности логического вывода и представления, предоставляемые основанным на правилах языком программирования CLIPS, аналогичны возможностям языка OPS5, но являются более мощными. По своей синтаксической структуре правила CLIPS весьма напоминают правила, применяемые в таких языках, как Eclipse, CLIPS/R2 и Jess, но CLIPS поддерживает только правила прямого логического вывода. Этот язык не обеспечивает обратный логический вывод.

Таким образом, создана БЗ основных параметров процессов механической обработки материалов, которая позволяет обрабатывать начальные данные для моделирования и оптимизации процессов механической обработки материалов.

Для разработки программы была выбрана среда программирования Delphi 7.

Среда визуального программирования реализует новую концепцию создания приложений, позволяя увидеть объекты на экране монитора до выполнения программы, в процессе разработки ее интерфейса. Без применения технологии визуального программирования процесс отображения требует написания и отладки достаточно сложного кода для создания и настройки объектов, а просмотр созданных объектов возможен только при выполнении программы.

В системе *Delphi 7* имеется специальный *проектировщик форм*, с помощью которого окна будущей программы подготавливаются в виде *форм*. Проектировщик позволяет подобрать оптимальные размеры окон, разместить и настроить всевозможные элементы управления и меню, добавить готовые изображения, указать заголовки, подсказки, подписи и т.д.

Таким образом, среда разработки Delphi 7 открывает нам широкие возможности для создания приложений для Windows, что дает возможность использовать ее для проектирования алгоритмов работы создаваемой программы.

С целью проверки адекватности работы созданной программы были проведены численные эксперименты. Для этого были вручную произведены расчеты, осуществляемые разработанной программой, и произведено сравнение полученных результатов с теми, которые выдает программа.

Результаты работы созданного приложения совпадают с результатами, полученными после проведения численных экспериментов.

Таким образом численные эксперименты доказали адекватность и точность алгоритмов, заложенных в разработанных приложениях САПР.

Список литературы и источников

1. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С. И. Пестрецов, К. А. Алтунин, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.
2. Алтунин, К. А. Применение нейронных сетей для моделирования процесса токарной обработки / К. А. Алтунин, М. В. Соколов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 122 – 133.
3. Алтунин, К. А. Разработка системы поддержки принятия решений выбора режимных и конструктивных параметров токарной обработки : монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов. – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2016. – 132 с.
4. Altunin, K. A. Development of information support for intelligent CAD of cutting processes / K. A. Altunin, M. V. Sokolov // Advanced Materials and Technologies. – 2017. – № 2. – С. 67 – 77.
5. Алтунин, К. А. Структура и адаптация модели представления знаний процесса токарной обработки : монография / К. А. Алтунин, М. В. Соколов, Р. В. Дякин. – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2017. – 104 с.
6. Соколов, М. В. Интеллектуальная система автоматизированного проектирования процессов резания при токарной обработке материалов / К. А. Алтунин, М. В. Соколов. – Тамбов : Студия печати Павла Золотова, 2018. – 256 с.

Э. В. Сысоев, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Уголовное право и прикладная информатика в юриспруденции», **А. И. Дьяков**, бакалавр, **И. А. Дьяков**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Информационные системы и управление», **А. А. Терехова**, магистр, ассистент кафедры «Информационные системы и управление» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ БАЗ ДАННЫХ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЙ

Аннотация. Современные информационные технологии, применяемые правоохранительными органами, сокращают время обработки оперативной информации. Достигаются подобные результаты оптимизацией моделей баз данных на этапе их разработки.

Ключевые слова: базы данных, нормализация, оптимизация.

В настоящее время применяются два метода оптимизации моделей баз данных (БД): синтез, т.е. компоновка заданных элементарных зависимостей и декомпозиция, т.е. замена множества отношений большим относительно исходного множеством отношений [1 – 4]. Наибольшее распространение получил метод декомпозиции.

Декомпозиция основана на понятии нормальных форм и переходе от одной нормальной формы (НФ) к другой последовательно с сохранением эквивалентности схем БД, т.е. ненарушении обратимости исходной схемы.

База данных административных правонарушений включает «Протокол об административном правонарушении». По мнению разработчика баз данных протокол содержит следующие составные поля:

- место составления;
- дата составления;
- должность, фамилия, имя, отчество лица, составившего протокол;
- вид правонарушения;
- время, место совершения деяния и его существо;
- признаки административного правонарушения;
- сведения о лице, в отношении которого возбуждено дело об административном правонарушении;
- объяснение лица, в отношении которого возбуждено дело об административном правонарушении;
- сведения о свидетелях;
- сведения о потерпевших;
- подписи лиц, фигурирующих в протоколе.

Декомпозиция отношений начинается с выполнения требований первой нормальной формы (1НФ). Следуя определению «Отношение находится в 1НФ, тогда и только тогда, когда все используемые домены содержат только скалярные значения» исходное поле, например, «сведения о свидетелях», трансформируется в отдельное отношение с атрибутами: фамилии, имена, отчества, адреса. В свою очередь, внутри отношения «Свидетели» формируются атомарные атрибуты, с данными каждого свидетеля: номер, фамилия, имя, отчество, индекс, город, улица, дом, корпус, квартира, телефон.

Вторая нормальная форма формирует механизм взаимосвязей отношений посредством первичных и внешних ключей. Отношение находится во второй нормальной форме (2НФ), тогда и только тогда, когда оно находится в 1НФ и не содержит неполных функциональных зависимостей (ФЗ) первичных атрибутов от атрибутов первичного ключа. Учитывается также избыточность первичных ключей.

Третья нормальная форма исключает транзитивные функциональные зависимости (ТФЗ) из сформированных отношений. Обязательно выполнение определения – «Отношение находится в 3НФ тогда и только тогда, когда оно находится в 2НФ и не имеет не входящих в первичный ключ атрибутов, которые находились бы в транзитивной функциональной зависимости от этого первичного ключа». Транзитивной функциональной зависимостью называется зависимость $A \rightarrow C$, если существуют зависимости $A \rightarrow B$ и $B \rightarrow C$, т.е. атрибут C транзитивно зависит от A через атрибут B , при условии, что атрибут A функционально не зависит ни от атрибута B , ни от атрибута C .

После устранения ТФЗ следует проверить в каждом отношении соответствие: детерминант – потенциальный ключ, т.е. выполнить условия нормальной формы Бойса–Кодда (НФБК). Отношение находится в НФБК тогда и только тогда, когда оно находится в 3НФ и каждая нетривиальная и неприводимая слева ФЗ обладает потенциальным ключом в качестве детерминанта.

Многозначные зависимости, не являющиеся функциональными зависимостями, устраняются при выполнении условий существования четвертой нормальной формы (4НФ). Отношение находится в 4НФ тогда и только тогда, когда оно находится в НФБК, если в случае существования многозначной зависимости B от A ($A \twoheadrightarrow B$) все остальные атрибуты функционально зависят от A .

В случае если декомпозиция на два отношения невозможна, но возможна сразу на три и более отношений, и при этом выполняются условия 4НФ, то производится n -декомпозиция с выполнениями условий пятой нормальной формы (5НФ).

Пятая нормальная форма представляет собой заключительный этап оптимизации отношений и схемы данных. Однако, при оптимизации БД, необязательно выполнение всех шести этапов. Например, для БД «Протокол об административном правонарушении» процесс оптимизации завершается выполнением условий 2НФ, а, так как ТЗ между атрибутами отсутствует, то процесс декомпозиции считается завершённым.

Список литературы и источников

1. Дьяков, И. А. Базы данных. Язык SQL [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. А. Дьяков. – Электрон. текстовые данные. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 81 с. – 2227 – 8397. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/64070.html>
2. Дьяков, И. А. Проектирование баз данных (web-формат) [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / И. А. Дьяков, О. Г. Иванова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.
3. Образцов, Д. В. Информационные технологии в судопроизводстве [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. В. Образцов, Э. В. Сысоев. – Электрон. текстовые данные. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 81 с. – 2227 – 8397. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/64099.html>
4. Сысоев, Э. В. Особенности построения баз данных [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э. В. Сысоев, А. В. Селезнев. – Электрон. текстовые данные. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 81 с. – 2227 – 8397. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/64157.html>

П. А. Трефилов, аспирант, кафедры «Информационные системы и защита информации»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ОБРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ТЕМПОРАЛЬНЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Аннотация. Рассмотрены основные аспекты хранения и обработки нечеткой информации в темпоральных базах данных. Приведены области применения аппарата нечеткой логики в среде темпоральных баз данных. Проанализирована темпоральная модель Йенсена–Снодграса, предложен способ хранения нечетких чисел с использованием связующих мета-таблиц. Приведен анализ нечетких SQL запросов к темпоральной базе данных.

Ключевые слова: базы данных, темпоральная модель данных, нечеткая логика, функция принадлежности, лингвистическая переменная, нечеткий запрос.

Современные СУБД позволяют работать только с четкими базами данных и четкими запросами. В настоящее время существует проблема разработки математического описания, методов и средств обработки данных в условиях нечеткости и неопределенности.

Существующие способы обработки нечеткой информации в реляционных базах данных делятся на:

- хранение коэффициентов типовых функций принадлежности (точек пересечения термов лингвистической переменной) в отдельных связанных таблицах БД;
- использование стандартного формата данных (XML, JSON) для описания коэффициентов типовых функций принадлежности с хранением либо на стороне СУБД, либо на стороне клиентской или серверной логики приложения.

Рассмотрим существующие модели представления нечеткой информации в РБД. В работе [1] рассмотрена реляционная модель:

$$\langle PK, FK_1, FK_2, \dots, FK_N, Data_1, Data_2, \dots, Data_M \rangle$$

В приведенной модели:

- $PK, FK_1, FK_2, \dots, FK_N$ – первичный и внешние ключи отношения (таблицы базы данных) соответственно;
- $Data_1, Data_2, \dots, Data_M$ – атрибуты отношения, содержащие данные.

Для хранения нечетких данных для атрибутов $Data_1, Data_2, \dots, Data_M$, которые предполагается сделать нечеткими, предлагается добавить следующие атрибуты в указанный выше кортеж:

$$Data = \langle T, Max, X_1, X_2, X_3, \dots, X_N \rangle$$

Для указанных атрибутов:

- T – тип функции принадлежности нечеткого числа
- Max – максимальное значение функции принадлежности;
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ – значения аргумента функции принадлежности, соответствующие точкам перелома графика функции принадлежности (рис. 1).

В приведенном кортеже:

- PK – первичный ключ отношения (таблицы базы данных);
- T – тип функции принадлежности нечеткого числа
- $SData$ – строка, содержащая параметры нечеткого числа.

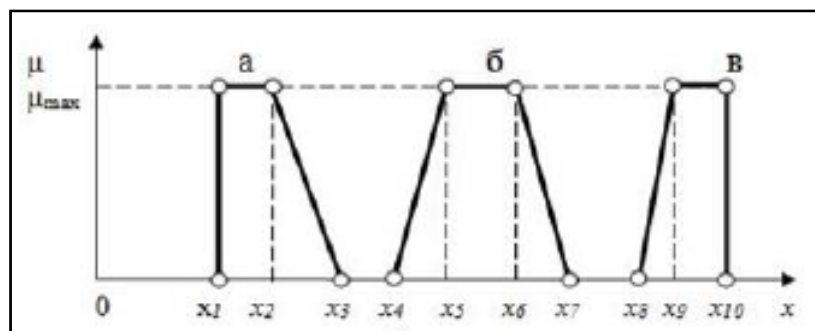


Рис. 1. Функции принадлежности нечетких чисел

Авторы работы [2] предлагают способ хранения нечетких чисел в виде кортежа:

$$\langle PK, T, SData \rangle$$

В работе [4] авторами предложен способ хранения нечетких чисел в виде документа формата XML. Для обработки такого документа предлагается использовать язык запросов XPath. Такой способ обладает избыточностью, поскольку при хранении нечетких чисел в таблицах РБД предполагается использование сразу 2 языков запросов: XPath и SQL.

В данной работе предлагается следующий подход к хранению нечетких чисел в реляционных базах данных – хранение коэффициентов функции принадлежности с указанием типа функции в виде объекта JSON (Javascript Object Notation) вида:

```
{
  t: Название_таблицы,
  mf: {
    type: Тип_ФП,
    kf: [коэффициенты]
  }
}
```

Данный объект имеет 2 ключа на верхнем уровне – название таблицы в БД, для которой применима данная функция принадлежности, описание функции принадлежности. Описание ФП, в свою очередь, состоит из типа функции принадлежности (треугольная, трапецеидальная, Гауссова и т.д.) и точек преломления графиков функции (коэффициентов функции принадлежности) [3].

Преимущества данного способа:

- данные хранятся в стандартной структуре данных, что упрощает их обработку функциями языка программирования;
- объект JSON может быть сохранен как на стороне СУБД (в виде значения атрибута таблицы), так и на стороне клиента в виде конфигурационного файла;
- современные версии наиболее распространенных реляционных СУБД – MySQL и PostgreSQL поддерживают обработку столбцов типа JSON.

Рассмотрим процедуру преобразования нечеткого запроса в строгую форму. В качестве примера рассмотрим следующие условия:

- нечеткие числа хранятся в виде объекта JSON;
- объект JSON хранится на стороне клиента;
- преобразование запроса происходит на стороне логики приложения.

Получив диапазоны четких значений для каждой лингвистической переменной, можно использовать их при составлении запросов. Допустим, терм «Молодой» лингвистической переменной «Возраст» принадлежит диапазону [18; 28], а терм «Средний» лингвистической переменной «Оклад» принадлежит диапазону [16000; 32000]. Тогда нечеткий запрос «Выбрать молодых сотрудников со средним окладом» можно преобразовать к четкому запросу «SELECT * FROM Сотрудники WHERE (Возраст BETWEEN 18 AND 25) AND (Оклад BETWEEN 16000 AND 32000)».

С точки зрения архитектуры информационной системы, поддержку нечетких запросов можно реализовать на стороне приложения. Тогда алгоритм преобразования нечетких запросов к четкой форме будет следующим [6]:

- 1) получить исходный запрос Q;
- 2) определить функцию принадлежности лингвистической переменной;
- 3) для каждого нечеткого сравнения выполнить функцию принадлежности f , вычислить степень принадлежности;
- 4) по значению функции принадлежности определить соответствующий терм, взять значения V диапазона этого термина;
- 5) ввести значения диапазона V каждого нечеткого сравнения в исходный запрос Q, получив при этом четкий запрос Q1;
- 6) выполнить запрос Q1.

Были рассмотрены существующие методы и модели представления нечетких чисел в реляционных базах данных. Описаны существующие методы представления нечетких чисел, предложен метод представления нечеткого числа в виде объекта JSON, который меньше по своему размеру, чем XML. Рассмотрен алгоритм преобразования SQL запроса из нечеткой в строгую форму.

Список литературы и источников

1. Бизянов, Е. Е. Имплементация нечетких моделей в информационные системы экономических объектов [Электронный ресурс] / Е. Е. Бизянов // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2015. – № 4, Ч. 1. – URL : <http://ekonomika.snauka.ru/2015/04/8351> (дата обращения: 24.09.2018).
2. Бизянов, Е. Е. Хранение нечетких чисел в реляционных базах данных информационных систем управления / Е. Е. Бизянов, А. А. Гутник // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 3(13). – С. 11 – 15.
3. Трефилов, П. А. Преобразование нечетких SQL запросов в реляционных базах данных / П. А. Трефилов, Е. С. Косинов, Н. Г. Шахов // Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем. – 2017. – С. 235 – 238.
4. Naresh Kumar. K, Satyanand Reddy. Ch, V. E. S. Murthy. N. Storing, Querying and Validating Fuzzy XML Data in Relational Database // (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies. – 2014. – V. 5(4). – P. 5233 – 5240.
5. Рыжов, А. П. Модели поиска информации в нечеткой среде / А. П. Рыжов. – М. : Изд-во ЦПИ при механико-математическом факультете МГУ, 2004. – 96 с.
6. Естеев, В. И. Нечеткие запросы к реляционной базе данных в информационной системе подбора персонала : в 2 т. Т. 2 / В. И. Естеев, И. Ю. Балашова : редкол. : О. Н. Широков и др. // Образование и наука в современных условиях : материалы VII Международ. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 22 мая 2016 г.). – Чебоксары : ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – № 2(7). – С. 69 – 72.

А. О. Уланов, аспирант (Тамбовский государственный технический университет,
Тамбов, Россия)

СТРУКТУРНАЯ НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Рассмотрены вопросы структурной надежности аппаратно-программного комплекса предприятия и факторы, определяющие надежность и влияющие на ее снижение.

Ключевые слова: информационные технологии, информационные системы (ИС), структура ИС, надежность ИС.

Изменения, происходящие в современном обществе, затрагивающие экономическую и социальную сферы, при которых научно-техническое развитие, эксплуатация природных ресурсов, размещение инвестиций, интеллектуальное и духовное развитие личности согласованы друг с другом и направлены на улучшение качества жизни человека, является основополагающими для концепции устойчивого развития. Одним из основных факторов влияния научно-технического прогресса на все сферы деятельности человека является широкое использование информационных технологий. Под влиянием информационных технологий значительно расширяются возможности эффективного управления всеми производственными процессами. Отсюда исключительная важность построения надежных и функционально безопасных информационных систем.

В Федеральном законе РФ от 27.06.2016 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» Информационная система (ИС) представляет собой «совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств».

Если говорить об ИС применительно к конкретной сфере деятельности, например, управлению промышленным предприятием, то ее основными характерными признаками являются:

1. Соответствие потребностям предприятия, согласованность с его организационно-производственной структурой.
2. Интегрированность.
3. Открытость и масштабируемость.

В первом признаке заложены структурные и функциональные признаки ИС конкретного предприятия, которые строго индивидуальны для каждой компании.

Интегрированность означает, что ИС – это не только совокупность программ автоматизации бизнес-процессов предприятия (управления производством, ресурсами), – это сквозная интегрированная автоматизированная система, в которой каждому отдельному модулю системы (отвечающему за свой бизнес-процесс) в определенный момент времени доступна вся необходимая информация, генерируемая другими модулями.

Открытость и масштабируемость ИС позволяет включать дополнительные модули и расширять системы как по масштабам и функциям, так и по охватываемым процессам.

Информационная система предприятия (корпоративная информационная система) – «это открытая интегрированная автоматизированная система реального времени по автоматизации бизнес-процессов предприятия всех уровней, в том числе и бизнес-процессов принятия управленческих решений. При этом степень автоматизации бизнес-процессов определяется исходя из обеспечения максимальной прибыли предприятия» [1].

ИС предприятий (компаний, корпораций) – это многофункциональные технические программно-аппаратные комплексы, осуществляющие накопление, сбор, обработку, преобразование, передачу информации, а также управление (или поддержку принятия решений по управлению) подчиненными объектами.

Несмотря на большое разнообразие ИС, они имеют ряд общих признаков. Основные из них:

- структура ИС оперативно перестраивается под решаемые задачи;
- предусмотренные задачи решаются в реальном масштабе времени;
- большие объемы информации перерабатываются в каждом цикле управления;
- обмен информацией осуществляется с большим количеством абонентов;
- ИС строятся для достижения определенных целей и для функционирования в определенном режиме;
- имеет место относительная неизменность выполняемого комплекса программ в течение всего времени эксплуатации;
- ИС состоят из значительного, порой очень большого числа компонентов;
- объем и стоимость составных программных средств соизмеримы, а в ряде случаев превышают объем и стоимость аппаратных средств;
- содержат покупные элементы с большим числом возможных вариантов конфигурирования;
- содержат компоненты с различными уровнями и типами доверия к безопасности;
- многие ИС являются критически важными системами, у которых велика цена ошибки в результатах выполнения предусмотренных задач.

ИС по своей природе сложны. На основе ИС нижнего уровня иерархии строятся ИС более высоких уровней иерархии, на которые возлагаются большее число функций и более сложные задачи. Одни состоят из подсистем, часть из которых уникальны и являются результатами собственных разработок, другие же образованы типовыми продуктами от различных производителей. Система в целом может строиться из подсистем и даже отдельных элементов системным интегратором, который не обязательно применяет собственные разработки, но осуществляет проектирование, конфигурирование, взаимодействие подсистем и составных элементов, а также их настройки. Каждая система выполняет множество функций, содержит многоуровневую внутреннюю структуру, множество внешних и внутренних интерфейсов. Составляющие отдельные элементы могут реализовывать одну или несколько функций и компоноваться в виде одного или нескольких продуктов информационных технологий.

Применительно к ИС говорят о двух классах надежности: структурной и функциональной.

Классическая теория надежности представляет собой научную дисциплину, изучающую закономерности возникновения отказов и восстановлений аппаратуры и исследующую эффективность мероприятий по повышению надежности технических средств. Расчеты

надежности проводятся применительно к последовательным, параллельным или смешанным структурам из составных элементов этих технических средств. В теории систем понятие «структура» отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами и их группами (подсистемами), которые мало меняются при изменениях в системе и обеспечивают существование системы и ее основных свойств [2].

Структура может быть представлена графически, в виде теоретико-множественных описаний, матриц, графов и других языков моделирования структур.

Свойства структурной надежности

Структура ИС – это совокупность взаимосвязанных объектов, объединенных для выполнения определенных задач. Объектами ИС являются функционально законченные составные элементы системы, такие как: серверы, устройства памяти, системы хранения данных, автоматизированные рабочие места операторов (АРМ), сети передачи информации, устройства ввода и вывода информации, средства отображения коллективного пользования, устройства печати, электроснабжения, кондиционирования и др. Информационные системы имеют локальную или распределенную структуру. Локальными обычно бывают офисные ИС с взаиморасположенными объектами. Распределенные ИС в большинстве своем имеют несколько иерархических уровней и содержат разнесенные в пространстве составные взаимосвязанные объекты. Отсюда следует, что определение структурной надежности ИС должно базироваться на определении надежности объекта. В настоящее время, несмотря на наличие в области надежности международных стандартов, межотраслевых и отраслевых национальных стандартов, единое толкование надежности объекта, и, в частности, объекта ИС, отсутствует. Однако четко прослеживается тенденция рассматривать надежность технического объекта как совокупность ряда существенных свойств, которая придает объекту способность функционировать.

Согласно ГОСТ 24.701–86, под надежностью ИС понимается «Свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способности системы выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации» [3].

Программно-аппаратный технический комплекс – это сложная ИС, включающая в свой состав эргатические (человеко-машинные) звенья, технические или аппаратные средства и программное обеспечение.

Возникающие в техническом комплексе отказы разнообразны как по характеру развития и проявления, так и по причинным связям (табл. 1).

Для классификации отказов в ИС воспользуемся терминами и определениями, приведенными в ГОСТ 27.002–2015[4].

Составляющие надежности

В соответствии с определением, надежность является комплексным свойством. Именно благодаря надежности система выполняет определенные функции, делая это в течение некоторого срока, с заданным качеством. Это происходит вследствие наличия таких составляющих надежности, как готовность, безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств. ГОСТ 27.002–2015 дает следующие определения этих понятий.

1. Классификация отказов в программно-аппаратных комплексах

Классификационный признак	Виды отказов
По охвату задействованных элементов системы	<ul style="list-style-type: none"> – частичный, характеризующийся переходом системы в частично неработоспособное состояние; – полный, характеризующийся переходом всей системы в неработоспособное состояние
По характеру возникновения	<ul style="list-style-type: none"> – внезапные, возникающие в результате резкого (скачкообразного) изменения выходных показателей системы; – постепенные (снижение параметров на выходе системы происходит с течением времени, момент достижения критического значения параметров свидетельствует о наступлении отказа)
По степени очевидности	<ul style="list-style-type: none"> – явные, обнаруживающиеся при визуальном осмотре или включении системы; – скрытые, выявляющиеся специальными методами диагностирования
По связи с отказами других элементов	<ul style="list-style-type: none"> – независимые, не обусловленные другими отказами (первичные); – зависимые, возникающие под влиянием отказов других элементов системы (вторичные отказы)
По времени существования	<ul style="list-style-type: none"> – устойчивые, устраняющиеся только в результате проведения ремонта; – перемежающиеся, многократно возникающие и самостоятельно устраняющиеся без вмешательства обслуживающего персонала
По ремонтпригодности	<ul style="list-style-type: none"> – неисправности, устраняющиеся путем мелкого ремонта; – аварии, требующие длительных восстановительных работ
По природе возникновения	<ul style="list-style-type: none"> – физические (физическое нарушение работоспособности); – функциональные (неспособность системы полностью или частично выполнять функции)

Готовность (availability): свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены.

Безотказность (reliability): свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

Долговечность (durability): свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

Сохраняемость (storability): свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.

Ремонтопригодность (maintainability): свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта.

Восстанавливаемость (recoverability): свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта. Эта составляющая разделяет все технические комплексы на восстанавливаемые (ремонтируемые) и невосстанавливаемые (неремонтируемые). К последним относятся такие технические устройства, ремонт которых в случае отказа не предусмотрен и не производится. Они составляют достаточно большую часть технических устройств, так как в большинстве случаев являются элементами сложных технических систем.

Факторы, определяющие надежность информационных систем

Для построения надежных ИС можно использовать различные виды обеспечения: экономическое, временное, организационное, структурное, технологическое, эксплуатационное, социальное, эргатическое, алгоритмическое, синтаксическое, семантическое. Обеспечение можно характеризовать как совокупность факторов, способствующих достижению поставленной цели.

Организационное, экономическое и временное обеспечения, обуславливаемые необходимостью материальных и временных затрат, используются для поддержания достоверности результатов работы ИС. Они включают в себя:

- правовые и методические аспекты функционирования ИС;
- нормативы достоверности информации по функциональным подсистемам и этапам преобразования информации;
- методики выбора и обоснования оптимальных структур, процессов и процедур преобразования информации [5].

Структурное обеспечение ИС должно обеспечивать надежность функционирования технических комплексов и эргатических звеньев, а также ИС в целом. Здесь обосновывается рациональное построение структуры ИС, зависящее от выбора структуры технологического процесса преобразования информации, обоснования взаимосвязи между отдельными звеньями системы, резервирования функциональных звеньев системы и использования устройств, осуществляющих процедуры контроля [5].

Надежность технологического обеспечения связана с выбором схемных и конструктивных решений отдельных технических устройств и технологических комплексов, входящих в состав системы, технологий и протоколов реализации информационных процессов [5].

Эксплуатационное обеспечение связано с выбором режимов работы устройств, технологий обслуживания, профилактик и ремонтов [5].

К социальному обеспечению относятся такие факторы, как создание здоровой психологической обстановки в коллективе, повышение ответственности за выполненную работу, повышение квалификации специалистов, моральной и материальной заинтересованности в правильности выполнения работы [5].

Эргатическое обеспечение включает комплекс факторов, связанных с рациональной организацией работы человека в системе. Это правильное расположение функций между людьми и техническими средствами, обязательность норм и стандартов работы, оптимальность интенсивности и ритмичности, построение рабочих мест в соответствии с требованиями эргономики [5].

Надежность алгоритмического обеспечения связана с обеспечением высокого качества и безошибочности алгоритмов и программ преобразования информации, реализации контроля достоверности информации. Информационное синтаксическое и семантическое обеспечение должно обеспечить специальную информационную избыточность, избыточность данных и смысловую избыточность, обуславливающие возможность проведения контроля достоверности информации [5].

Личные качества исполнителей также играют немаловажную роль. Ошибки обслуживающего персонала, выход ИС из штатного режима эксплуатации в силу случайных или преднамеренных действий пользователей или обслуживающего персонала – операторов (превышение расчетного числа запросов, чрезмерный объем обрабатываемой информации и другие неоправданные действия), невозможность или нежелание обслуживающего персонала выполнять свои функции приводят к чрезвычайно серьезным последствиям. Это могут быть длительный простой в работе ИС, искажение обрабатываемой информации и получение неверных результатов, потеря информации, сбои в работе программ и оборудования, отказы оборудования.

Таким образом, поддержание высокой надежности работы ИС в целом является важной и сложной инженерно-технической и социально-организационной задачей [5].

Оценку надежности ИС осуществляют по единичным показателям (отдельным составляющим) и комплексным показателям (характеризует несколько единичных свойств совместно) надежности. Достаточно подробно показатели надежности приведены в ГОСТ 27.002–2015. Наиболее часто используются:

Единичные показатели надежности:

1. Вероятность безотказной работы (reliability <measure>, reliability function): Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет.

$$P(t) = P(\zeta \geq t) = 1 - F(t),$$

где ζ – случайное время работы объекта до отказа или наработка на отказ, $F(t) = P(\zeta < t)$ – интегральная функция распределения случайной величины $\zeta(\zeta < t)$.

2. Средняя наработка до отказа (mean operating time to failure): Математическое ожидание наработки объекта до отказа

$$T_{cp} = M_1 = \int_0^{\infty} tf(t)dt = - \int_0^{\infty} tdP(t).$$

Средняя наработка между отказами (mean operating time between failures): Математическое ожидание наработки объекта между отказами

$$T = -\frac{D^*(0)}{D(0)} = -\frac{\begin{vmatrix} D & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -(\lambda + \lambda_1) & 0 & P_0(0) \\ 1 & \lambda_1 & -\lambda & P_1(0) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 0 & -(\lambda + \lambda_1) & 0 \\ 1 & \lambda_1 & \lambda \end{vmatrix}} = \frac{P_0(0) + P_1(0)}{\lambda} = \frac{1}{\lambda}.$$

3. Интенсивность отказов (failure rate): Условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник

$$\lambda = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{dP(t)}{P(t)dt} = \frac{a(t)}{P(t)}.$$

4. Параметр потока отказов (failure intensity): Предел отношения вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта за достаточно малый интервал времени к длительности этого интервала, стремящейся к нулю

$$\omega(t) = a(t) + \int_0^t \omega(\tau)a(t - \tau)d\tau.$$

6. Вероятность восстановления (robability of restoration): Вероятность того, что время (до) восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданное значение

$$Q_B(t) = G(t).$$

7. Среднее время восстановления (mean restoration time): Математическое ожидание времени восстановления

$$\hat{T}_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i.$$

8. Среднее время до восстановления (mean time to restoration): Математическое ожидание времени до восстановления

$$T_s = \exp\left(T_z + \frac{\sigma_z^2}{2}\right).$$

9. Интенсивность восстановления (restoration rate): Условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определенная для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено

$$\mu(\tau) = \frac{\frac{1}{\sigma_z \tau \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\vartheta^2}{2}\right)}{1 - \Phi(\vartheta)}.$$

10. Средний ресурс (mean operating life): Математическое ожидание ресурса

$$R_{CP} = \int_0^{\infty} r f(r) dt.$$

11. Средний срок службы (mean useful life): Математическое ожидание срока службы

$$T_{cp\ cл} = \int_0^{\infty} t_{cл} f(t_{cл}) dt.$$

12. Гамма-процентный срок службы (gamma-percentile useful life): Календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигнет предельного состояния

с вероятностью γ , выраженной в процентах

$$T_{cp\ \gamma} = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{\gamma}{100}.$$

13. Средний срок сохраняемости (mean storing life): Математическое ожидание срока сохраняемости

$$T_{сохр.ср} = \int_0^{\infty} t_{сохр} f(t_{сохр}) dt.$$

Комплексные показатели надежности:

1. Коэффициент готовности (availability factor): Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени

$$K_G(t) = \sum_{i \in S_p} P_i(t),$$

где S_p – множество работоспособных состояний объекта, $S_p \subset S$ и S – множество всех состояний объекта; $P_i(t)$ – вероятность пребывания объекта в момент времени t в работоспособном состоянии i .

2. Коэффициент неготовности (unavailability factor): Вероятность того, что объект окажется в неработоспособном состоянии в данный момент времени

$$K_{HG} = 1 - K_G.$$

3. Коэффициент оперативной готовности (interval availability factor): Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени

$$K_{OG}(\tau_3) = \lim_{t \rightarrow \infty} K_{OG}(t, \tau_3) = \frac{1}{T_O + T_{IP}} \int_{\tau_3}^{\infty} P_1(t) dt.$$

4. Коэффициент технического использования (total availability factor, utilization factor): Отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период

$$K_{\text{ТИ}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^m \tau_i + \sum_{j=1}^k \tau_j}.$$

5. Коэффициент сохранения эффективности (efficiency ratio): Отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают

$$K_{\text{ЭФ}}(t_p) = \int_J (1 - W_j) dP_j(t_p),$$

где $W_j = \frac{E_0 - E_j}{E_0}$ – относительное снижение (потери) эффективности системы на j -й траектории функционирования (весовой коэффициент траектории функционирования системы $j \in J$, где J – множество всех возможных траекторий функционирования системы), $dP_j(t_p)$ – элемент вероятности надежной реализации на заданном интервале t_p данной траектории.

Факторы, влияющие на снижение надежности программно-аппаратных комплексов

Все отказы технически устройств (ТУ) происходят вследствие воздействия различных факторов, к которым относятся физические, физико-химические и химические, биологические и эксплуатационные факторы. Исчерпывающая характеристика каждого фактора приведена в учебном пособии «Надежность информационных систем» [5].

Физические причины или факторы возникновения отказов представляют собой физические явления, процессы и свойства среды, воздействующие на технические устройства и наносящие им вред, тем самым ухудшая их состояние. Физические факторы делятся на внешние и внутренние.

Внешние физические факторы являются совокупностью свойств внешней окружающей среды, оказывающих влияние на работоспособность ТУ. К ним относятся чрезмерно высокая или низкая окружающая температура, осадки, высокая влажность воздуха, низкое давление, наличие в воздухе взвешенной пыли, аномальные электромагнитные проявления окружающей среды.

Внутренние физические факторы представляют собой те явления и процессы, которые, развиваясь в ТУ во время их функционирования, одновременно влияют на состояние и рабочие режимы этих же ТУ и их составных элементов, а также ТУ, взаимосвязанных с ними. Сюда можно отнести вибрацию, внутренний перегрев и другие факторы. Под влиянием длительного воздействия на ТУ физических факторов происходит износ элементов (деталей сложных ТУ) и старение материалов, из которых они выполнены. Это, в свою очередь, ведет к ухудшению их рабочих характеристик [5].

К физико-химическим факторам, снижающим надежность работы ТУ, относятся такие процессы внешней среды и процессы, происходящие в самих ТУ, в результате физического действия которых происходят химические реакции или изменение физических свойств ТУ. К таким явлениям можно отнести вредные химические примеси в атмосфере, действие лучистой энергии, электроэрозию, чрезмерное выделение тепла, например, в результате короткого замыкания. К химическим причинам относятся химические реакции, приводящие к изменению молекулярного состава материалов. К наиболее распространенной реакции

такого типа относится окисление железа. Появляющиеся в результате этого процесса окислы имеют отличные от первоначальных материалов физико-химические свойства. Другой распространенной медленнопротекающей химической реакцией является полимеризация изоляционных материалов в электрических проводах. Полимеризация ведет к отвердеванию изоляции, к потере упругости и изолирующих свойств и дальнейшему разрушению. Вследствие этого происходят короткие замыкания, приводящие к большим разрушениям и даже человеческим жертвам[5].

К **биологическим факторам** относятся воздействия животных и растительных организмов, наносящих вред ТУ. Наиболее часто биологические факторы проявляются при хранении ТУ. В этот период, если не соблюдены необходимые при хранении профилактические меры, хранящееся устройство может подвергнуться воздействию термитов, уничтожающих изоляционные материалы, каучуки, полимеры. Аналогичным образом воздействуют на ТУ и мелкие грызуны. Большой вред для электрических и электронных систем могут принести тараканы. Они становятся причиной короткого замыкания в электрических и электронных схемах. Многие ТУ в холодное время является источником тепла. Поэтому мелкие животные через различные отверстия могут проникнуть внутрь и стать причиной замыканий, несрабатывания, поломок и разрушений отдельных деталей.

К **эксплуатационным факторам** относятся технические возможности самих ТУ, технологического оборудования для профилактических работ, а также объективные и субъективные возможности специалистов, задействованных в процессе эксплуатации ТУ. К причинам, по которым могут возникать отказы в процессе эксплуатации и проведения профилактических работ, чаще всего относят:

- несоблюдение требований эксплуатации, чрезмерно высокая интенсивность эксплуатации;
- невыполнение требуемого объема ремонта;
- отсутствие технологического оборудования и приспособлений;
- слабое крепление деталей;
- постановка нестандартных деталей;
- отклонение от установленных размеров;
- отступление от технологических требований;
- неудовлетворительный осмотр;
- личные качества исполнителей.

Первый из перечисленных факторов определяется неудовлетворительной работой специалистов или созданием сложных условий эксплуатации, как климатических, так и режимных. Невыполнение требуемого объема ремонта большого перечня типов ТУ является причиной более четверти отказов от их общего количества, т.е. возникают такие отказы достаточно часто. На выявление скрытых дефектов тратится много времени, отведенного для выполнения ремонтных операций, поэтому трудно переоценить значение средств технической диагностики. Отсутствие необходимого оборудования приводит к низкой распознаваемости скрытых дефектов. Дефекты, возникающие из-за слабого крепления деталей и узлов, характерны для многих типов ТУ. Отказы, возникающие по этой причине, происходят, во-первых – из-за отсутствия или неприменения необходимых средств контроля, и во-вторых – из-за несоблюдения правил сборки. Нестандартными деталями называются такие, которые производятся не предприятиями-изготовителями ТУ, а эксплуатирующими организациями.

В основном это детали механических узлов и агрегатов. Их изготовление характеризуется большим разнообразием технологических операций и непостоянством исполнителей. Вследствие этого на ТУ могут быть установлены детали низкого качества. Они могут отказывать сами и быть причиной отказа других деталей. Дефекты по отклонению от установленных размеров возникают в местах соединения проводов, деталей и узлов между собой, в их расположении по отношению друг к другу и корпусу ТУ. Основными причинами возникновения отказов из-за этих дефектов при выполнении монтажных работ являются несоблюдения исполнителями конструктивных размеров, определяющих взаимное расположение деталей, а также изменение этих размеров в процессе эксплуатации из-за ослабления вследствие агрессивных воздействий внешней среды. Отступление от технологических требований проявляется, прежде всего, в том, что на ремонтируемое ТУ, вопреки требованиям нормативно-технической и ремонтной документации, устанавливается некондиционное оборудование. При неудовлетворительном осмотре в период профилактических работ не выявляются скрытые дефекты, что приводит к отказам оборудования в период эксплуатации ТУ. Вопросы воспитания специалистов, соблюдения правил трудовой дисциплины, технической учебы и повышения квалификации, вопросы самоконтроля и контроля выполняемых работ являются очень важными в деле профилактики дефектов и возникающих по их причинам отказов по вине человеческого фактора. Уменьшение влияния названных и ряда других факторов является одной из основ по поддержанию надежности работы ТУ [5].

Список литературы и источников

1. Шубинский, И. Б. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – М. : Журнал надежность, 2012. – 2016 с.
2. Волкова, В. Н. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов и др. – М. : Радио и связь, 1983. – 248 с.
3. ГОСТ 24.701–86. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения. – Взамен ГОСТ 24.701–83 ; введ. 1987-07-01. – М. : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
4. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. Взамен ГОСТ 27.002–89 ; введ. 2017-03-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 24 с.
5. Надежность информационных систем : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, Н. Г. Мосягина, К. А. Набатов. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО «ТГТУ», 2010. – 160 с.

Т. В. Чашкина, И. Л. Коробова, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой САПР
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ

Аннотация. Определяются актуальные направления развития информационных систем складского управления. Формализована проблематика использования таких систем и сформулированы соответствующие решения, потенциально повышающие эффективность в оптимизации размещения товаров. Приводятся требования к системе с точки зрения повышения эффективности поиска и принятия плана управляющего решения. Сделанные выводы могут быть использованы при разработке систем управления складским предприятием различного типа и целей, что допустимо за счет универсальности подхода в формализации соответствующих требований.

Ключевые слова: система управления складом, автоматизация управления, оптимизация размещения товара, ресурсная модель управления.

Современное развитие логистики в РФ на уровне расширения предприятий операторов розничной торговли достигло значительных масштабов. В частности, обозначенное повлияло и на развитие складских предприятий, представляющих в ряде случаев унифицированное подразделение и выполняющих роль узла распределения товаров в общей сети функционирования предприятия.

Эффективность функционирования сети оператора и общего взаимодействия с предприятиями-контрагентами напрямую зависит от оптимальности в выстраивании процессов склада, что выражается, в частности, в подходе к распределению товара и оптимизации плана его обслуживания.

Риски работы складского предприятия, а также связанные с ними расходы формируют значительную область определения рисков и самого предприятия-оператора в целом, так как возникшие функциональные сбои в сложной цепи логистики могут иметь воздействие, в том числе, на контрагентов. Финансовые издержки, связанные с неэффективным подходом к организации складского планирования, носят пролонгированный эффект. С точки зрения математического подхода в расчетах операций обозначенные ошибки имеют накопительный характер и непрерывно развиваются с ходом использования таких решений.

В настоящей работе будем рассматривать ориентир на задачу оптимального размещения грузов на складе, поскольку в данном случае проблема оптимизации выражена явно для ее формализации и исследования, что обусловлено также общим эффектом размещения грузов на порядок его обслуживания или выемки при реализации, в конечном итоге, формирующего соответствующие ресурсные расходы предприятия.

Исследования актуальных на сегодняшний день систем управления складом или *WMS*-систем [1, 2] показали общность в формализации обозначенного критерия выбора размещения. Так критерий основывался на следующих компонентах совокупно или в частности:

– время, затраченное на размещение товаров на стеллажах складов с учетом некоторого обозначенного на входе алгоритмов расчетов набора единиц продукции;

- геометрическое место точек, отражающее оптимальное перемещение техники или персонала в процессе распределения товара;
- геометрическое место точек, отражающее оптимальное перемещение техники или персонала в процессе выемки товара;
- прочие затраты ресурсов, связанные с затратами на размещение по стеллажам и дальнейшее изъятие товаров для их последующей реализации.

Отметим, что обозначенные критерии или основанные на них комплексные оценки определяют процесс изъятия продукции как некоторый статичный закон, что касается и самого размещения, не подразумевающего динамику в последующем перераспределении товаров с ходом их реализации. Таким образом, очевидно накопление некоторой операционной ошибки, образование которой может быть получено при первом изъятии партии товаров и заполнении соответствующего вакантного для размещения места единицами из прибывшей партии. Обозначенная ошибка будет существовать до частичного перераспределения грузов, которое будет эффективным относительно приведенных выше критериев геометрии обслуживания и соответствующих затрат.

Предложим дополнить обозначенные критерии оценкой, показывающей скорость реализации товаров [3]. Обозначенное актуально с учетом разности в представлении динамики реализации товаров в зависимости от их типа и сложившегося потребления. Также актуально и понятия «сезонности» в определении потребления товаров и соответствующего распределения его единиц по узлам контрагентов сетевого оператора.

Формируя комплексный критерий оптимизации распределения товаров на основе обозначенного набора оценок с условием учета динамики реализации единиц продукции справедливо говорить о минимизации относительной величины ошибки размещения.

Решая задачу оптимизации динамически относительно геометрического места точек распределения товаров по стеллажам при экстраполяции реализации продукции допустимым будет формирование комплексных планов функционирования складского предприятия. Обозначенные планы составят расчетную базу для формирования сетевых графиков управления предприятием.

Отметим, что перераспределение товаров с ходом реализации их партий должно быть ограничено относительно соответствующих ресурсных расходов для достижения положительного и, в конечном счете, оправданного материально эффекта. Таким образом, помимо прочих ограничений с ходом реализации решения задачи оптимизации необходимо учитывать допустимые расходы и их относительные показатели в сравнении с комплексным критерием оптимизации. Последнее обеспечивает рациональность затрат ресурсов на перераспределение товаров по стеллажам.

Приведенное в настоящей статье предложение формирует дополнение к требованиям разработки систем управления складами [4]. Решение по разработке системы, в таком случае, будет включать формализацию комплексного критерия и определение задачи комбинаторной оптимизации с последующим выбором эффективного алгоритма численного поиска решения.

Такой подход подразумевает доработку существующих решений с точки зрения математики прикладных расчетов и разработки соответствующего программного обеспечения,

что непосредственно ведет к дополнительным затратам на реализацию системы. Однако такие затраты могут быть снижены за счет эффективной маркетинговой кампании представляемого решения. Общий положительный экономический эффект от внедрения решений по представленным задачам априори очевиден.

Приведенный подход к рассмотрению задачи оптимизации размещения рекомендуется использовать в проблемах реализации комплекса или частных компонент автоматизированных систем поддержки принятия решения по управлению складскими предприятиями. Касательно прикладных решений, для оптимизации расходов на внедрение разработки в практику функционирования предприятий рекомендуется использовать принципы модульности и совместимости компонент с решениями, имеющими актуальность на современном рынке программного обеспечения.

Список литературы и источников

1. Гетманская, Ю. А. Системы управления предприятиями типа MRP/ERP : терминологический словарь / Ю. А. Гетманская, А. И. Рыбников, М. Ю. Трифионов. – М. : 4-й филиал Военного издательства, 2012. – 208 с.
2. Лопатин, Н. Российский рынок WMS-систем: характеристика и тенденции / Н. Лопатин // Электронный журнал: Управляем предприятием. – 2011. – № 9. – 5 с.
3. Волгин, В. В. Логистика хранения товаров : практическое пособие / В. В. Волгин. – М. : Дашков и Ко, 2018. – 367 с.
4. Автоматизированные информационные технологии в экономике : учебник / под ред. Г. А. Титоренко. – М. : Компьютер, ЮНИТП, 2007. – 400 с.

А. А. Черных, магистрант кафедры ИСиЗИ, **А. В. Высоцкий**, аспирант кафедры ИСиЗИ,
Ю. В. Минин, канд. техн. наук, доц. кафедры ИСиЗИ
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОЦЕДУРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. Рассматривается вопрос оценки эффективности функционирования сетевой информационной системы. Представлен подход, позволяющий выявлять элементы сетевых информационных систем, которые являются критичными для сохранения требуемого уровня эффективности функционирования.

Ключевые слова: сетевая информационная система, эффективность функционирования, надежность.

Современное общество широко использует и непрерывно совершенствует сетевые информационные системы (СИС), имеющие развитую структуру. Их применение обусловлено обеспечением необходимости принятия эффективных решений в различных сферах деятельности. Для получения более лучших результатов приходится сталкиваться с усложнением топологической структуры СИС [1].

Типовую структуру СИС можно описать в виде множества узлов, связанных определенным образом между собой. При функционировании СИС подвергается негативным воздействиям (НВ), наносящим ей повреждения.

Способность выполнения своего основного предназначения, вне зависимости повреждений, полученных из-за воздействия НВ, характеризует важнейший фактор, который определяет качество функционирования СИС. Таким образом, вопрос оценки эффективности функционирования СИС остро стоит на каждой стадии жизненного цикла.

Данная проблема приобретает особую важность в случаях, когда необходимы быстрые изменения структуры. В этом случае аналитическое описание процесса функционирования СИС при ее различных вариантах структуры приобретает особую актуальность.

Одним из классов СИС являются корпоративные системы обработки информации, обладающие распределенной архитектурой. В процессе своей эксплуатации под влиянием НВ, роста объема обрабатываемых данных, они перестают удовлетворять по интегральному критерию эффективности функционирования, состоящему из следующих показателей: время реакции системы, ее пропускная способность и иные характеристики, описывающие качество обслуживания.

Рассмотрим СИС со структурой «звезда–дерево» (рис. 1), которая с помощью каналов сети передачи данных объединяет набор структур, реализованных в виде локальных вычислительных сетей (ЛВС) с центральным узлом СИС. В составе i -й ЛВС ($i = \overline{1, n}$) имеется C_i рабочих станций, которые являются конечными узлами СИС и узлы концентрации информационных потоков (УКИП).

Данные, которые размещены в СИС, можно представить как множество M фрагментов (таблиц, файлов), которые определенным образом размещены на разных УКИП. Для описания варианта размещения фрагмента данных воспользуемся матрицей $X = \|x_{ij}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, M}\|$. Ее элементы определяются следующим образом: $x_{ij} = 1$ в случае, когда фрагмент данных j присутствует на i -м УКИП; в противном случае $x_{ij} = 0$.

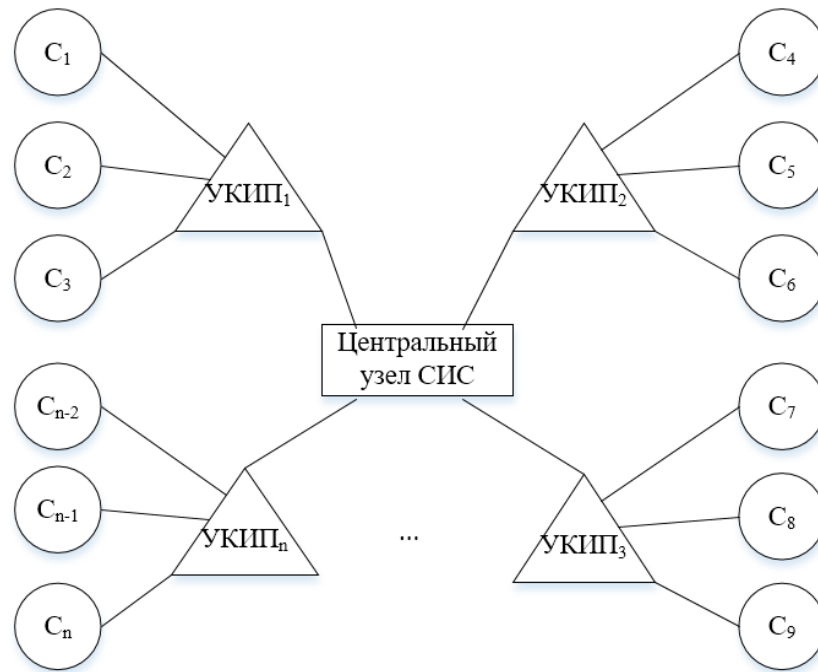


Рис. 1. Структура СИС

Следует отметить, что информация в СИС может дублироваться, а следовательно часть фрагментов данных имеет свои дубликаты в разных УКИП. Такое дублирование используется для уменьшения объема передаваемых данных между УКИП СИС, а также для повышения степени доступности информации в случае выхода из строя какого-либо УКИП.

Таким образом, $\sum_{i=1}^n x_{ij} > 1$ при $j = \overline{1, M}$.

Обращение к фрагменту данных j ($j = \overline{1, M}$) пользователем, который взаимодействует с i -м УКИП ($i = \overline{1, n}$), обрабатывается в случае, если данный УКИП содержит необходимый фрагмент данных. Иначе отправка запроса осуществляется к другому работоспособному УКИП, на котором размещается соответствующий фрагмент данных. Интенсивность поступления запросов пользователей СИС к фрагменту данных j обозначим как λ_j .

Пусть в произвольный момент времени все фрагменты данных i -го УКИП ($i = \overline{1, n}$) с вероятностью $K_{\text{пр}}^{(i)}$ оказываются недоступными для запросов, поступающих от пользователей СИС. Назовем $K_{\text{пр}}^{(i)}$ – коэффициентом простоя. Поскольку коэффициент принимает значения, являющиеся малыми величинами, то отказ в одно и то же время двух и более УКИП будем считать невозможным событием.

Множество состояний СИС обозначим как $S = \{S_k; k = \overline{0, n}\}$, где состояние S_k ($k = \overline{1, n}$) – это результат отказ k -го УКИП, вероятность которого $P_k = K_{\text{пр}}^{(i)}$. Состояние СИС S_0 наблюдается с вероятностью

$$P_0 = 1 - \sum_{i=1}^n K_{\text{пр}}^{(i)},$$

когда все УКИП работоспособны.

В зависимости от конкретного состояния СИС меняется совокупность доступных фрагментов данных, для этого определим множество матриц $\{Z_k; k = \overline{0, n}\}$. Значения матрицы Z_0 соответствуют значениям матрицы X , т.е. $Z_0 = X$. Для получения значений матрицы Z_k в матрице X обнуляем k -ю строку, т.е. $Z_k = \left\| z_{ij}^{(k)}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, M} \right\|$, где

$$z_{ij}^{(k)} = \begin{cases} x_{ij}, & \text{если } i \neq k; \\ 0, & \text{если } i = k. \end{cases}$$

Количество доступных экземпляров фрагмента данных j , которые принимают участие в обработке поступающего запроса в СИС, определяется для каждого состояния из множества S следующим образом:

$$d_{kj} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^n z_{ij}^{(k)}.$$

Оценить эффективность функционирования СИС можно с помощью показателей, которые характеризуют скорость обработки поступившего запроса к фрагменту данных. Для этого использует аппарат теории очередей. Каждый УКИП представим как разомкнутую сеть массового обслуживания (СеМО), которая состоит из трех устройств [2]: УКИП, а также входящий и исходящий каналы передачи данных.

Запросы, поступающие от конечного узла C_i , относятся к внутренним запросам, в случае их обращения к фрагментам данных, находящимся в i -м УКИП. В случае нахождения СИС в состоянии S_k нагрузка на i -й УКИП определяется потоком запросов с интенсивностью

$$\lambda_{ki}^{\text{соб}} = C_i \sum_{j=1}^M z_{ij}^{(k)} \lambda_j.$$

Данные, полученные в качестве ответа на запрос к отсутствующим в i -м УКИП данным, поступают по входящему каналу для этого УКИП. Интенсивность соответствующего потока определяется как

$$\lambda_{ki}^{\text{вх}} = C_i \sum_{j=1}^M (1 - z_{ij}^{(k)}) \lambda_j.$$

По исходящему каналу i -го УКИП осуществляется передача данных с интенсивностью $\lambda_{ki}^{\text{исх}}$ в ответ на возникающие в других УКИП запросы. Для запросов фрагментов данных j должно выполняться условие $z_{ij}^{(k)}(1 - z_{lj}^{(k)}) = 1$, где $l \neq i$. От пользователей l -го УКИП, доля подобных запросов, направляющихся к i -му УКИП, равна $1/d_{kj}$, следовательно

$$\lambda_{ki}^{\text{исх}} = \left\{ \sum_{j=1}^M \frac{z_{ij}^{(k)} \lambda_j}{d_{kj}} \sum_{l=1}^n (1 - z_{lj}^{(k)}) C_l \right\}.$$

Для i -го УКИП интенсивность общего потока заявок, которые обслуживаются в состоянии S_k , равна

$$\lambda_{ki}^{\text{сер}} = \lambda_{ki}^{\text{соб}} + \lambda_{ki}^{\text{вх}} + \lambda_{ki}^{\text{исх}} = \sum_{j=1}^M \left\{ C_j + \frac{z_{ij}^{(k)}}{d_{kj}} \sum_{l=1}^n (1 - z_{lj}^{(k)}) C_l \right\} \lambda_j.$$

Запрос на фрагмент данных j , который может возникнуть в i -м УКИП с вероятностью $z_{ij}^{(k)}$, обрабатывается как внутренний запрос, а с вероятностью $(1 - z_{ij}^{(k)}) z_{lj}^{(k)} / d_{kj}$ пересылается к l -му УКИП ($l = \overline{1, n}; l \neq i$).

Второй случай характеризуется как обработка запроса данных, осуществляющаяся как многоэтапный процесс и использующая следующие элементы СИС: УКИП и исходящий канал, входящий канал и i -й УКИП. Обозначим средние значения продолжительности данных этапов $t_{kl}^{\text{сер}}, t_{kl}^{\text{исх}}, t_{ki}^{\text{вх}}, t_{ki}^{\text{сер}}$, включающих в себя и ожидание в очереди и непосредственное обслуживание. Для состояния S_k значение времени обработки запроса определяется как:

$$t_{ij}^{(k)} = \begin{cases} t_{kl}^{\text{сер}}, & \text{если } z_{ij}^{(k)} = 1; \\ t_{ki}^{\text{сер}} + t_{ki}^{\text{вх}} + \frac{1}{d_{kj}} \sum_{l=1}^n (t_{kl}^{\text{сер}} + t_{kl}^{\text{исх}}) z_{lj}^{(k)}, & \text{если } z_{ij}^{(k)} = 0. \end{cases}$$

Для определения величин, характеризующих производительность i -го УКИП, а также входящий и исходящий каналы передачи данных, $t_{ki}^{\text{сер}}, t_{ki}^{\text{исх}}, t_{ki}^{\text{вх}}$ при нагрузке, соответствующей состоянию S_k , подберем модели для этих элементов СеМО.

Одним из вариантов является однолинейная СМО с неограниченной очередью. В случае длительности обработки любого запроса i -го УКИП, которая характеризуется экспоненциальным распределением с параметром $\mu_i^{\text{сер}}$, имеем

$$t_{ki}^{\text{сер}} = \frac{1}{\mu_i^{\text{сер}} - \Lambda_{ki}^{\text{сер}}}.$$

Рассматривая результаты из [3 – 5], получим оценку степени ухудшения функционирования СИС. Если представить одноканальную СМО, у которой буфер на входе бесконечен, а входящие заявки с длиной, являющейся случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону с параметром μ , образуют простейший поток с интенсивностью λ , то для описания надежности используем коэффициент готовности k_r и среднюю длительность простоя $\tau_{\text{п}}$. Среднее время доставки сообщения в пункт назначения получено как:

$$t_{\text{д}} = \frac{1}{\mu_{\text{э}} - \lambda} (1 + \mu_{\text{э}} k_{\text{п}} \tau_{\text{п}}),$$

где $\mu_{\text{э}} = k_r \mu$; $k_{\text{п}} = 1 - k_r$.

При известных значениях параметров, характеризующих каналы передачи данных в СИС между УКИП, можно вычислить $t_{ki}^{\text{вх}}$ и $t_{ki}^{\text{исх}}$.

Для интервалов времени, на которых СИС находится в фиксированном состоянии S_k , оценку общего уровня эффективности функционирования системы определим с использованием среднего времени обработки запроса:

$$\bar{t}_k = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^M \lambda_j t_{ij}^{(k)} \right) C_i}{\lambda_{\text{сум}} \sum_{i=1}^n C_i},$$

где $\lambda_{\text{сум}} = \sum_{j=1}^M \lambda_j$ – суммарная интенсивность запросов, поступивших от одного пользователя системы. Время обработки запроса определяется как усреднение по всем состояниям:

$$t_H = \sum_{k=0}^n P_k \bar{t}_k.$$

Предложенный подход позволяет определить те УКИП, которые являются критичными в вопросе сохранения требуемого уровня эффективности функционирования СИС при влиянии на нее НВ.

Список литературы и источников

1. Задача распределения ресурсов в сетевой информационной системе / В. Е. Дидрих, И. В. Дидрих, Ю. Ю. Громов, М. А. Ивановский // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – 549 с.
2. Методы анализа информационных систем / Ю. Ю. Громов, Н. А. Земской, А. В. Лагутин, О. Г. Иванова. – Тамбов : Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2012. – 220 с.
3. Модели многомерного дискретного распределения вероятностей случайных величин в информационных системах / Ю. Ю. Громов, Ю. В. Минин, О. Г. Иванова, О. Н. Морозова // IOP Conf. Series: Journal of Physics, 2018. – 973 с.
4. Захаров, Г. П. Методы исследования сетей передачи данных / Г. П. Захаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 208 с.
5. Обобщенное вероятностное описание однородных потоков событий для решения задач информационной безопасности / Ю. Ю. Громов, И. Г. Карпов, Ю. В. Минин, О. Г. Иванова // Журнал теоретических и прикладных информационных технологий. – 2016. – 254 с.

А. А. Черных, магистрант кафедры ИСиЗИ, Ю. В. Минин, канд. техн. наук,
доц. кафедры ИСиЗИ, А. В. Высоцкий, аспирант кафедры ИСиЗИ
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ВЫЯВЛЕНИЕ КРИТИЧНЫХ УЗЛОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕСУРСОВ В НЕЙ

Аннотация. Сформулирована постановка оптимизационной задачи, в которой учитываются параметры времени обработки данных в системе, что и отличает ее от ранее разработанных подходов. В ходе решения задачи выявляются элементы сетевой информационной системы, которые являются критичными для сохранения требуемого уровня эффективности функционирования.

Ключевые слова: распределение ресурсов, информационная система, эффективность функционирования.

В работе [1] предложена постановка оптимизационной задачи, решение которой направлено на поиск эффективного распределения ресурсов в сетевой информационной системе (СИС).

Требуется минимизировать стоимость синтеза СИС

$$\sum_{j \in W} \sum_{j \in W \cup C} C_{ij} X_{ij} + \sum_{j \in P} \sum_{m \in R} \hat{C}_{jm} Y_{jm} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j \in W \cup C} X_{ij} = 1, \quad \forall i \in W; \quad (2)$$

$$f_{ijk} \leq dX_{jk}, \quad \forall i \in I; \quad \forall j \in W, \quad \forall k \in W \cup C; \quad (3)$$

$$\sum_{j \in W} f_{ijk} \leq (k - d)X_{jk}, \quad \forall j, k \in I; \quad (4)$$

$$\sum_{j \in W} f_{ijk} \leq KX_{jk}, \quad \forall j \in I, \quad \forall k \in P \cup C; \quad (5)$$

$$\sum_{j \in W} f_{ijk} \leq \sum_{m \in R} Q_{im} X_{jm}, \quad \forall j \in P; \quad (6)$$

$$\sum_{i \in W \cup C} f_{ijk} - \sum_{j \in W} f_{ijk} = \begin{cases} d, & \forall i, k \in I, k \neq i; \\ 0, & \forall k \neq W \cup C, i \in I; \\ -d, & \forall i \in I, k = C; \end{cases} \quad (7)$$

$$X_{ij} \leq \sum_{m \in R} Y_{jm} \quad \forall i \in P, \quad \forall j \in I; \quad (8)$$

$$\sum_{m \in R} Y_{Im} \leq 1, \quad \forall j \in P; \quad (9)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in W, i \in W \cup C; \quad Y_{jm} \in \{0, 1\}, \quad \forall j \in P, m \in R; \quad (10)$$

$$f_{ijk} \geq 0, \quad \forall i \in I, j \in W, k \in W \cup C, \quad (11)$$

$$t_{\bar{A}} \leq t_{\bar{A}}^{\max}, t_j \leq t_j^{\max}, \quad (12)$$

где P – множество индексов, характеризующее расположение узлов, концентрирующих информационные потоки в СИС; I – множество индексов, характеризующее расположение конечных узлов СИС; W – множество индексов, где $W = I \cup P$; C – центральный узел СИС; d – трафик в каждом конечном узле; R – дискретное множество уровней мощностей, доступных для каждого узла концентрации; Q_{jm} – мощность каждого узла концентрации информационного потока на узле j на уровне m ; K – мощность соединения конечных узлов друг с другом; C_{ij} – стоимость соединения узла i с узлом j ; $C_{kc} = 0 (\forall k \in P)$ – стоимость соединения узла концентрации информационного потока с центральным узлом; C_{jm} – стоимость открытия узла концентрации информационного потока j емкости m и соединения его с центральным узлом; f_{ijk} – поток, идущий из конечного узла i по связи (j, k) , $i \in I, j \in W, k \in W \cup C$; X_{ij} – определяет наличие связи между узлом i и j , ее значения определяются следующим образом: $X_{ij} = 1$, если между узлами i и j есть связь, $i \in W, j \in W$ и $X_{ij} = 0$ в противном случае; Y_{jm} – служит для обозначения активности узла j концентрации, $Y_{jm} = 1$, если узел концентрации j активен и соединен с центральным узлом C , и $Y_{jm} = 0$ в противном случае, $t_{\bar{A}}$ – время доставки данных, t_j – время обработки данных.

Данные, которые размещены в СИС, можно представить как множество M фрагментов (таблиц, файлов), которые определенным образом размещены на разных узлах, концентрирующих информационные потоки (УКИП). Для описания варианта размещения фрагмента данных воспользуемся матрицей $X = \|x_{ij}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, M}\|$. Ее элементы определяются следующим образом: $x_{ij} = 1$ в случае, когда фрагмент данных j присутствует на i -м УКИП; в противном случае $x_{ij} = 0$.

Следует отметить, что информация в СИС может дублироваться, а следовательно часть фрагментов данных имеет свои дубликаты в разных УКИП. Такое дублирование используется для уменьшения объема передаваемых данных между УКИП СИС, а также для повышения степени доступности информации в случае выхода из строя какого-либо УКИП.

Таким образом, $\sum_{i=1}^n x_{ij} > 1$ при $j = \overline{1, M}$.

Обращение фрагменту данных j ($j = \overline{1, M}$) пользователем, который взаимодействует с i -м УКИП ($i = \overline{1, n}$), обрабатывается в случае, если данный УКИП содержит необходимый фрагмент данных. Иначе отправка запроса осуществляется к другому работоспособному УКИП, на котором размещается соответствующий фрагмент данных. Интенсивность поступления запросов пользователей СИС к фрагменту данных j обозначим как λ_j .

Пусть в произвольный момент времени все фрагменты данных i -го УКИП ($i = \overline{1, n}$) с вероятностью $K_{\text{пр}}^{(i)}$ оказываются недоступными для запросов, поступающих от пользователей СИС. Назовем $K_{\text{пр}}^{(i)}$ – коэффициентом простоя. Поскольку данный коэффициент принимает значения, являющиеся малыми величинами, то отказ в одно и то же время двух и более УКИП будем считать невозможным событием.

Множество состояний СИС обозначим как $S = \{S_k; k = \overline{0, n}\}$, где состояние S_k ($k = \overline{1, n}$) – это результат отказ k -го УКИП, вероятность которого $P_k = K_{\text{пр}}^{(i)}$. Состояние СИС S_0 наблюдается с вероятностью

$$P_0 = 1 - \sum_{i=1}^n K_{\text{пр}}^{(i)},$$

когда все УКИП работоспособны.

В зависимости от конкретного состояния СИС меняется совокупность доступных фрагментов данных, для этого определим множество матриц $\{Z_k; k = \overline{0, n}\}$. Значения матрицы Z_0 соответствуют значениям матрицы X , т.е. $Z_0 = X$. Для получения значений матрицы Z_k в матрице X обнуляем k -ю строку, т.е. $Z_k = \left\| z_{ij}^{(k)}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, M} \right\|$, где

$$z_{ij}^{(k)} = \begin{cases} x_{ij}, & \text{если } i \neq k; \\ 0, & \text{если } i = k. \end{cases}$$

Количество доступных экземпляров фрагмента данных j , которые принимают участие в обработке поступающего запроса в СИС, определяется для каждого состояния из множества S следующим образом:

$$d_{kj} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^n z_{ij}^{(k)}.$$

Оценить эффективность функционирования СИС можно с помощью показателей, которые характеризуют скорость обработки поступившего запроса к фрагменту данных. Для этого использует аппарат теории очередей. Каждый УКИП представим как разомкнутую сеть массового обслуживания (СеМО), которая состоит из трех устройств [2]: УКИП, а также входящий и исходящий каналы передачи данных.

Запросы, поступающие от конечного узла C_i , относятся к внутренним запросам, в случае их обращения к фрагментам данных, находящимся в i -м УКИП. В случае нахождения СИС в состоянии S_k нагрузка на i -й УКИП определяется потоком запросов с интенсивностью

$$\lambda_{ki}^{\text{воб}} = C_i \sum_{j=1}^M z_{ij}^{(k)} \lambda_j.$$

Данные, полученные в качестве ответа на запрос к отсутствующим в i -м УКИП данным, поступают по входящему каналу для этого УКИП. Интенсивность соответствующего потока определяется как

$$\lambda_{ki}^{\text{вх}} = C_i \sum_{j=1}^M (1 - z_{ij}^{(k)}) \lambda_j.$$

По исходящему каналу i -го УКИП осуществляется передача данных с интенсивностью $\lambda_{ki}^{\text{исх}}$ в ответ на возникающие в других УКИП запросы. Для запросов фрагментов данных j

должно выполняться условие $z_{ij}^{(k)}(1 - z_{lj}^{(k)}) = 1$, где $l \neq i$. От пользователей l -го УКИП, доля подобных запросов, направляющихся к i -му УКИП, равна $1/d_{kj}$, следовательно

$$\lambda_{ki}^{\text{исх}} = \left\{ \sum_{j=1}^M \frac{z_{ij}^{(k)} \lambda_j}{d_{kj}} \sum_{l=1}^n (1 - z_{lj}^{(k)}) C_l \right\}.$$

Для i -го УКИП интенсивность общего потока заявок, которые обслуживаются в состоянии S_k , равна

$$\lambda_{ki}^{\text{сер}} = \lambda_{ki}^{\text{соб}} + \lambda_{ki}^{\text{вх}} + \lambda_{ki}^{\text{исх}} = \sum_{j=1}^M \left\{ C_j + \frac{z_{ij}^{(k)}}{d_{kj}} \sum_{l=1}^n (1 - z_{lj}^{(k)}) C_l \right\} \lambda_j.$$

Запрос на фрагмент данных j , который может возникнуть в i -м УКИП с вероятностью $z_{ij}^{(k)}$, обрабатывается как внутренний запрос, а с вероятностью $(1 - z_{lj}^{(k)}) z_{ij}^{(k)} / d_{kj}$ пересылается к l -му УКИП ($l = \overline{1, n}; l \neq i$).

Второй случай характеризуется как обработка запроса данных, осуществляющаяся как многоэтапный процесс и использующая следующие элементы СИС: УКИП и исходящий канал, входящий канал и i -й УКИП. Обозначим средние значения продолжительности данных этапов $t_{kl}^{\text{сер}}$, $t_{kl}^{\text{исх}}$, $t_{ki}^{\text{вх}}$, $t_{ki}^{\text{сер}}$, включающих в себя и ожидание в очереди и непосредственное обслуживание. Для состояния S_k значение времени обработки запроса определяется как:

$$t_{ij}^{(k)} = \begin{cases} t_{kl}^{\text{сер}}, & \text{если } z_{ij}^{(k)} = 1; \\ t_{ki}^{\text{сер}} + t_{ki}^{\text{вх}} + \frac{1}{d_{kj}} \sum_{l=1}^n (t_{kl}^{\text{сер}} + t_{kl}^{\text{исх}}) z_{lj}^{(k)}, & \text{если } z_{ij}^{(k)} = 0. \end{cases}$$

Для определения величин, характеризующих производительность i -го УКИП, а также входящий и исходящий каналы передачи данных, $t_{ki}^{\text{сер}}$, $t_{ki}^{\text{исх}}$, $t_{ki}^{\text{вх}}$ при нагрузке, соответствующей состоянию S_k , подберем модели для этих элементов СеМО.

Одним из вариантов является однолинейная СМО с неограниченной очередью. В случае длительности обработки любого запроса i -го УКИП, которая характеризуется экспоненциальным распределением с параметром $\mu_i^{\text{сер}}$, имеем

$$t_{ki}^{\text{сер}} = \frac{1}{\mu_i^{\text{сер}} - \Lambda_{ki}^{\text{сер}}}.$$

Рассматривая результаты из [3 – 5], получим оценку степени ухудшения функционирования СИС. Если представить одноканальную СМО, у которой буфер на входе бесконечен, а входящие заявки с длиной, являющейся случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону с параметром μ , образуют простейший поток с интенсивностью λ , то для описания надежности используем коэффициент готовности k_r и среднюю длительность простоя $\tau_{\text{п}}$. Среднее время доставки сообщения в пункт назначения получено как:

$$t_d = \frac{1}{\mu_3 - \lambda} (1 + \mu_3 k_{\text{п}} \tau_{\text{п}}),$$

где $\mu_3 = k_{\text{Г}} \mu$; $k_{\text{п}} = 1 - k_{\text{Г}}$.

При известных значениях параметров, характеризующих каналы передачи данных в СИС между УКИП, можно вычислить $t_{ki}^{\text{ВХ}}$ и $t_{ki}^{\text{ИСХ}}$.

Для интервалов времени, на которых СИС находится в фиксированном состоянии S_k , оценку общего уровня эффективности функционирования системы определим с использованием среднего времени обработки запроса:

$$\bar{t}_k = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^M \lambda_j t_{ij}^{(k)} \right) C_i}{\lambda_{\text{сум}} \sum_{i=1}^n C_i},$$

где $\lambda_{\text{сум}} = \sum_{j=1}^M \lambda_j$ – суммарная интенсивность запросов, поступивших от одного пользователя системы. Время обработки запроса определяется как усреднение по всем состояниям:

$$t_H = \sum_{k=0}^n P_k \bar{t}_k.$$

Предложенный подход позволяет определить те УКИП, которые являются критичными в вопросе сохранения требуемого уровня эффективности функционирования СИС при влиянии на нее НВ. Решение поставленной оптимизационной задачи позволяет найти оптимальное распределение ресурсов СИС с учетом ее критичных компонентов.

Список литературы и источников

1. Задача распределения ресурсов в сетевой информационной системе / В. Е. Дидрих, И. В. Дидрих, Ю. Ю. Громов, М. А. Ивановский // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – 549 с.
2. Методы анализа информационных систем / Ю. Ю. Громов, Н. А. Земской, А. В. Лагутин, О. Г. Иванова. – Тамбов : Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2012. – 220 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ DATA MINING ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МЕДИА-СИСТЕМЫ

Аннотация. Поднимается вопрос об актуальности автоматизации анализа данных. Рассматривается базовый метод Data mining – метод нечеткой логики и его применимость на практике. В частности, рассматривается применение методов нечеткой логики для задачи повышения эффективности управления ресурсами в информационной медиа-системе, и оценка эффективности их применения.

Ключевые слова: Data mining, нейронные сети, нечеткая логика, анализ данных, генетические алгоритмы.

Введение

На сегодняшний день актуальность автоматизации анализа данных сложно переоценить, так как с каждым годом объем данных на различных носителях растет [1]. Тенденция роста объемов данных сохраняется и по сей день, об это можно судить по различным исследованиям в этой области [2].

Постановка задачи

Под продвижением будем понимать любую форму сообщений, используемую разработчиком ПП путем проведения маркетинговых коммуникаций, которая, в свою очередь, влияет на выбор и использование данного ПП потребителем [3].

Под информационной медиа-системой будет пониматься медиа-ресурс, используемый для проведения маркетинговых коммуникаций [4].

Задача состоит в том, чтобы рассмотреть базовые методы Data mining, провести анализ данных ПП и маркетинговых каналов одним из методов Data mining для принятия решения о вложении маркетингового бюджета в конкретный маркетинговый канал [5].

Применение нечеткой логики для повышения эффективности управления ресурсами информационной медиа-системы

Для построения модели нечеткого логического вывода определим лингвистические переменные (см. табл. 1).

В качестве алгоритма нечеткого логического вывода был алгоритм Мамдани, как самый доступный для моделирования [6].

Вид функции принадлежности для переменной «Окупится»:

$$\mu(x, 5, 100) = \begin{cases} e^{-\left(\frac{x-100}{5}\right)^2}; \\ 0 \leq x < \infty. \end{cases}$$

Задача проверки адекватности разработанных моделей будет определяться разницей между значениями ω :

$$\omega = \frac{e}{E} \times 100\%,$$

где ω – процент ошибок; e – количество ошибок; E – общее число решений. Разница высчитываем по формуле:

$$\Delta W = \omega - \omega',$$

где ω – процент ошибок эксперта; ω' – процент ошибок системы.

Далее рассчитаем значение процента ошибок ω , затем рассчитаем ΔW :

$$\Delta W = 22,5\% - 10\% = 15\%.$$

1. Лингвистические переменные и их термы

Лингвистическая переменная	Область определения значений входных значений	Термы		
		Не окупится	Окупится	Принесет прибыль
<i>Окупаемость</i>	[0; ∞]	Не окупится	Окупится	Принесет прибыль
<i>Пол</i>	[0; 100]	Плохой	Удовлетворительный	Хороший
<i>Возраст</i>	[0; 100]	Плохой	Удовлетворительный	Хороший
<i>Тематика</i>	[0; 100]	Плохой	Нормальный	Хороший

Заключение

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что метод нечеткой логики применим для задач повышения эффективности управления ресурсами в информационных медиа-системах, а также позволяет снизить процент ошибок при принятии решений на 15%.

Список литературы и источников

1. Hilbert, M. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information / M. Hilbert, P. Lopez. – Science, 332, 2011. – 60 – 65 p.
2. The Zettabyte Era: Trends and Analysis / [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/vni-hyper-connectivity-wp.html>
3. Ехлаков, Ю. П. Основные положения по разработке программы продвижения программных продуктов в сети Интернет / Ю. П. Ехлаков, Д. Бараксанов. – М. : Бизнес-информатика. – 2012. – № 4(22). – 33 – 39 с.
4. Youtube.com Traffic Statistics [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.alexa.com/siteinfo/youtube.com>
5. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
6. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – 2-е изд. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.

А. А. Шнайдер, оператор научной роты,
В. В. Шатских, командир роты – старший научный сотрудник роты (научной)
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия)

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ SDR ДЛЯ АНАЛИЗА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ ОПЕРАТОРОМ БПЛА

Аннотация. Приводится применение технологии SDR для анализа радиоэлектронной обстановки оператором радиоразведки на БПЛА.

Ключевые слова: радиоразведка, радиоэлектронная борьба, программно-определяемая радиосистема, беспилотные летательные аппараты.

Одной из задач, решаемых беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), является задача анализа радиоэлектронной обстановки. Данная задача решается наличием на борту БПЛА бортовой и стационарной подсистем, которые обеспечивают помехозащищенную радиосвязь и передачу данных между БПЛА и пунктом управления. Стационарная подсистема отображения, в свою очередь, должна обеспечивать интерфейс оператора при управлении, контроле БПЛА и получении информации от бортовых средств [1]. Анализ радиоэлектронной обстановки может быть осуществлен с применением концепции *SDR*.

Программно-конфигурируемая радиосистема (англ. *Software Defined Radio – SDR*) – это радиосистема, в которой все или большинство функций физического уровня выполняются в программном виде, а функции, выполняемые аппаратно, должны оперативно модифицироваться по требованиям рабочего стандарта связи.

Задача демодуляции при этом выполняется в цифровом виде, что позволяет приемнику работать с разными видами сигналов на основе одной и той же аппаратной части. Это делает технологию *SDR* экономически выгодной и гибкой.

В классическом виде в состав радиосистемы *SDR* входят следующие элементы: источник питания, антенна, широкополосный преобразователь частоты, АЦП/ЦАП и процессор с интерфейсами связи. При этом функции, которые традиционно выполняют смесители, фильтры и демодуляторы, реализуются программно согласно параметрам модулированных сигналов и стандартов связи. Вычислительные функции *SDR* могут реализовываться с помощью различных устройств. Это может быть процессор общего назначения, цифровой сигнальный процессор, а при необходимости в большей производительности – программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) или интегральная схема общего назначения [2].

Технология *SDR* позволяет производить разработку приемо-передающей аппаратуры, которая может обеспечивать поддержку большого количества стандартов связи. Адаптация *SDR*-устройства под другие стандарты связи выполняется только программными методами и не несет за собой изменения в аппаратной части. Отличительными особенностями таких устройств являются:

- сверхширокополосная и малозумящая радиочастотная часть, обладающая большим динамическим диапазоном;
- высокоскоростной тракт аналого-цифрового преобразования с большим динамическим диапазоном;

- сигнальный процессор, обладающий большой вычислительной мощностью;
- специализированный цифровой тракт фильтрации [3].

Функциональная схема программноопределяемого радио включает программную часть, выполняющую большую часть функций по обработке сигналов и управлению аппаратной частью, и аппаратную часть, выполняющую функции, недоступные для программной реализации. Программное выполнение таких радиотехнических функций, как фильтрация, модуляция/демодуляция, формирование модулированного сигнала, детектирование модулированного сигнала, реализовано и в существующих радиостанциях. Программно-конфигурируемое радио требует реализации этих функций для сигналов различных стандартов связи, т.е. с различной несущей частотой, шириной канала, типом модуляции и скоростью передачи информации.

Архитектура программной части *SDR* состоит из пяти элементов.

Функция программной части *SDR* сводится к распределению ресурсов аппаратных средств для их использования различными приложениями связи.

Первым этапом является обеспечение взаимодействия *SDR*-приемника с персональным компьютером. При этом необходимо обеспечить взаимодействие с ПК большинства используемых ныне *SDR*-устройств. Программное обеспечение *Zadig* позволяет в автоматическом режиме установить драйвера на используемый *SDR*-устройством интерфейс (в ОС *Windows 7* – интерфейс *Bulk-In, Interface 1*).

Реализация большого количества типов модуляции позволяет оператору работать с большим количеством сигналов, представляющих интерес при анализе радиоэлектронной обстановки. Библиотека *Liquid* реализует функции цифрового сигнального процессора (*DSP – Digital Signal Processor*), обладая необходимым набором функций для обработки сигналов с различными видами модуляции. Необходимо добавить, что требуется реализация алгоритмов модуляции как аналоговых, так и цифровых сигналов.

Реализация аудиопотока и функций для работы с ним позволяет оператору прослушать принимаемый сигнал, а также, в случае необходимости, сохранить аудиозапись сигнала для дальнейшей обработки. Для эффективной работы с аудиопотоками необходима реализация функций, реализующих своевременную активацию, выключение и уничтожение аудиопотока. Также необходима реализация мьютекса, позволяющего разграничить доступ определенного потока к вычислительным ресурсам компьютера. Это позволяет избежать возникновения ошибок при обращении к памяти или ресурсам процессора.

Визуализация данных предоставляет оператору в реальном времени отслеживать состояние сигнала и его изменения. Для этого необходимы реализации классов, определяющие функционирование и графическое отображение спектра полосы частот, амплитудно-временной характеристики (водопада), а также выделенной полосы частот, определяемой в соответствии с выбранным видом модуляции сигнала. Также важным элементом является графический интерфейс, предоставляющий оператору необходимые ему функции для работы с сигналами, в удобном виде.

Архитектура программной части *SDR* представлена на рис. 1.

Данная архитектура представляет собой минимальный набор компонентов, описывающих функционирование программного обеспечения, реализующего обработку цифровой информации с *SDR*-приемника.

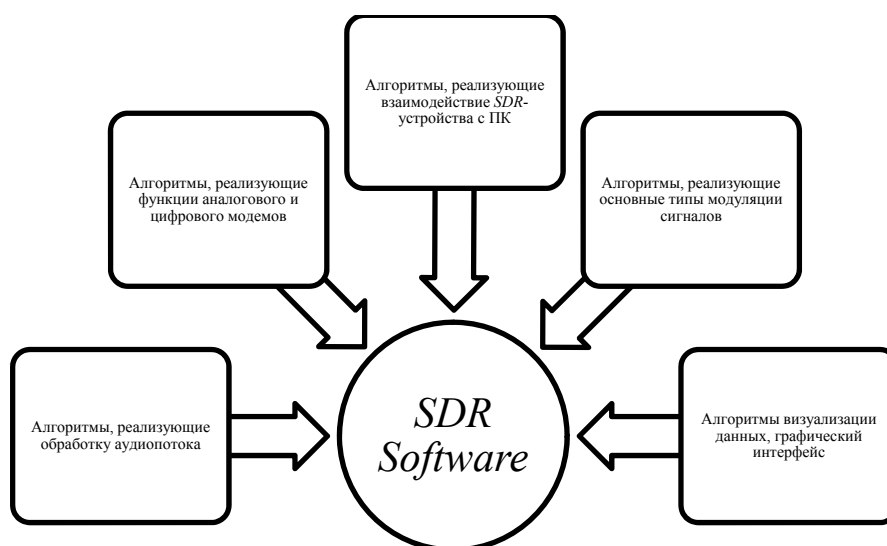


Рис. 1. Архитектура программного обеспечения *SDR*

Применение технологии *SDR* позволяет принимать и передавать сигналы с использованием различных частот и стандартов, выбор которых зависит от самых разных факторов. Данная концепция позволяет заменить огромное разнообразие существующих и разрабатываемых конструкций радиоприемников и трансиверов, как серийных, так и любительских, на ограниченное число доступных аппаратных блоков, работающих под управлением специально разработанного программного обеспечения. Это приведет к упрощению и удешевлению конструкций, значительному улучшению характеристик, поддержке любых видов модуляции, появлению большого количества сервисных функций. Это стало возможно с появлением доступных быстрых ЦАП/АЦП и снижением стоимости персональных ЭВМ и *DSP*.

Несмотря на то, что уже существует программная поддержка для устройств *SDR*, существующие программные решения обладают рядом недостатков. К их числу можно отнести большое количество занимаемой памяти, большое количество неиспользуемых или малоиспользуемых функций, замусоренность кода. В связи с этим возникает необходимость в разработке комплекса программных средств, реализующих функции программно-определяемой радиосистемы, обладающей «дружественным» интерфейсом и включающей функции, необходимые оператору БПЛА для оперативного решения задач по мониторингу радиоэлектронной обстановки.

Список литературы и источников

1. Ищук, В. И. Принцип построения радиоэлектронного оборудования комплексов с беспилотными летательными аппаратами ВМФ / В. И. Ищук, В. А. Мочалов // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами. – 2016. – С. 95 – 100.
2. Рябов, И. В. Принципы программно-определяемых радиосистем и их применение в рамках задачи исследования метеорной радиосвязи / И. В. Рябов, С. В. Толмачев, А. А. Лебедева // Технические науки. – 2016. – № 7. – С. 59 – 66.
3. Малыгин, Д. В. Бортовой радиотехнический комплекс «Полиморф» многоцелевой платформы «Синергия» блочно-модульного типа / Д. В. Малыгин // Малые космические аппараты: производство, эксплуатация и управление. – 2017. – С. 377 – 379.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-48-480001 «Разработка, исследование и оптимизация энергосберегающих электротехнических и электроприводных автоматизированных комплексов для плазменных, электрометаллошлаковых и индукционных технологий и агрегатов»

А. С. Белоусов, аспирант, **В. Н. Мещеряков**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой электропривода (Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВЕКТОРНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ДВУХПЛЕЧЕВЫМ ИНВЕРТОРОМ ДЛЯ ДВУХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Аннотация. Для повышения энергоэффективности маломощных установок предполагается замена конденсаторных двигателей на регулируемые двухфазные с двухплечевым инвертором, управляемым по пространственно-векторной модуляции. Описываются принципы создания нулевых векторов для снижения числа коммутаций.

Ключевые слова: двухфазный двигатель, двухплечевой инвертор, пространственно-векторная модуляция, нулевые векторы.

Одной из ведущих тенденций повышения энергоэффективности является замена нерегулируемых электроприводов на регулируемые. Однако, в бытовых и маломощных промышленных механизмах до сих пор используются нерегулируемые конденсаторные двигатели и двигатели постоянного тока. Заменой им могут служить двухфазные электродвигатели с преобразователем частоты [1]. Проблема разработки системы управления таким преобразователем широко исследовалась в зарубежной литературе [2, 3]. Популярным направлением является улучшение системы управления с коммутацией ключей инвертора по принципам пространственно-векторной модуляции (ПВШИМ). Однако, в зависимости от типа инвертора (рис. 1) возможны три вида ПВШИМ, каждый из которых должен иметь собственный алгоритм коммутации [4].

Двухплечевой инвертор имеет наименьшее количество ключей, следовательно, его система управления будет иметь меньшие размеры и меньшую стоимость, что крайне важно для бытового использования [4]. Но алгоритм управления для такой системы не определен окончательно. Вопрос наличия или отсутствия нулевых векторов ПВШИМ у двухплечевого инвертора остается открытым. Цель данной работы – выяснить условия возникновения нулевых векторов для дальнейшего формирования нового алгоритма управления, предполагающего меньшее количество коммутаций ключей инвертора, следовательно, большую энергоэффективность.

В зависимости от знака напряжения на каждой обмотке период синусоид напряжений двухфазного двигателя можно разбить на 4 участка (рис. 2). Эти участки достигаются при последовательной смене состояний ключей: 10 – 11 – 01 – 00, где «1» соответствует срабатыванию ключа верхней группы, а «0» – несрабатыванию, ключи нижней группы комплементарны верхним.

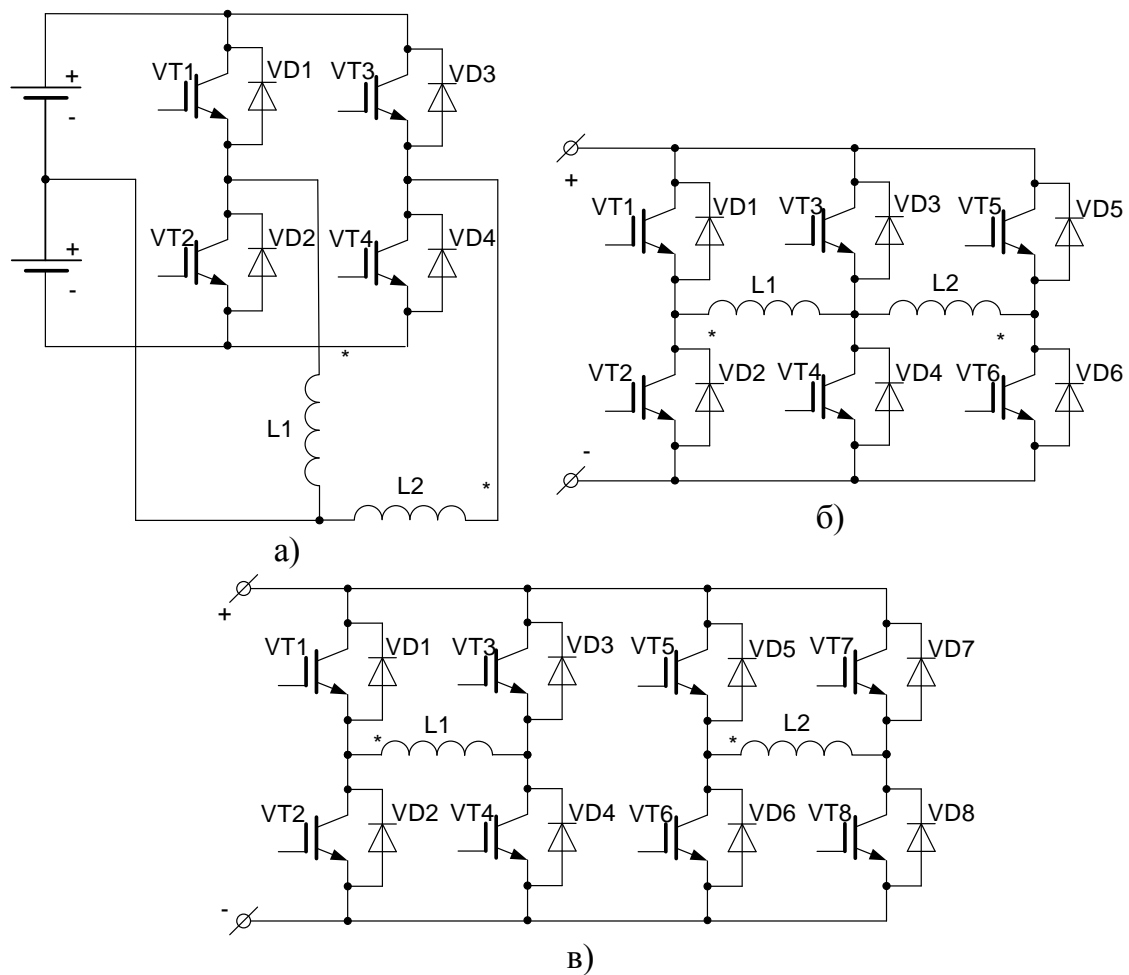


Рис. 1. Виды конструкции инвертора двухфазного преобразователя частоты:
а – двухплечевой; *б* – трехплечевой; *в* – четырехплечевой

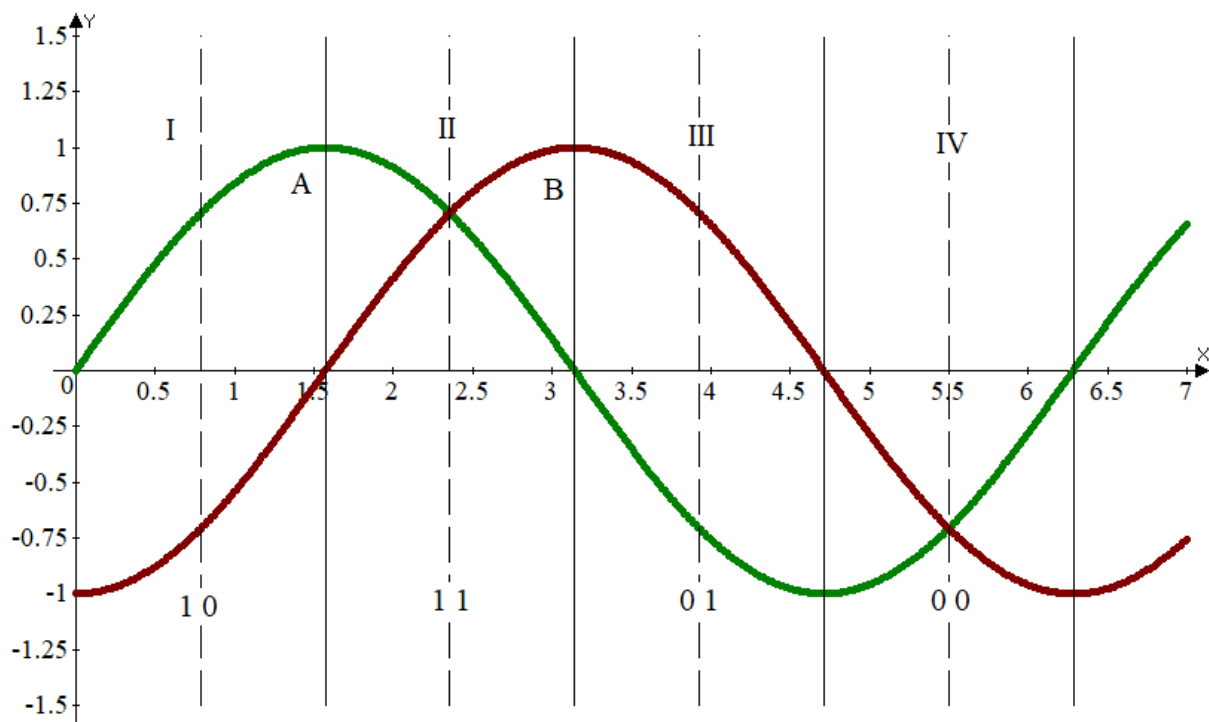


Рис. 2. Синусоиды двухфазного двигателя

По такому подходу нулевые пространственные векторы у двухплечевго инвертора невозможны [2]. Максимальное напряжение на одной обмотке будет равно половине напряжения звена постоянного тока, так как второй конец каждой обмотки всегда подключен к средней точке звена постоянного тока (1). Выглядит естественным отложить пространственные векторы в системе координат ab , двухфазный двигатель не требует необходимости перевода значений из одной неподвижной системы координат в другую (2).

$$U_{a \max} = U_{b \max} = \frac{1}{2} U_{dc}. \quad (1)$$

$$10: U_a = \frac{1}{2} U_{dc}, U_b = -\frac{1}{2} U_{dc},$$

$$11: U_a = \frac{1}{2} U_{dc}, U_b = \frac{1}{2} U_{dc},$$

$$01: U_a = -\frac{1}{2} U_{dc}, U_b = \frac{1}{2} U_{dc},$$

$$00: U_a = -\frac{1}{2} U_{dc}, U_b = -\frac{1}{2} U_{dc}.$$

Ни один из векторов не лежит на осях системы координат ab . Однако, в системе координат $\alpha\beta$ первый пространственный вектор откладывается по оси α (состояние 10). Составим перевод векторов из системы ab в систему $\alpha\beta$ (рис. 3):

$$10: U_a = \frac{1}{2} U_{dc}, U_b = -\frac{1}{2} U_{dc},$$

$$\begin{cases} U_{10\alpha} = U = \sqrt{U_a^2 + U_b^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} U_{dc}\right)^2 + \left(-\frac{1}{2} U_{dc}\right)^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{dc} = 0,707 U_{dc}, \\ U_{10\beta} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

$$11: U_a = \frac{1}{2} U_{dc}, U_b = \frac{1}{2} U_{dc} \quad \begin{cases} U_{11\alpha} = 0, \\ U_{11\beta} = 0,707 U_{dc}, \end{cases} \quad (4)$$

$$01: U_a = -\frac{1}{2} U_{dc}, U_b = \frac{1}{2} U_{dc} \quad \begin{cases} U_{01\alpha} = -0,707 U_{dc}, \\ U_{01\beta} = 0, \end{cases} \quad (5)$$

$$00: U_a = -\frac{1}{2} U_{dc}, U_b = -\frac{1}{2} U_{dc} \quad \begin{cases} U_{011\alpha} = 0, \\ U_{011\beta} = -0,707 U_{dc}. \end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, получаем 4 точки, отмеченные на рис. 3. Из нуля к этим точкам ведут пространственные векторы. Один цикл синусоидальной волны соответствует одному повороту квадрата. Пространственные векторы являются стационарными, а опорный вектор вращается со скоростью основной частоты выходного напряжения инвертора, он совершает один оборот за один цикл основной частоты. На выходе заданное напряжение предстает синусоидальным. Конец вращающегося вектора образует окружность, вписанную в квадрат. Зависимость абсциссы и ординаты пространственного вектора от косинуса и синуса угла поворота в общем виде для текущего вектора « n »:

$$U_n = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{dc} e^{j \frac{\pi(n-1)}{2}}, \quad (7)$$

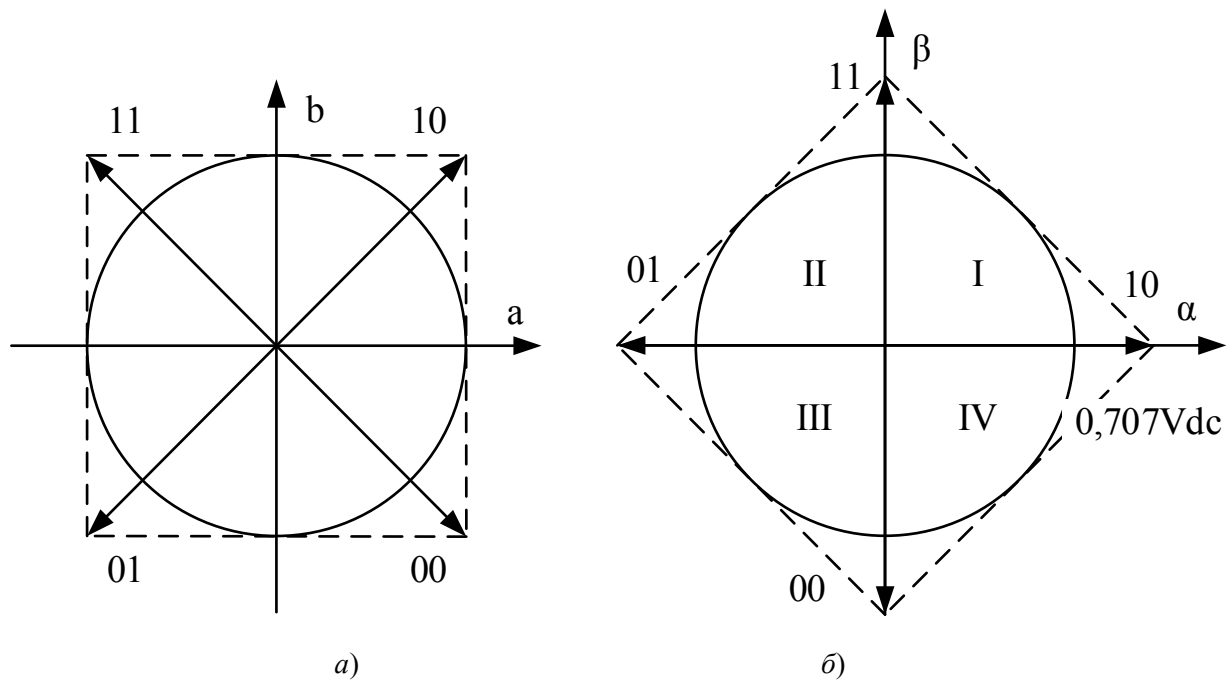


Рис. 3. Пространственные векторы: в системе координат ab (а), в системе координат $a\beta$ (б)

Время действия различных пространственных векторов рассчитывается по «эквивалентному вольт-секундному принципу» [5]. Согласно нему произведение заданного напряжения и периода коммутации ($v_s^* T_s$) должно быть равно сумме произведений напряжения, действующих в данном секторе, на периоды времени их воздействия (t_a, t_b, t_0), включая нулевые векторы. Так для первого сектора:

$$v_s^* T_s = U_1 t_a + U_2 t_b + U_0 t_0, \quad (8)$$

$$T_s = t_a + t_b + t_0, \quad (9)$$

$$v_s^* = |v_s^*| e^{j\alpha}, \quad U_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{dc} e^{j0}, \quad U_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{dc} e^{j\frac{\pi}{2}}, \quad U_0 = 0, \quad (10)$$

$$|v_s^*| \cos \alpha T_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{dc} t_a, \quad (11)$$

$$|v_s^*| \sin \alpha T_s = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{dc} t_b, \quad (12)$$

$$t_{b1} = \frac{\sqrt{2} |v_s^*|}{U_{dc}} \sin \alpha T_s, \quad (13)$$

$$t_{a1} = \frac{\sqrt{2} |v_s^*|}{U_{dc}} \cos \alpha T_s = \frac{\sqrt{2} |v_s^*|}{U_{dc}} \sin \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) T_s, \quad (14)$$

$$t_{an} = \frac{\sqrt{2} |v_s^*|}{U_{dc}} \sin \left(n \frac{\pi}{2} - \alpha \right) T_s, \quad (15)$$

$$t_{bn} = \frac{\sqrt{2} |v_s^*|}{U_{dc}} \sin \left(\alpha - (n-1) \frac{\pi}{2} \right) T_s. \quad (16)$$

Если нулевых векторов при данной схеме нет, о чем говорилось в [2], тогда время действия нулевого вектора должно быть равно 0:

$$\begin{aligned}
 t_0 &= T_s - t_a - t_b = T_s - \frac{\sqrt{2}|v_s^*|}{U_{dc}} \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) T_s - \frac{\sqrt{2}|v_s^*|}{U_{dc}} \sin(\alpha) T_s = \\
 &= T_s \left(1 - \frac{\sqrt{2}|v_s^*|}{U_{dc}} \left(\sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + \sin \alpha \right) \right) = T_s \left(1 - \frac{\sqrt{2}|v_s^*|}{U_{dc}} (\cos \alpha + \sin \alpha) \right).
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Оказывается, что нулевые векторы отсутствуют лишь при определенных углах и возможны при условии одновременного несрабатывания ключей одного плеча. Такому состоянию соответствует уже предусмотренная задержка времени для защиты от короткого замыкания, принимаемая как время действия нулевого вектора. Правило коммутации ключей инвертора показано на рис. 4.

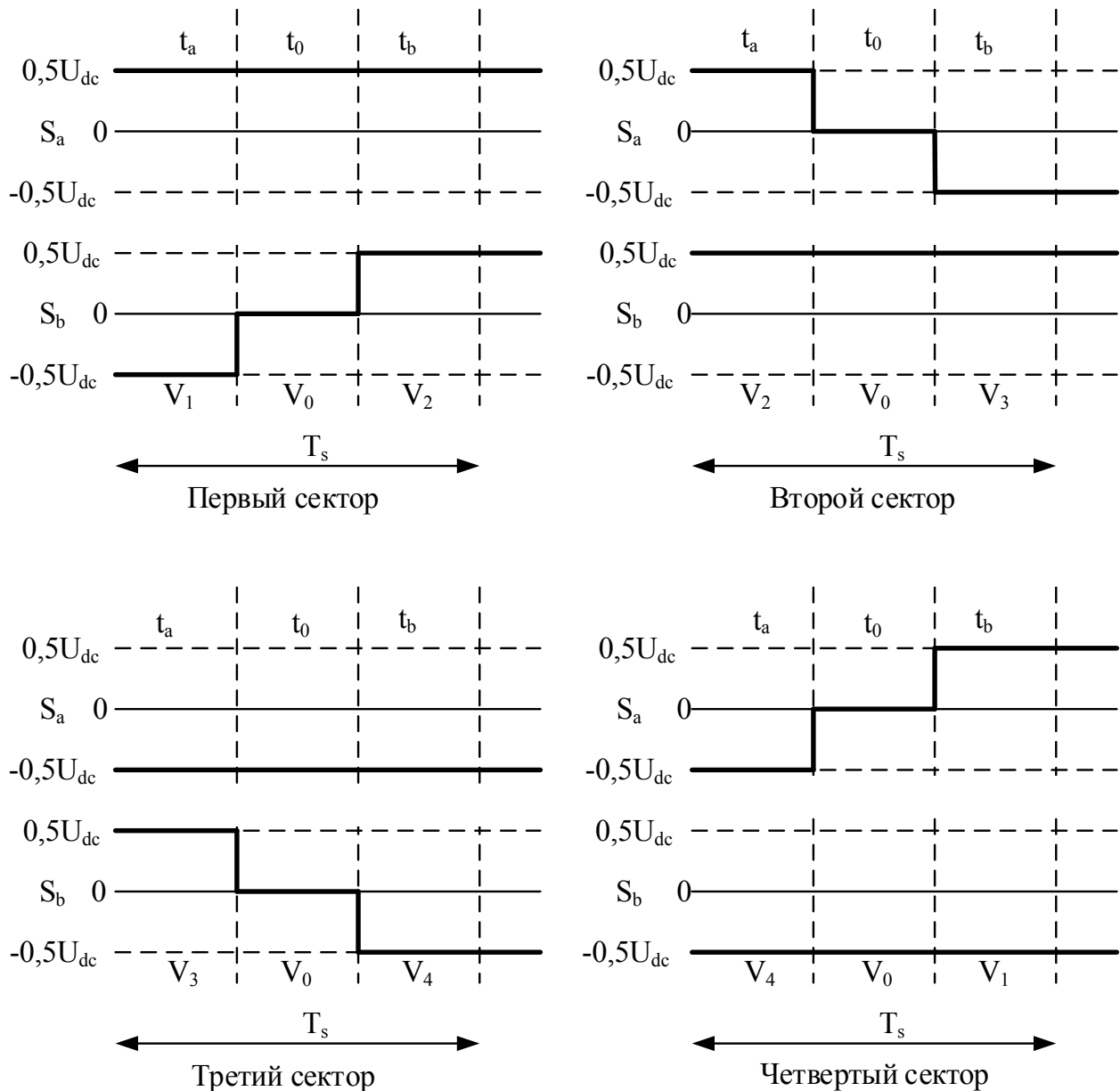


Рис. 4. Правила коммутации двухплечевого инвертора

Для уменьшения числа коммутаций в [2] использовали «симметричную» ПВШИМ, когда на первом периоде коммутаций идет комбинация $V_1-V_0-V_2$, а на следующем за ним $V_2-V_0-V_1$ при условии, что по завершении первого периода вектор напряжения остается в том же секторе. Принцип симметричности соседних периодов можно использовать и с данными правилами.

Итак, в данной статье было доказано, что при использовании пространственно-векторной модуляции двухфазного электропривода с двухплечевым инвертором напряжения неизбежны состояния, соответствующие нулевым пространственным векторам. Регулирование задержек времени по предложенным правилам позволит снизить число коммутаций инвертора, что уменьшит нагрев и повысит отказоустойчивость.

Список литературы и источников

1. Беспалов, В. Я. Сравнительные характеристики асинхронных двигателей с трехфазными и двухфазными обмотками для частотно-регулируемого электропривода / В. Я. Беспалов, Е. В. Качалина // *Электричество*. – 2010. – № 7. – С. 45 – 48.
2. Jang, D. H. Space-vector PWM technique for two-phase inverter-fed two-phase induction motors / D. H. Jang, D. Yoon // *IEEE Transactions on Industry Applications*. – 2003. – V. 39. – No. 2. – P. 542 – 549.
3. Drive for a symmetrical two-phase induction machine using vector modulation / D. C. Martins et al. // *IEEE Transactions on Industry Applications*. – 2006. – V. 126. – No. 7. – P. 835 – 840.
4. Jang, D. H. PWM methods for two-phase inverters / D. H. Jang // *IEEE industry Applications magazine*. – 2007. – V. 13. – No. 2. – P. 50 – 61.
5. Abu-Rub, H. High performance control of AC drives with MATLAB/Simulink models / H. Abu-Rub, A. Iqbal, J. Guzinski // John Wiley & Sons Ltd, United Kingdom. – 2012. – 482 p.

И. В. Бусин, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов,
С. А. Нагорнов, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов,
А. Ю. Корнев, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Аннотация. Представлен результат многофакторного эксперимента по определению зависимостей изменения физико-химических показателей от условий комплексной обработки дизельного топлива.

Ключевые слова: комплексная обработка, нефтепродукты, механоактивация, многофакторный эксперимент.

Проблема некачественного топлива остается достаточно актуальной как с точки зрения устойчивого развития АПК, так и экономической проблематики. Одной из причин этого является ориентированность потребителя на стоимость топлива на фоне постоянного роста акцизов и общей отпускной цены литра горючего, что позволяет отдельным недобросовестным поставщикам сбывать недоброкачественную продукцию привлекая потребителя низкой ценой [1 – 3].

С целью определения влияния процессов механоактивации на светлые не кондиционные нефтепродукты, была изготовлена лабораторная установка (рис. 1), состоящая из насоса Gespasa CG-150, статического смесителя-активатора (на основе эффекта Ранка–Хилша), емкости для обрабатываемого нефтепродукта, реагента, термопары, манометра и системы трубопроводов.



Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки для комплексной обработки нефтепродуктов

1. Характеристики модельного дизельного топлива для проведения исследований

Показатели	Модельное топливо	ГОСТ 305 л / з	ГОСТ Р 52368
Фракционный состав:			
10% (по объему) перегоняется при t , °С	201		
50% (по объему) перегоняется при t , °С	282	$\leq 280 / 280$	Не выше 280
95% (по объему) перегоняется при t , °С	369		Не выше 360
96% (по объему) перегоняется при t , °С	375	$\leq 360 / 340$	–
Коксуемость 10% остатка, %	0,49	$< 0,30$	$< 0,30$
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,71	3,0...6,0 / 1,8...5,0	–
Температура помутнения, °С	– 5	– 5 / –25	–
Температура застывания, °С	– 13	–10 / –35	–
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	63	Выше 62 / 40	Выше 55
Плотность при 20 °С, кг/м ³	817	$< 860 / 840$	–
Общее содержание серы, мг/кг	680	От 500 до 2000	От 10 до 350
Массовая доля меркаптановой серы, %	0,14	Не более 0,01	–
Содержание фактических смол, мг/100см ³	106	$< 60 / 30$	–

Для определения влияния параметров обработки на свойства нефтепродуктов использовали модельное дизельное топливо с исходными характеристиками (табл. 1), в некоторых случаях не соответствующими нормативным требованиям.

В качестве реагента применялся водно-спиртовой раствор гидроперита, содержащий 30...35% пероксида водорода и не менее 25% карбамида.

В соответствии с методикой многофакторного эксперимента, были выделены основные параметры (факторы) обработки, влияющие на изменение физико-химических показателей и эксплуатационных свойств, определены интервалы их варьирования и произведено кодирование переменных уравнений регрессии.

Планирование экспериментов осуществляли в соответствии с ортогональным центрально-композиционным планом для трех факторов, варьируемых на 5 уровнях (табл. 2 и 3), что позволяет существенно сократить количество экспериментов.

2. Параметры ортогонального центрально композиционного плана для трех факторов

Число факторов	Ядро плана	Число звездных точек	Всего опытов в плане	α	β
3	2 ³	6	15	1,215	0,7303

3. Кодированные значения и интервалы варьирования параметров обработки в соответствии с методикой факторного эксперимента

Параметр (фактор)	Верхний уровень +1	Основной уровень 0	Нижний уровень -1
τ – время обработки, мин (x_1)	30	15,5	1
P – давление на входе в смеситель, кгс/см ² (x_2)	8	4,5	1
C – концентрация реагента, % (x_3)	5	3	1

Ортогональность ЦКП достигают с одной стороны выбором величины звездного плеча α и числом опытов в центре плана n_0 , с другой – специальными преобразованиями квадратичных переменных и свободного члена [4, 5].

Из-за большого объема экспериментальных исследований для определения дисперсии воспроизводимости решено было ограничиться тремя параллельными опытами в центре плана.

При определении значимости коэффициентов уравнений регрессии по критерию Стьюдента его значение для трех степеней свободы и 95 %-ном уровне значимости составило 2,776445105 [6]. Табличный критерий Фишера при уровне значимости 0,05 равен 19,4 для $f_1 = 15 - (3 - 1) = 11$ и $f_2 = 3 - 1 = 2$ соответственно [7].

В качестве функций отклика, зависящих от выбранных факторов (параметров обработки), рассматривали: фракционный состав дизельного топлива – температура перегонки 10, 50 и 95% ($T_{10\%}$, $T_{50\%}$, $T_{95\%}$); коксуемость 10% остатка ($K_{10\%}$), содержание фактических смол, мг/100см³(СФС).

По результатам реализации плана многофакторного эксперимента получены уравнения регрессии второго порядка, описывающие зависимость функций отклика от выбранных факторов в закодированном виде, с учетом значимости коэффициентов:

Зависимость температуры перегонки 10% дизельного топлива:

$$T_{10\%} = 193,427 - 6,333x_1 - 0,841x_2 - 0,737x_3 - 1,654x_3^2.$$

Зависимости температуры перегонки 50 % дизельного топлива:

$$T_{50\%} = 266,489 - 12,085x_1 - 2,649x_2 + 1,750x_2x_3 + 1,750x_1x_2x_3 + 2,990x_1^2 + 1,975x_2^2 - 1,749x_3^2.$$

Как видим, температура отгонки 10% топлива имеет прямую зависимость от каждого параметра обработки, для перегонки 50% прослеживается зависимость не только от каждого параметра обработки, но и от их взаимодействия.

Зависимость температуры перегонки 95% дизельного топлива (рис. 2):

$$T_{95\%} = 357,089 - 9,620x_1 - 2,557x_2 - 2,368x_3 - 1,625x_1x_3 + 3,783x_1^2 + 3,107x_3^2.$$

По результатам проведенных исследований установлено, что с увеличением времени обработки, давления и концентрации реагента температура выкипания 10% топлива снижается, максимум, на 8% от исходного значения.

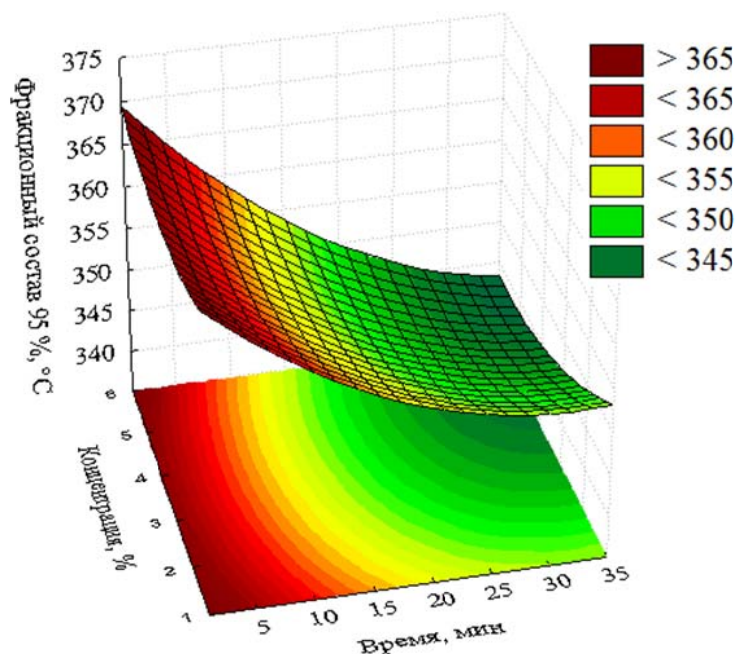


Рис. 2. Поверхность отклика температуры отгонки 95% обрабатываемого топлива в зависимости от времени обработки и концентрации реагента (давление 4,5 кгс/см²)

Температура выкипания 50% топлива характеризует его среднюю испаряемость, влияющую на приемистость, прогрев и устойчивость работы двигателя, а также плавность перехода с одного режима на другой. Чем ниже температура, при которой выкипает 50% топлива, тем выше его испаряемость и тем лучше приемистость и устойчивость работы двигателя на данном сорте топлива. По результатам проведенных исследований установлено, что с увеличением времени обработки и давления температура выкипания 50% топлива снижается, максимум, на 12% от исходного значения.

Температура выкипания 95% топлива определяет полноту испарения топлива в двигателе. При слишком высоких значениях топливо не успевает полностью испариться и конденсируется на внутренних поверхностях камеры сгорания, приводя к повышенному нагарообразованию, разжижению масла и ускорению процессов износа деталей цилиндро-поршневой группы и клапанов. В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением времени обработки, давления и концентрации реагента температура выкипания 95% топлива снижается, максимум, на 7% от исходного значения.

Уравнение регрессии для коксуемости 10% остатка (рис. 3):

$$K_{10\%} = 0,432 - 0,034x_1 - 0,013x_3 - 0,014x_1 x_3 + 0,028 x_1^2 .$$

Максимальное снижение показателя коксуемости 10% остатка топлива после обработки составило 22%. Таким образом, изменяя время обработки и концентрацию реагента можно добиться практически полной нормализации показателя, особенно если превышение не слишком значительное.

Уравнение регрессии в кодированных переменных для определения зависимости содержания фактических смол от выбранных факторов имеет вид (рис. 4):

$$\text{СФС} = 62,511 - 30,875x_1 - 4,102x_2 - 11,365x_3 - 4,250x_1 x_3 + 14,911 x_1^2 + 6,787 x_3^2 .$$

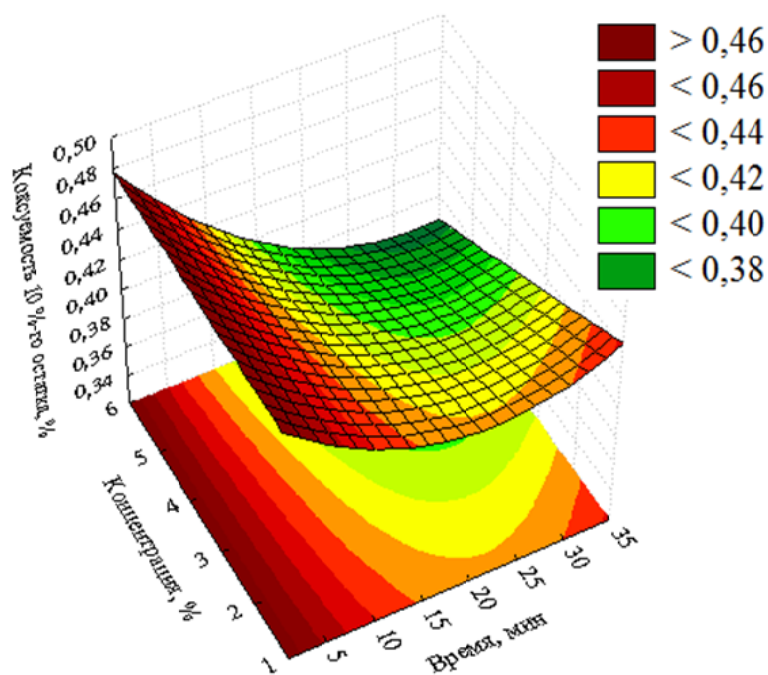


Рис. 3. Поверхность отклика коксуемости 10 %-ного остатка обрабатываемого топлива в зависимости от времени обработки и концентрации реагента (давление 4,5 кгс/см²)

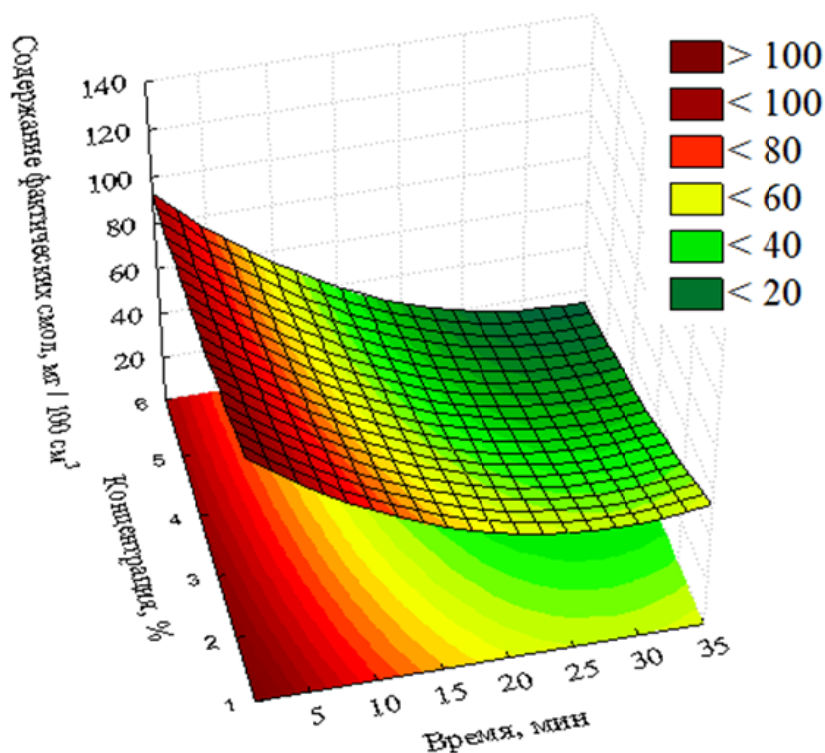


Рис. 4. Поверхность отклика содержания фактических смол в обрабатываемом топливе в зависимости от времени обработки и концентрации реагента (давление 4,5 кгс/см²)

Наибольшее влияние на содержание фактических смол, как и на температуру отгонки 95%, коксуемость 10% остатка топлива оказывают время обработки и концентрация реагента, а также сочетание этих факторов.

Адекватность всех полученных моделей проверялась по F-критерию Фишера. Полученные модели адекватно описывают исследуемые процессы.

Таким образом, установлено, что изменяя концентрацию реагента в пределах 3...5% и время обработки в статическом смесителе-активаторе от 15 до 30 мин при постоянном давлении 4,5 кгс/см², можно добиться нормализации необходимых показателей некондиционного дизельного топлива – снизить содержание смолистых соединений, уменьшить коксуемость 10% остатка и облегчить фракционный состав, что в конечном итоге должно положительно сказаться на эксплуатационных характеристиках обрабатываемого топлива и работающей с/х техники.

Список литературы и источников

1. Контроль качества светлых нефтепродуктов на сельскохозяйственных предприятиях / А. Ю. Корнев, А. П. Ликсутина, С. А. Нагорнов, И. В. Бусин, Б. Т. Алибаев // Современные задачи инженерных наук : сб. науч. трудов VI Междунар. науч.-техн. симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ – 2017». – 2017. – С. 80 – 85.
2. Корнев, А. Ю. Причины снижения качества светлых нефтепродуктов, используемых в сельском хозяйстве / А. Ю. Корнев, А. Ю. Бектилезов, Б. Т. Алибаев // Наука в центральной России. – 2016. – № 4(22). – С. 15 – 26.
3. Корнев, А. Ю. Связь качества моторного топлива с современным состоянием нефтескладов / А. Ю. Корнев, С. А. Нагорнов, Б. Т. Алибаев // Наука в центральной России. – 2016. – № 4(22). – С. 26 – 35.
4. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1980. – 168 с.
5. Коновалов, В. В. Практикум по обработке результатов научных исследований с помощью ПЭВМ : учебное пособие / В. В. Коновалов. – Пенза : ПГСХА, 2003. – 176 с.
6. Казицына, Л. А. Применение ИК-, УФ- и ЯМР-спектроскопии в органической химии : учебник / Л. А. Казицына, Н. Б. Куплетская. – М. : Высшая школа, 1971. – 246 с.
7. Маслов, Г. Г. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента : учебное пособие для сельскохозяйственных вузов / Г. Г. Маслов, О. Н. Дидманидзе, В. В. Цибулевский – М. : УМЦ «Триада», 2007. – 292 с.

Н. М. Зяблов, специалист 1 кат. по УМР МРЦПК,
С. В. Кочергин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Электроэнергетика»,
Д. А. Джапарова, В. Ф. Калинин, д-р техн. наук, проф.
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

РЕКУРРЕНТНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Приведено описание работы нейронной сети LSTM для задач прогнозирования электропотребления, выполнено ее создание и обучение, осуществлено сравнение результатов прогнозирования с исходными данными, рассчитана ошибка прогноза.

Ключевые слова: инновационная энергетика, прогнозирование электропотребления, машинное обучение, искусственные нейронные сети, LSTM, рекуррентные нейронные сети.

Одно из перспективных направлений исследований в сфере инновационной энергетики состоит в разработке математических моделей и методов прогнозирования электропотребления в узлах электрической нагрузки.

Существующие методы прогнозирования можно разделить на следующие: классические (аналитические, статистические, вероятностные) и интеллектуальные (экспертные системы, искусственные нейронные сети, клеточные автоматы, метод опорных векторов, метод группового учета аргументов, хаотические методы, метод информационной проходки). При этом недостатком классических методов является низкая точность, а также трудоемкость и сложность вычислений, так как необходимо получение наиболее полного описания всех параметров электроэнергетической системы, а также их влияния друг на друга.

Наибольшее распространение в прогнозировании бытовой электроэнергетической нагрузки в последнее время находят методы, основанные на искусственных нейронных сетях. При выборе модели нейронной сети при решении задач прогнозирования электроэнергетических нагрузок необходимо учитывать ее размерность, а точнее количество слоев и количество нейронов в слоях. Низкая точность расчетов связана с недостаточным размером сети, в то же время, большая размерность увеличивает длительность обучения и повышает сложность решаемой задачи. В этой связи, каждая конкретная задача решается экспериментальным путем, а критерием является погрешность прогноза [2].

Существует множество инструментов создания, настройки и обучения искусственной нейронной сети, из которых стоит выделить пакеты Tensor Flow и Theano. Tensor Flow – библиотека, разработанная компанией Google для построения искусственных нейронных сетей. Theano – библиотека численного вычисления. В настоящее время поддержка Theano прекращена, поэтому исследования будут производиться с помощью библиотеки Tensor Flow.

Для работы с этой библиотекой используется среда Python Anaconda. В качестве исследуемой искусственной нейронной сети была выбрана рекуррентная нейронная сеть типа LSTM.

LSTM расшифровывается как Longshort-termmemory – Долгая краткосрочная память – разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей. Как и большинство рекуррентных нейронных сетей, LSTM-сеть является универсальной в том смысле, что при достаточном числе элементов сети она может выполнить любое вычисление, на которое способен

обычный компьютер, для чего необходима соответствующая матрица весов, которая может рассматриваться как программа. В отличие от традиционных рекуррентных нейронных сетей, LSTM-сеть хорошо приспособлена к обучению на задачах классификации, обработки и прогнозирования временных рядов в случаях, когда важные события разделены временными лагами с неопределенной продолжительностью и границами. Относительная невосприимчивость к длительности временных разрывов дает LSTM преимущество по отношению к альтернативным рекуррентным нейронным сетям, скрытым марковским моделям и другим методам обучения для последовательностей в различных сферах применения [1].

LSTM-сеть – это искусственная нейронная сеть, содержащая LSTM-модули вместо или в дополнение к другим сетевым модулям. LSTM-модуль – это рекуррентный модуль сети, способный запоминать значения как на короткие, так и на длинные промежутки времени. Ключом к данной возможности является то, что LSTM-модуль не использует функцию активации внутри своих рекуррентных компонентов. Таким образом, хранимое значение не размывается во времени, и градиент или штраф не исчезает при использовании метода обратного распространения ошибки во времени (англ. Back propagation through time) при тренировке сети [1].

Для создания LSTM нейронной сети использовалась библиотека Keras, которая является надстройкой над библиотеками Tensor Flow, Theano или DeepLearning. Задача этой надстройки – максимально упростить создание и работу с искусственными нейронными сетями и дать возможность работы без глубоких знаний языка программирования Python. В основе созданной модели лежит библиотека Tensor Flow, код программы выглядит следующим образом:

```
keras.layers.LSTMCell(units, activation='tanh',
    recurrent_activation='hard_sigmoid', use_bias=True,
    kernel_initializer='glorot_uniform',
    recurrent_initializer='orthogonal', bias_initializer='zeros',
    unit_forget_bias=True, kernel_regularizer=None,
    recurrent_regularizer=None, bias_regularizer=None,
    kernel_constraint=None, recurrent_constraint=None,
    bias_constraint=None, dropout=0.0, recurrent_dropout=0.0,
    implementation=1)
```

Созданная нейронная сеть содержит 1 слой, содержащий 1 нейрон класса LSTM, показанный на рис. 1, первая функция активации – логарифмический тангенс, вторая функция активации (рекуррентная) – сигмоид. Дополнительные возможности вроде нормализации, пересчета отклонений отключены.

Работа с LSTM нейронными сетями в среде Anaconda позволила загружать весь массив с данными потребления энергии за 5 лет за каждый час, размер массива составил 43 850 значений энергопотребления. Первичные данные имеют вид, показанный на рис. 2.

Для обучения были использованы данные за 4 года, прогнозировалось потребление энергии за пятый год и сравнивалось с данными потребления. Наглядно показать результаты прогнозирования относительно данных потребления не представляется возможным из-за огромного количества значений. Поэтому был показан случайный фрагмент с 60 значениями (рис. 3).

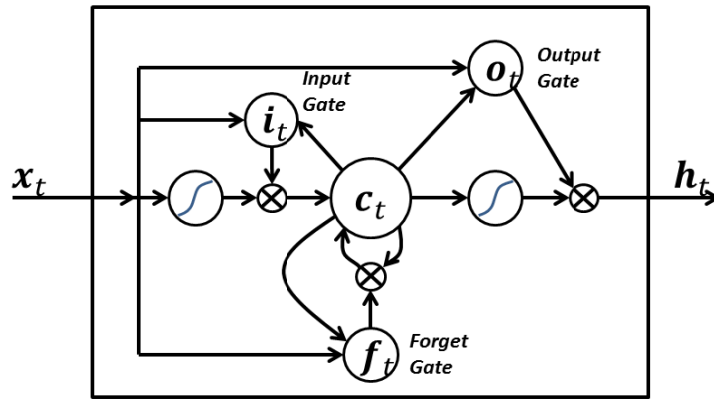


Рис. 1. LSTM-блок

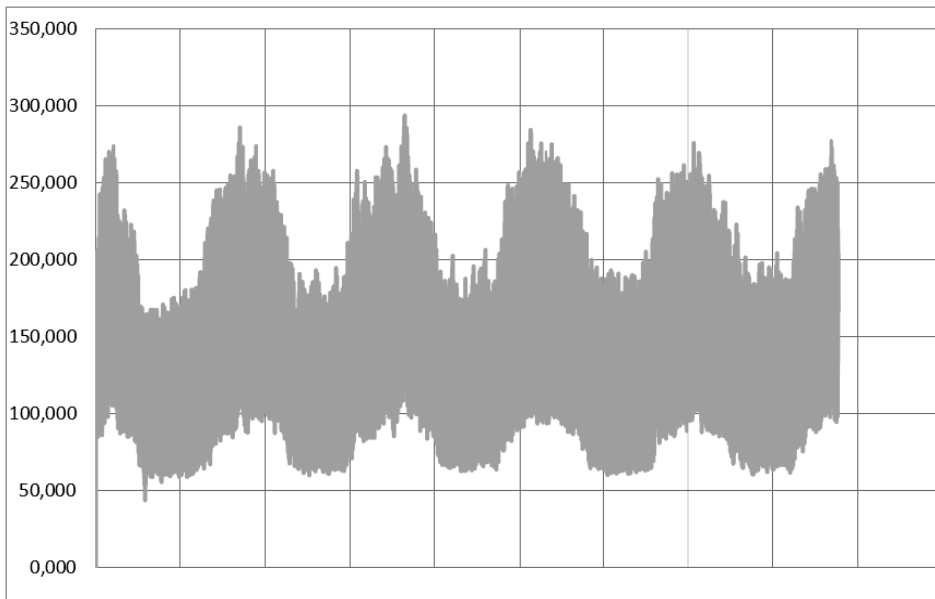


Рис. 2. Данные для загрузки в сеть LSTM

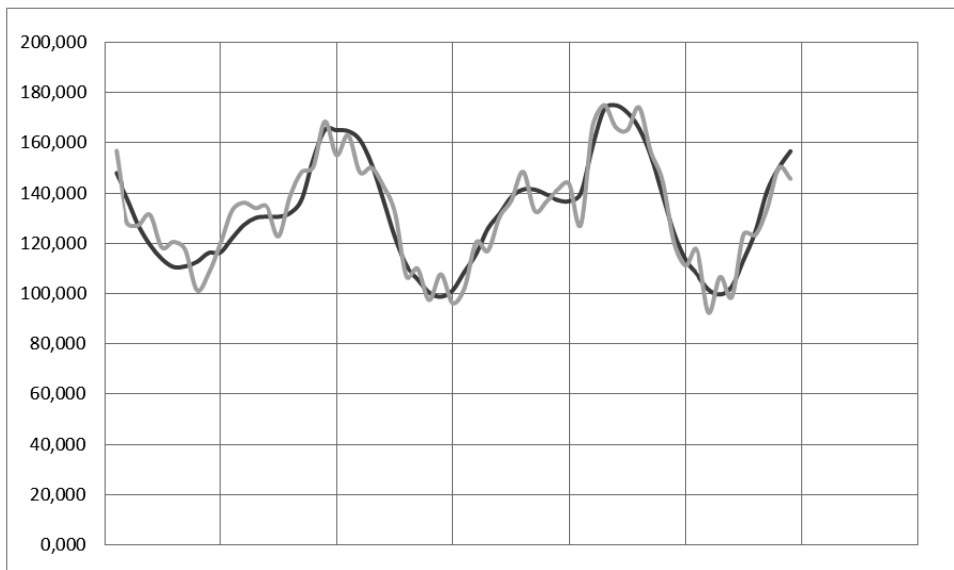


Рис. 3. Результаты работы сети LSTM

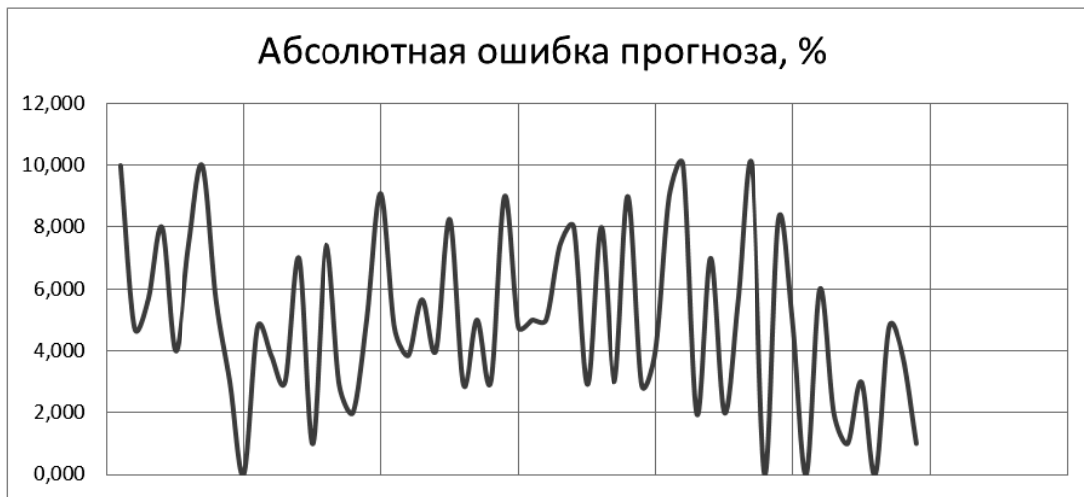


Рис. 4. Абсолютная ошибка прогнозирования

На рисунке 3 светлым цветом показаны данные потребления за пятый год, а темным цветом – результат прогнозирования. Для расчета итоговой точности был выполнен расчет абсолютной ошибки прогноза. Она представлена на рис. 4.

Как можно заметить, абсолютная ошибка прогноза находится в интервале от близких к нулю значений до 10%. Среднее значение абсолютной ошибки прогноза составило 4,9%, отсюда можно высчитать итоговую точность. В произведенном исследовании такая сеть дала точность в 95,1% при работе с выборкой в 48 тысяч значений потребления электроэнергии, с присущими нейронным сетям преимуществами в виде способности реагировать на плавные и резкие изменения входных данных. Другое же значительное преимущество работы с LSTM внутри пакета Anaconda – отсутствие задачи формирования первичных данных для работы НС, подобная сеть берет данные из Excel таблицы напрямую – что ощутимо улучшает удобство и скорость работы по прогнозированию потребления.

Список литературы и источников

1. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL : <http://wikipedia.org> (дата обращения: 16.05.2019).
2. Кобелев, С. В. Нейронные сети и фрактальное моделирование электроэнергетических систем / С. В. Кочергин, А. В. Кобелев, Н. А. Хребтов // Fractal Simulation. – 2012. – № 1(3).

К. В. Иванова, магистр, **В. Ю. Локтев**, магистр
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ЗАЩИТА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ «SMART HOUSE»

Аннотация. Рассмотрена программно-аппаратная защита систем управления «Smart House». Разработан комплекс программно-аппаратной защиты инженерных систем «умного дома», представляющий собой системную интеграцию охранных GSM-сигнализаций, микропроцессорных и аналоговых приборов контроля и управления

Ключевые слова: программно-аппаратная защита, инженерные системы, системная интеграция, инженерно-техническое оборудование.

Управление системами «умного дома» – современное, перспективное направление цифровизации жизни человека. «Умный дом» представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, служащих для управления инженерно-техническим оборудованием и бытовыми устройствами в доме или квартире [1].

Программно-аппаратный комплекс для обеспечения информационной защиты систем автоматизированного управления зданиями выполняет мониторинг за всеми сигналами, распространяющимися в сети, и анализ на предмет исполнения потенциально вредоносного кода. В целом программно-аппаратная защита систем автоматизированного управления зданием решает следующие задачи:

- 1) защиту систем автоматизации зданий, построенных на передаче данных по силовым линиям, например, X10;
- 2) защиту систем автоматизации зданий, построенных на передаче данных по витой паре, например, KNX, C-Bus, использование Industrial Ethernet;
- 3) защиту систем автоматизации зданий, построенных на передаче данных по радиоканалу, например, WiFi, Bluetooth.

В целях обеспечения комплексной безопасности систем автоматизированного управления зданиями от компьютерных атак применяются решения наиболее распространенных проблем, перечисленные ниже.

Проблема контроля сигнала, проходящего через систему передачи информации, решается за счет разработки специального аппаратно-программного комплекса. При этом в разрез витой пары устанавливается специальное управляемое устройство, которое анализирует сигнал, проходящий по витой паре, и в случае необходимости блокирует его. Устройство передает информацию обо всех подозрительных сигналах на центральную серверную стойку системы, где эта информация накапливается, после чего проводится ее тщательный анализ.

Повышение надежности и безопасности передачи информации по линиям электропередачи обеспечивается за счет устройства криптографической защиты данных, передаваемых по силовым линиям. Устройство устанавливается с обоих концов силовой линии. На входе в линию осуществляется аппаратное шифрование данных, а на выходе – дешифрование.

Программно-аппаратным комплексом для обеспечения информационной защиты систем автоматизированного управления зданиями решается также проблема мониторинга и анализа отклонений неизвестной природы, происходящих в системах силовых линий

«умного дома», связанных с попытками сторонними лицами несанкционированно повлиять на работу различных электронных узлов дома.

Аппаратно-программное средство, устанавливаемое на силовую линию, анализирует входящий сигнал и априорную информацию о системе в целом. Данное устройство осуществляет фильтрацию сигнала с дальнейшим его разделением на полезную и случайную составляющие. В результате этой процедуры в канал связи будет передаваться только сигнал, очищенный от случайных либо вредоносных примесей. Беспроводные каналы связи (Wi-Fi, Bluetooth, GSM) широко используются в механизмах управления различными интеллектуальными системами умного дома. Перечисленные каналы данных строятся на небезопасных протоколах и технологиях и требуют дополнительной защиты.

Состав системы может быть различен и зависит от решаемых задач. Наиболее востребованными являются подсистемы управления: микроклиматом (отопление, кондиционирование, регулирование влажности); энергопотреблением (освещение, бытовые электрические приборы); доступом (охрана) [2].

Авторами разработан комплекс программно-аппаратной защиты инженерных систем умного дома и представляет собой системную интеграцию охранных GSM сигнализаций, микропроцессорных и аналоговых приборов контроля и управления.

GSM-сигнализации предназначены для автономной охраны квартир, магазинов, частных домов, дач, гаражей и других объектов от несанкционированного проникновения, пожара, утечки газа, протечки воды и других событий. Микропроцессорные и аналоговые приборы позволяют контролировать в реальном времени температуру, влажность, появление воды в зоне установки датчиков, сопротивление изоляции, предельно допустимые токи и напряжение потребителей, повышение или понижение напряжения любого количества фаз и при обрыве или нарушении порядка их чередования [3].

Системная интеграция заключается в разработке комплексных решений программно-аппаратной защиты объектов различного назначения. Решаются задачи: выбора технического и программного обеспечений, разработки устройств согласования и коммутации сигналов, разработки алгоритмов и программного обеспечения; автономное тестирование компонент; изготовление и комплексное тестирование прототипа.

Технические характеристики комплекса.

GSM сигнализация:

- Напряжение питания – 9...16 В.
- Ток, потребляемый в режиме «охрана» – не более 40 мА.
- Количество беспроводных зон – 10.
- Количество беспроводных датчиков на зону – 10.
- Дальность радиоканала прямой видимости – 100 м.
- Рабочая частота радиоканала – 433 МГц.
- Количество проводных контролируемых выходов – 6.
- Рабочий интервал температур +20...+40 °С.

Приборы контроля и управления:

- Контроль температуры и влажности –40...+125 °С.
- Датчик влажности SHT21.

- Встроенный таймер реального времени с учетом рабочих и выходных дней (5-, 6-, 7-дневная рабочая неделя).
- Принцип определения наличия воды – кондуктометрический или контактными датчиками.
- Напряжение питания датчиков – переменное 9...12 В.
- Гальваническая развязка датчиков – через трансформатор с электрической прочностью изоляции 6 кВ.
- Независимые чувствительные каналы – уровень 1, – уровень 2, уровень 3 – аварийный.
- Контролируемая сеть 220 В.
- Частота контролируемой сети 50...60 Гц.
- Время задержки – реле регулируемое 0...10 с.
- Нижний порог срабатывания защиты – регулируемое 165...215 В.
- Верхний порог срабатывания защиты – регулируемое 225...255 В.
- Рабочий интервал температур –24...+50°C.
- Рабочая влажность воздуха – до 80% при температуре 25 °С.
- Рабочее атмосферное давление – 84...106,7 кПа.

Индустриальные партнеры проекта: Первый электронный завод (Санкт-Петербург), ООО «Вэлл Трейдинг» Охранные системы (Санкт-Петербург).

Список литературы и источников

1. Гололобов, В. Н. «Умный дом» своими руками / В. Н. Гололобов. – М. : НТ Пресс, 2012. – 416 с.
2. Харке, В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве / В. Харке ; пер. с нем. – Техносфера, 2013 – 292 с.
3. Официальный сайт ООО «Вэлл Трейдинг» Охранные системы. – URL : <https://sbis.ru/contragents/7804465802/780401001>

- А. Ю. Корнев**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов,
И. В. Бусин, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов,
А. П. Ликсутина, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов
(Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов, Россия)

ПОВЫШЕНИЕ СМАЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Аннотация. В качестве присадок для современных дизельных топлив могут быть использованы соединения различной химической природы. Большой потенциал имеют исследования по разработке добавок из технического непищевого растительного сырья. В статье представлены результаты исследования изменения смазывающей способности дизельного топлива при добавлении синтезированных соединений.

Ключевые слова: дизельное топливо, смазывающие свойства, присадки.

Надежность работы сельскохозяйственной техники во многом зависит от качества используемого топлива и смазочных материалов. Особенно высокие требования к качеству дизельного топлива предъявляет зарубежная техника, количество которой в хозяйствах страны ежегодно увеличивается. В последние годы в нашей стране постепенно реализуется переход на использование топлив с улучшенными экологическими характеристиками, что особенно важно в сельском хозяйстве, при производстве продуктов питания. В процессе глубокой очистки нефтяных фракций происходит удаление поверхностно-активных соединений, содержащих серу, кислород, азот, и способных защищать поверхности от износа, что ухудшает смазывающую способность топлив, являющихся, помимо всего прочего, смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры, пар трения топливных насосов, штифтов, запорных игл и т.д. [1].

Традиционным способом улучшения смазывающих свойств служит использование специальных присадок [2 – 4], которые добавляются в топлива как непосредственно на заводе, так и на месте использования. В качестве присадок могут быть использованы соединения различной химической природы, например, противоизносными свойствами обладают парафиновые углеводороды, некоторые эфиры, карбоновые кислоты и их производные, азотсодержащие соединения, а также смеси карбоновых кислот или их эфиров с азотсодержащими соединениями. За рубежом широко используют композиции, в состав которых входят различные поверхностно-активные вещества (ПАВ) – амины, амиды, имидазы и кислородсодержащие соединения (гликоли, полигликоли, амипоспирты, их эфиры и комплексы с органическими кислотами) [5 – 8].

Одним из положительных свойств сложных эфиров на основе растительных масел (биотоплив) является более высокая, по сравнению с дизельным топливом, смазывающая

способность, поэтому добавление метилового эфира рыжикового масла (МЭРМ) к нефтяному топливу, также должно положительно сказаться на его смазывающих свойствах.

Амиды высших карбоновых кислот являются поверхностно-активными соединениями и могут влиять на противоизносные свойства дизельного топлива. Для экспериментов использовали смеси товарного дизельного топлива с моноэтаноламидами и триэтаноламидами некондиционного рыжикового масла: МЭАРМ – моноэтаноламины, синтезированные на основе рыжикового масла; МЭАМЭРМ – моноэтаноламины, синтезированные на основе биодизельного топлива (смеси метиловых эфиров растительных масел, МЭРМ); ТЭАРМ – смесь триэтаноламинов и сложных эфиров, синтезированные из рыжикового масла; ТЭАМЭРМ – смесь триэтаноламинов и сложных эфиров, синтезированные из МЭРМ.

Синтез соединений осуществляли с использованием методов тонкого органического синтеза. В трехгорлую колбу наливали 250 мл рыжикового масла или его метилового эфира, 55 мл моноэтаноламина, доводили температуру до 100 °С и добавляли 0,5 г измельченного NaOH. После этого температуру поднимали до 120 – 130 °С и выдерживали реакционную смесь в таких условиях в течении трех часов при периодическом перемешивании. По прошествии указанного времени содержимое колбы выливали в подготовленную тару и оставляли на 10 – 12 часов. Взаимодействие с триэтаноламином проводили при температуре 160...180 °С.

Полученные соединения смешивались с дизельным топливами в количестве 1% от массы чистого топлива, после чего фиксировалось изменение смазывающих свойств.

Как видно из полученных данных (рис. 1, 2), все синтезированные соединения улучшают противоизносные свойства дизельного топлива на 11...25% при 20 °С и на 20...31% при 60 °С.

Наибольший эффект достигается при использовании триэтаноламидов, синтезированных на основе рыжикового масла.

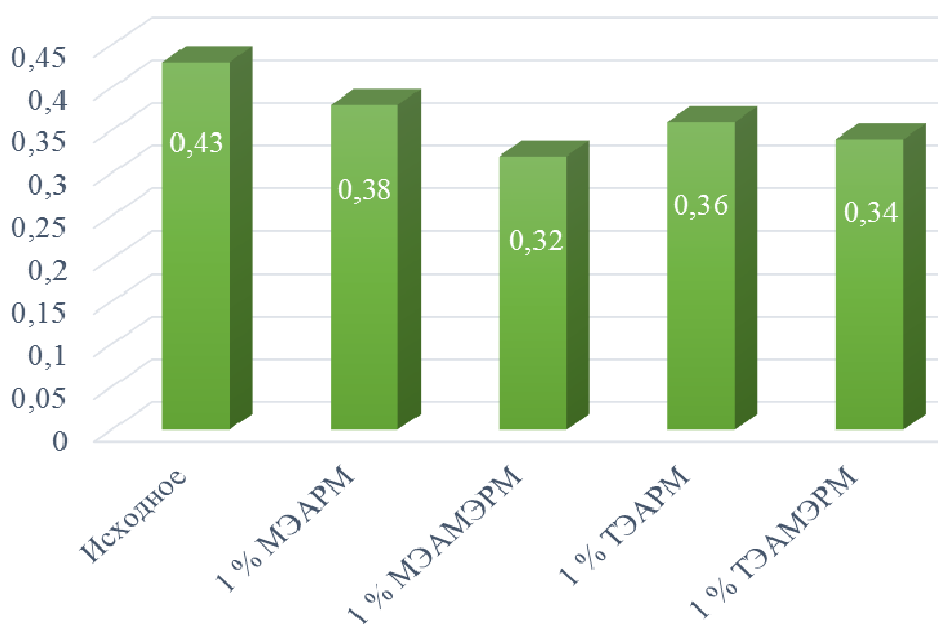


Рис. 1. Изменение смазывающей способности дизельного топлива при 20 °С после добавления 1% синтезированных веществ

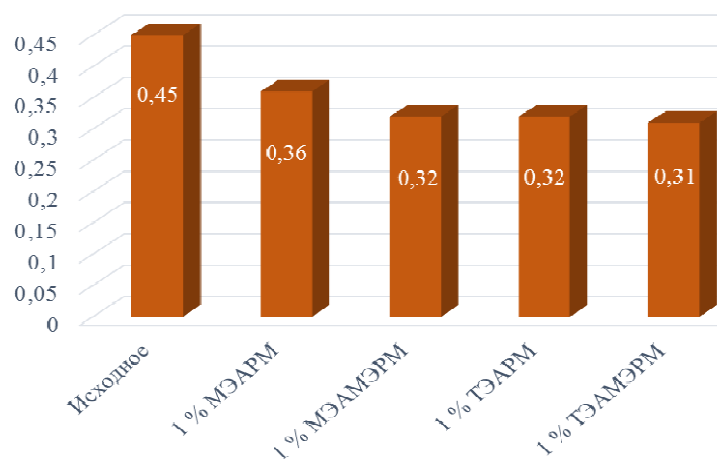


Рис. 2. Изменение смазывающей способности дизельного топлива при 60 °С после добавления 1% синтезированных веществ

Были исследованы и другие производные рыжикового масла – оксидированное (ОРМ) и полимеризованное (ПРМ) масло. Для синтеза оксидированного и полимеризованного растительного масла в трехгорлой колбе, но без использования холодильника, проводили нагрев порции рыжикового масла в течении 4 часов при получении оксидированного масла и 10 часов в случае полимеризации без доступа воздуха. Полученные соединения также добавлялись к дизельному топливу, после чего фиксировалось изменение смазывающих свойств (рис. 3, 4).

Как видно, оксидированное рыжиковое масло проявляет лучшие смазывающие свойства по сравнению с маслом, полимеризованным без доступа воздуха. Полимеризация растительных масел протекает преимущественно с образованием димеров и тримеров, а не длинномолекулярных цепочек.

Таким образом, масла технических непищевых культур (например, масло рыжика) могут служить сырьем для получения добавок, улучшающих смазывающие свойства дизельных топлив. Наиболее выраженным эффектом улучшения смазывающей способности обладают продукты взаимодействия некондиционного рыжикового масла с триэтаноламином, а также оксидированное рыжиковое масло, которые улучшают смазывающие свойства на 15...25% и на 39...49% соответственно в зависимости от условий.



Рис. 4. Изменение смазывающих свойств дизельного топлива после добавления 1% полимеризованного и оксидированного рыжикового масла (20 °С)

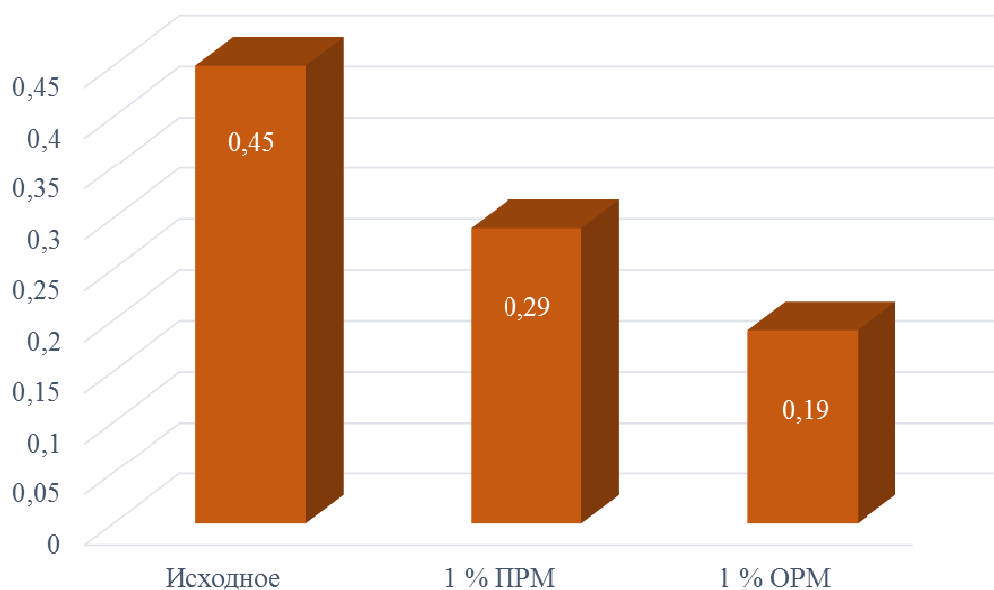


Рис. 3. Изменение смазывающих свойств дизельного топлива после добавления 1% полимеризованного и оксидированного рыжикового масла (60 °С)

Список литературы и источников

1. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В. В. Остриков, А. И. Петрашев, С. Н. Сазонов и др. – Мичуринск, 2017. – 323 с.
2. Пат. на изобретение RUS № 2165958. 2000. Полифункциональная присадка к углеводородному топливу / Нагорнов С. А., Романцова С. В., Клейменов О. А.
3. Исследование действия добавок различной природы на изменение смазывающих свойств дизельного топлива / Б. Т. Алибаев, А. Ю. Корнев, С. В. Романцова, И. В. Бусин // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – 2017. – С. 262 – 266.
4. Исследование влияния многофункциональных добавок на смазочные свойства низкосернистых дизельных топлив / В. В. Остриков, А. Ю. Корнев, И. Н. Шихалев, А. Ю. Бектилезов // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 20 – 27.
5. Пат. 1210135 Китай, МПК7 С 10 L 1/22. Liquid fuel additive / Horio Tadamasa, Lu Youbin. № 97114244 ; заявл. 29.08.97 ; опубл. 10.03.99.
6. Пат. WO 2006101918 МПК7 С 10 L 10/10, С 10 L 10/1. Fuel additive for enhancing combustion efficiency and decreasing emissions / Holcomb Robert; Holcomb Andrew. № WO 2006US09384 20060316 ; опубл. 28.09.06.
7. Пат. 1509325 Китай, МПК7 С 10 L 1/22. Improved fuel additive formulation and method of using same / Arthur R. Foote, Micael Kakin, Magnum Environmental Technologies, Inc. № 01816546 ; заявл. 27.07.01 ; опубл. 30.06.04.
8. Митусова Т. Н., Современные дизельные топлива и присадки к ним / Т. Н. Митусова, Е. В. Полина, М. В. Калинина. – М. : Техника. – 2002. – 64 с.

А. Н. Кустов, В. И. Зацепина (Липецкий государственный технический университет,
Липецк, Россия)

НАДЕЖНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ «ЦИФРОВОЙ СЕТИ»

Аннотация. Приведена краткая характеристика распределительного сетевого комплекса, проведен анализ и составлена статистика повреждений. Предложены решения проблем, которые повысят надежность распределительной сети с помощью внедрения в электросетевой комплекс концепции «цифровых сетей».

Ключевые слова: оптимизация энергопотребления, энергоэффективность, цифровая сеть, реклоузер.

Введение

Обеспечение качественного [1] и бесперебойного электроснабжения является одной из главных функций территориальных сетевых организаций (ТСО).

В настоящее время в связи с высокой степенью изношенности (около 70%) распределительного сетевого комплекса вопрос нормативного электроснабжения потребителей встает очень остро.

Основная часть

Приведем краткую характеристику нынешнего состояния дел на примере одного из ТСО Центрального федерального округа, входящего в состав ПАО «Россети».

По данным за 2017 г. можно увидеть, что наибольшая часть повреждений (62%) связана с междуфазными и однофазными замыканиями вследствие выпадения деревьев из лесных массивов, падений угрожающих веток.

Далее идут повреждения, связанные с межфазными замыканиями в результате перехлеста фаз по причине недопустимых стрел провиса, налипания мокрого снега, обрыва проводов (22%), повреждения коммутационной аппаратуры (9%), постороннего воздействия в виде несанкционированной валки деревьев в охранной зоне ЛЭП, умышленной порчи оборудования (7%).

По характеру повреждений распределение таково: 45% – двухфазные КЗ, 32% – однофазные замыкания на землю, 15% – трехфазные КЗ, 8% – прочие виды (обрывы, двухфазные КЗ с замыканием через землю).

Причины обрыва проводов и перекрытия представлены в процентном значении на рис. 1 и 2 соответственно.

По результатам анализа повреждений можно говорить о том, что в большинстве случаев для скорейшего восстановления повреждения требуется повысить надежность электросетевого комплекса, в следствие чего можно добиться повышения эффективности, а именно: перевод неповрежденных участков на резервное питание, локализация поврежденного участка ЛЭП, восстановление поврежденного участка и возврат к нормальной схеме электроснабжения.

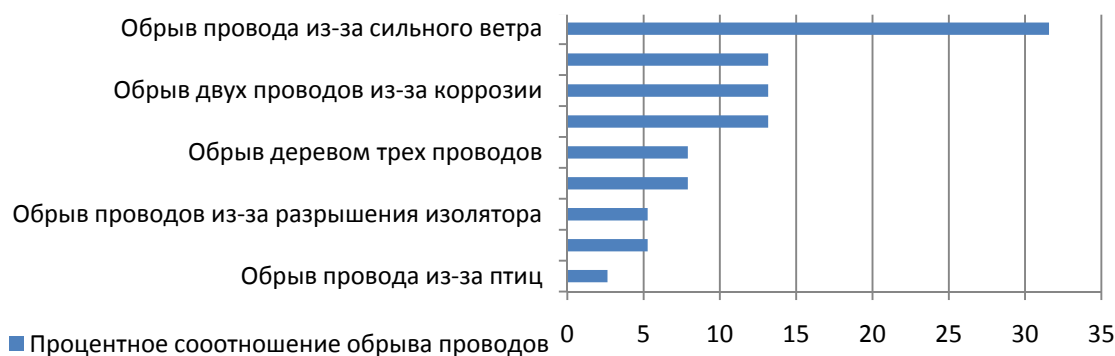


Рис. 1. Причины обрыва проводов

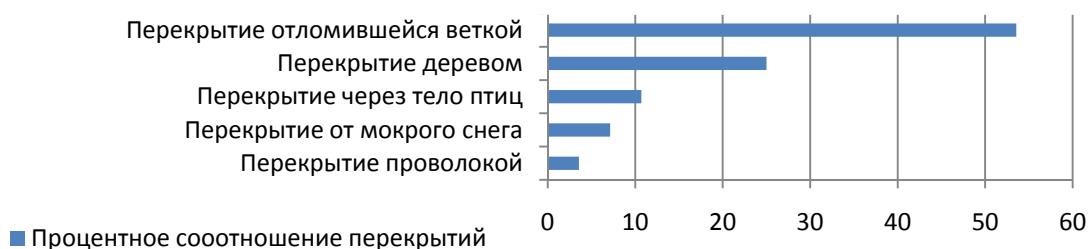


Рис. 2. Причины перекрытий

Опыт зарубежных стран показывает, что стремительное внедрение информационных технологий в различных отраслях при определенных условиях дают большой толчок к развитию этой отрасли.

Электросетевые операторы Западной Европы, входящие в ENSTO-E (Франция, Испания, Германия, Бельгия, Нидерланды), планируют инвестировать в ближайшие 10 лет в электросетевое хозяйство 1 триллион евро. При этом значительная часть средств направлена на информатизацию и цифровизацию сетей, в том числе и с целью повышения показателей надежности. Все чаще звучит словосочетание «smartgrid».

Опираясь на опыт зарубежных коллег, одним из основных решений повышения надежности распределительной сети становится внедрение в электросетевой комплекс концепции «цифровых сетей» [2 – 4].

Цифровая сеть – совокупность объектов электросетевого комплекса, ключевыми факторами эффективного управления которыми являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых позволяет существенно повысить эффективность деятельности электросетевых компаний, доступность и качество их услуг для потребителей.

Цифровая сеть соответствует критериям, представленным на рис. 3.

Используя цифровую сеть, можно подключать «умные» счетчики, благодаря которым мы можем контролировать незаконное хищение из электросети, а также использовать датчики для контроля состояния сети и оборудования.

Умная автономная контролируемая цифровая сеть позволит перейти к альтернативным источникам питания и даст возможность совмещать их с уже имеющимися.

Одной из частей такой сети является реклоузер. Уже имеется положительный опыт применения элементов цифровой (или «умной») сети на примере рассматриваемой ТСО.

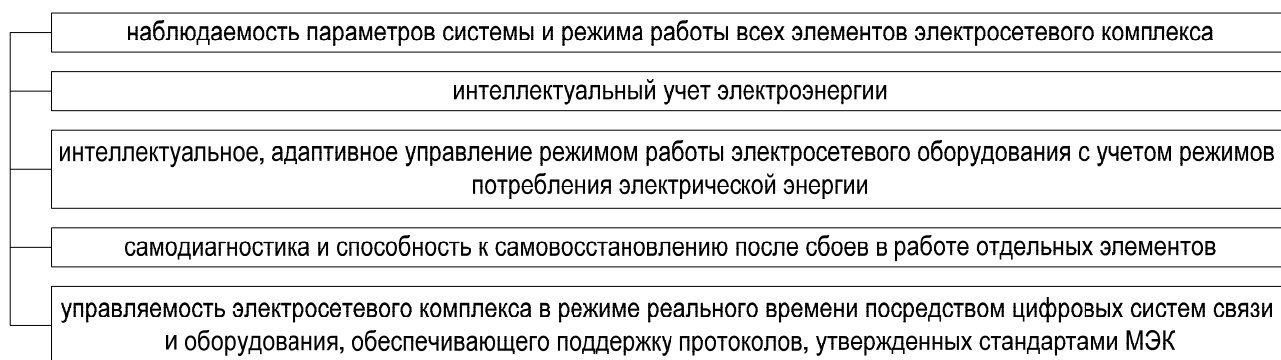


Рис. 3. Критерии цифровой сети

Так, на базе Района Электрических Сетей №1 (РЭС №1) в начале 2017 г. был выполнен комплекс работ по монтажу и пуско-наладке реклоузера (ВВ-TEL). Был проведен анализ часто отключаемых фидеров 6...10 кВ. Выбран наиболее отключаемый фидер с двойным питанием с большим отпуском электроэнергии, от которого питаются социально-значимые объекты. Точка потокораздела была преобразована таким образом, что в нормальном режиме обеспечивался оптимальный режим, а в послеаварийном сохранялась возможность перевода социально-значимых объектов на резервное питание. Телеуправление реклоузером было выведено на автоматизированное рабочее место диспетчера РЭС № 1 [5, 6]. Благодаря этому было достигнуто снижение времени перерыва электроснабжения на 69% по сравнению с аналогичным периодом за 2016 г.

Основные достоинства внедрения цифровых сетей с технологией автоматического управления SCADA:

- оперативная локализация и ликвидация аварий:
 - посредством выезда ремонтной бригады к установленному месту произошедшей аварии;
 - в автоматическом режиме (если эта задача решается средствами автоматики);
- передача на диспетчерский пункт предупредительных и аварийных сигналов;
- онлайн-отслеживание и архивирование состояния параметров сети (уровень напряжения, мощность, температуру и другие показатели);
- непрерывное получение оперативной информации (в виде динамических мнемосхем) на диспетчерском пункте о работе, состоянии и положении удаленных реклоузеров;
- ведение сбора, обработки и записи информации о событиях и об изменениях работы;
- повышение надежности системы за счет ее мониторинга с целью поиска и определения неисправностей [7, 8].

Таким образом, применяя реклоузеры в электросетевом комплексе как часть «цифровой сети», мы создаем технологию оптимального управления энергосистемами, которая является перспективной тематикой и которая требует дальнейшего развития и внедрения.

Список литературы и источников

1. ГОСТ 32144–2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2014. – 20 с.

2. Phadke, A. G. Computer relaying for power systems Second Edition, Research Studies Press Ltd / A. G. Phadke, J. S. Thorp. – New York : John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 362 p.
3. European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E). – URL : <http://entsoe.eu/> (дата обращения: 18.01.2019).
4. European Commission, European Smart Grids Technology Platform – Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future, 2006. Available online. – URL : http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/smartgrids_en.pdf, last viewed 01.02.2010.
5. Васильева, Т. Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения / Т. Н. Васильева. – М. : Горячая линия – Телеком, 2015. – 152 с.
6. Анашкин, С. С. Способы повышения надежности электроснабжения потребителей в сельской местности [Текст] / С. С. Анашкин, А. П. Борисовский, Ю. Е. Ерохина // Молодой ученый. – 2018. – № 3. – С. 34 – 36. – URL : <https://moluch.ru/archive/189/47932/> (дата обращения: 18.01.2019).
7. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике [Текст] / Н. И. Воропай и др. – М. : ООО Изд. «Энергия», 2013. – 212 с.
8. Способы повышения надежности электроснабжения потребителей в сельской местности // Молодой ученый. – 2018. – № 3. – С. 34 – 36. – URL : <https://moluch.ru/archive/189/47932/> (дата обращения: 18.01.2019).

Г. Н. Мартыненко, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Теплогазоснабжение и нефтегазовое дело»,
В. И. Лукьяненко, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Теоретическая и промышленная теплоэнергетика»,
Д. А. Галдин, магистрант, **И. А. Здобников**, магистрант
(Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия)

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Аннотация. Проведены исследования исторического развития солнечных коллекторов в России и за рубежом и их потребности в мире и в нашей стране. Определены проблемы развития данной отрасли и меры их преодоления. Особое внимание уделено использованию современных материалов и технологий для изготовления конструкции солнечного коллектора, что удешевит его изготовление, повысит эффективность работы и увеличит его срок эксплуатации.

Ключевые слова: солнечная энергия, коллектор, покрытие, сотовый поликарбонат.

Системы солнечного горячего водоснабжения находили определенное применение еще в СССР. В 1990-х годах освоено серийное производство плоских солнечных коллекторов на Братском заводе отопительного оборудования (БЗОО). Помимо этого, солнечные коллекторы производили ППО «Спецгелиотепломонтаж» Грузглавмонтажспецстроя и в небольших количествах – некоторые другие предприятия и организации. Всего к началу 1988 года в стране было изготовлено около 80 тыс. м² солнечных коллекторов.

Существовала тенденция вовлечения возобновляемых природных ресурсов в топливно-энергетический баланс [1 – 7]. В частности, исследовалось направление на увеличение производства солнечных коллекторов и соответственно на возрастание объема использования солнечной энергии для целей теплоснабжения [8 – 12].

В результате реализации определенных бизнестехнологий возможно создание конкурентоспособного предприятия, производящего актуальную продукцию, способствующую повышению энергоэффективности российской экономики.

С 2001 года работы по солнечным коллекторам проводились в рамках договорных отношений ОАО «ВПК «НПО Машиностроение» с предприятием ЗАО «Альтэн». В результате была проведена модернизация солнечного коллектора, который ранее выпускался для ЗАО «Солтэн», разработана и выпущена конструкторская документация (черт. АКМУ-00-000СБ) на новый коллектор Альтэн-1А, подана заявка и получен патент РФ № 2224188 на изобретение под названием «Солнечный коллектор». На предприятии НПО «Машиностроение» изготавливались опытные партии солнечных коллекторов Альтэн-1А, которые получали награды и дипломы на российских и международных выставках.

В 2005 году солнечный коллектор Альтэн-1А успешно прошел испытания на энергоэффективность в Фраунгоферовском институте солнечных энергосистем (г. Фрайбург, Германия) и получил европейский сертификат DIN-geprüft № 65053. Тепловые испытания солнечного коллектора Альтэн-1А в Германии показали, что его удельная тепловая производительность находится на уровне лучших мировых образцов и составляет около 525 кВт·ч/м²

в год. Партия солнечных коллекторов Альтэн-1А в объеме 500 шт. была изготовлена в НПО «Машиностроение» продана в Иорданию.

Одновременно с проведением работ с ЗАО «Альтэн», в 2006 г. в Испании было создано предприятие «Tecnesol S.A.». В 2007 году была разработана конструкторская документация на усовершенствованный солнечный коллектор Tecnesol-1 и изготовлена опытная партия коллекторов в количестве 10 штук, отправленная в Испанию. Однако из-за отсутствия денежных вливаний финансирование разработок было прекращено.

Заинтересованность потенциальных потребителей на масштабные поставки продукции была велика. Среди наиболее крупных клиентов можно выделить ОАО «Мосэнерго», ОАО «Теплопроектстрой», ООО «НПП «Донские технологии», Севастопольская городская администрация, ПКП «AGRIMEC» S.R.L., ВТКП «MOLDCOOPIMPEX», ГП «Восток-редмет». Отдельно стоит выделить зарубежных партнеров. Так, компания VELASCO KUPER&ASOCIADOS, S.L. была заинтересована в приобретении продукции на уровне 50 000 коллекторов в год, что составляет более 80% годового объема продаж, что говорит об актуальности проекта в целом и конкурентоспособности рассматриваемой продукции. Спрос на современные солнечные системы в последнее время растет, однако продажи носят скорее единичный характер. Основной сложностью реализации целевых объемов продукции в пределах России является скудная информированность потенциальных потребителей и консервативный взгляд на развитие энергетики страны в целом.

Использование солнечных селективных поглощающих покрытий в конструкции солнечных коллекторов является одним из примеров применения нанотехнологий в промышленности. Именно использование таких покрытий позволяет достигать заданных эксплуатационных характеристик коллектора. На мировом рынке используется покрытие TiNOX, состоящее из слоя титана, слоя карбида или нитрида титана и слоя двуокиси кремния, наносимых на медную фольгу толщиной 0,2 мм в установках с вакуумным электроннолучевым распылением титана на движущуюся непрерывно медную фольгу. Преимущество предлагаемой технологии заключается в том, что с ее помощью можно непосредственно наносить покрытие на листотрубные элементы конструкции солнечных коллекторов, в то время как для технологии TiNOX лист фольги необходимо разрезать на отдельные плоскостные элементы, к которым затем необходимо припаивать или приваривать трубки для получения листотрубной конструкции. При этом на лицевой части теплоприемной панели остаются следы от сварки, имеющие сниженные коэффициенты поглощения в солнечном спектре. Установки для нанесения покрытия по предлагаемому способу обладают более низкой удельной стоимостью на единицу производимой продукции. Технология обеспечивает при минимальных капитальных затратах создать производство селективного поглощающего покрытия на уровне мировых образцов.

Успешное внедрение данной технологии обеспечит:

- низкую себестоимость установок для производства селективного поглощающего покрытия;
- низкую себестоимость производства селективного поглощающего покрытия;
- высокие оптические свойства предлагаемого селективного поглощающего покрытия;
- высокие эксплуатационные свойства предлагаемого поглощающего покрытия.

Стоит отметить использование в проекте золь–гель-технологии, позволяющие улучшить качество выпускаемой продукции.

Золь–гель-технология – нанесение просветляющего покрытия на двустенный сотовый поликарбонат, используемый в качестве прозрачной теплоизоляции в предлагаемом солнечном коллекторе. Применение просветляющего покрытия такого типа позволяет увеличить пропускание прозрачного сотового поликарбоната на 7...8%, что позволяет довести его пропускание до уровня минерального стекла. Применение просветленного поликарбоната взамен минерального стекла толщиной 4 мм позволяет на 18 кг снизить вес солнечного коллектора площадью 2,0 м², что значительно облегчает процесс его установки, особенно на крышах зданий и сооружений. Увеличение пропускания солнечной энергии сотовым поликарбонатом на 7...8 % позволяет достичь значения удельной тепловой производительности солнечного коллектора около 570 кВт·ч/м² в год. Технология разработана специалистами НПК «ГОИ им. С. И. Вавилова», схожей технологией обладает МНТК ЛОМО. С момента создания, технология НПК «ГОИ им. С.И. Вавилова» не использовалась в коммерческих целях. Данное обстоятельство объясняется тем, что спрос на процесс просветления сотового поликарбоната отсутствует, в связи с тем, что в настоящий момент солнечные панели с использованием сотового поликарбоната не производятся. Потенциальный спрос на рассматриваемую технологию последует только после организации производства солнечных коллекторов с использованием сотового поликарбоната в качестве прозрачной теплоизоляции.

Список литературы и источников

1. Кошелев, А. А. Потенциальные возможности вовлечения возобновляемых природных ресурсов в топливно-энергетический баланс Иркутской области / А. А. Кошелев, А. П. Шведов. – Иркутск : Изд. ИСЭМ, 1998. – 64 с.
2. Исанова, А. В. Влияние параметров работы теплонасосной установки системы теплоснабжения на выбор энергосберегающего режима ее функционирования / А. В. Исанова, Г. Н. Мартыненко, В. И. Лукьяненко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 2-1(33). – С. 36 – 39.
3. Турбин, В. С. Альтернативные источники от мини-тэц / В. С. Турбин, О. А. Сотникова, Д. Н. Китаев // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2005. – № 1.
4. Мартыненко, Г. Н. Возможности использования экологически опасных отходов жизнедеятельности в биогазовых установках / Г. Н. Мартыненко // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2014. – № 4-2(17). – С. 119 – 122.
5. Прокопенко, А. А. Аспекты экономичного расходования ресурсов на примере применяемых биогазовых установок / А. А. Прокопенко, А. В. Козлов, Г. Н. Мартыненко // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1. – С. 9.
6. Isanova, A. V. Optimization of operation of a heat-pump facade system of heating during observance of the required parameters of thermal comfort of residential buildings / A. V. Isanova, G. N. Martynenko, A. A. Sedaev // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2018. – No. 4 (40). – P. 6 – 14.

7. Маслова, Т. О. Энергосбережение в жилищном фонде / Т. О. Маслова, И. С. Кура-сов, Г. Н. Мартыненко // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2018. – № 1(10). – С. 20 – 31.
8. Мартыненко, Г. Н. Гибридная солнечная черепица как альтернативный источник энергии / Г. Н. Мартыненко, А. В. Миляева, Е. С. Исаева // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2018. – № 1(10). – С. 39 – 43.
9. Балде, М. С. Гелиоэнергетика – нетрадиционный вид энергетики для отопления и горячего водоснабжения зданий / М. С. Балде, И. Н. Дервянкин, В. И. Лукьяненко // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения: тр. XX науч.-техн. конф. – 2018. – С. 117 – 130.
10. Семенов, В. Н. Актуальные проблемы теплоснабжения муниципальных образований (на примере городского округа город Воронеж) / В. Н. Семенов, Д. Н. Китаев, А. С. Овсянников // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2015. – № 14. – С. 100.
11. Дурдыева, Е. С. Использование солнечной энергии для холодоснабжения зданий в климатических условиях России / Е. С. Дурдыева, М. Н. Жерлыкина, Т. В. Щукина // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2014. – № 7(151). – С. 84–85.
12. Щукина, Т. В. Регулируемый тепловой режим пассивной утилизации солнечного излучения для снижения нагрузок на системы отопления / Т. В. Щукина, Р. А. Шепс, М. Н. Жерлыкина // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2016. – № 11(179). – С. 55 – 59.

А. Ю. Наумова, аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Представлены основные положения формализации задач энергосберегающего управления в информационно-измерительных системах, типы задач энергосберегающего управления.

Ключевые слова: энергосберегающее управление, модель задач оптимального управления, надежность программного обеспечения энергосберегающего управления.

Задачи энергосберегающего управления в информационно-измерительных системах относятся к широкому классу задач оптимального управления, основной критерий оптимальности – затраты энергии. Основными компонентами задачи оптимального управления динамическими объектами являются модель объекта, граничные условия, ограничения на управляющее воздействие и вид функционала. Исходя из представленных компонентов, существует несколько типов задач оптимального управления.

Для записи моделей динамических объектов используются системы дифференциальных уравнений, имеющих первый, второй и больший порядок. В зависимости от характеристик модели различают также линейные и нелинейные уравнения.

Граничные условия представляют собой начало и конец временного интервала управления (если они зафиксированы) и переменные состояния объекта на концах траектории изменения фазовых координат.

Ограничение на управляющие воздействия накладываются для каждого интервала времени. Дополнительно накладываются интегральные ограничения (лимит энергии, запас топлива). В качестве функционалов используются затраты энергии, расход топлива и др.) Наиболее распространенными задачами являются следующие:

- задачи с фиксированными изменениями фазовых координат и временного интервала;
- задачи оптимального нагрева (скорость изменения первой и конечной фазовых координат принимают любые значения);
- задачи оптимального разгона (значение первой фазовой координаты в конечный момент времени принимает любое значение).

Существуют также задачи оптимального регулирования, основывающиеся на автоматическом управлении динамическим состоянием объекта. Оно строится на зависимости текущих значений фазовых координат. Еще один тип задач – задачи определения оптимальных статических режимов – построены на расчете зависимости значений фазовых координат от входных воздействий (внешних факторов)[1].

Для решения задач энергосберегающего управления в автоматизированном режиме необходимо задать формализованное описание изучаемого объекта – модель. Модель задачи оптимального управления представляет собой кортеж, содержащий обозначения компонентов математической постановки задачи оптимального управления. Ключевые компоненты модели – модель динамики объекта, минимизируемый функционал, стратегия реализации оптимального управления ограничения и условия. Таким образом, модель можно представить в виде кортежа из четырех символов:

$$K = \langle M, F, S, O \rangle,$$

где M – компонент, принадлежащий множеству моделей объекта управления; F – компонент, принадлежащий множеству видов функционала; S – компонент, принадлежащий множеству стратегий реализации оптимального управления; O – компонент, принадлежащий множеству особенностей задачи.

Каждый компонент кортежа имеет математическую постановку в зависимости от исследуемого объекта. Задаче модели оптимального управления соответствует массив исходных данных, представляющий собой набор исходных данных для математической постановки задачи [2].

Одним из основных методов повышения эффективности решения задач оптимального управления является оценка надежности программно-аппаратного обеспечения энергосберегающего объекта. Для оценки надежности используется множество моделей и подходов в зависимости от исследуемого объекта. Существует системно-функциональный подход оценки надежности программно-аппаратного обеспечения, преимуществом которого является оценка надежности каждого функционирующего блока программного обеспечения в отдельности. В общем случае для более точной оценки надежности необходимо применить весовые коэффициенты вероятности появления определенного типа ошибок:

$$N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^m p_j^i k_j^i \right),$$

где n – количество выделенных для оценки блоков программы; m_i – количество возможных отказов в i -м блоке; p_j^i – вероятность возникновения j -го отказа в i -м блоке; k_j^i – коэффициент вероятности появления ошибки; N – интегральный показатель надежности программного обеспечения [3].

Введение дополнительного компонента – оценки надежности программно-аппаратного обеспечения объекта энергосберегающего управления – в модель задачи оптимального управления может повысить эффективность решения данной задачи. Тогда кортеж модели задач оптимального управления при добавлении нового компонента N будет выглядеть таким образом:

$$K = \langle M, F, S, O, N \rangle.$$

В докладе представлена структура модели задачи оптимального управления объекта энергосбережения. При введении дополнительных компонентов в представленную модель возможно повышение эффективности решения данной задачи.

Список литературы и источников

1. Чернышов, Н. Г. Синтез энергосберегающего управления / Н. Г. Чернышов, С. И. Дворецкий // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7 – 15.
2. Чернышов, Н. Г. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.
3. Степович-Цветкова, Г. С. Повышение надежности программного обеспечения: системно-функциональный подход / Г. С. Степович-Цветкова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2015. – Т. 7, № 5.

С. В. Романцова, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов,
А. П. Ликсутина, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов,
С. А. Нагорнов, д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов
(Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ НЕКОНДИЦИОННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Аннотация. Предложен реактор вихревого типа для синтеза биодизельного топлива. В этом аппарате достигается интенсификация перемешивания спиртового и липидного слоя. Определяющая роль в переносе энергии от осевых слоев к периферийным отводится турбулентным пульсациям, воздействие которых активизирует молекулы метанола и триацилглицеринов, что способствует увеличению скорости реакции переэтерификации. Преимущества вихревого реактора: компактность, низкая энергоемкость, простота конструкции и обслуживания, отсутствие системы охлаждения, отсутствие большого числа движущихся частиц и связанных с этим процессов истирания, что увеличивает срок службы аппарата. Представлена схема технологии получения биотоплива на основе усовершенствованного процесса переэтерификации.

Ключевые слова: биодизельное топливо, вихревые аппараты, переэтерификация, технология.

Население земного шара на планете неуклонно растет, в связи с этим ужесточаются требования к продовольственному обеспечению. Сельское хозяйство и, в первую очередь, растениеводство, должно постоянно увеличивать объемы производства продукции, что требует высокого уровня механизации труда. С увеличением объема и плотности механизированных работ, повышением мощности и изменением состава машинно-тракторного парка неуклонно возрастает потребление топлив, а значит, и уровень загрязнения окружающей среды вообще и продуктов питания в частности.

Возникает необходимость в использовании топлива с улучшенными экологическими характеристиками, прежде всего, с низким содержанием ароматических и серосодержащих соединений, что позволяет уменьшить в выхлопных газах концентрацию опасных для здоровья компонентов: сажи, несгоревших и полициклических углеводородов, оксидов серы и углерода. Добиться уменьшения концентрации опасных компонентов топлив можно путем их более глубокой деароматизации и гидрообессеривания. Однако при этом из нефтяных фракций удаляются природные поверхностно-активные вещества, в результате ухудшается ряд эксплуатационных характеристик топлив, например, цетановое число и смазывающая способность. Улучшить противоизносные и экологические свойства и при этом повысить значение цетанового числа можно при использовании биодизельного топлива. Биодизельное топливо синтезируется из возобновляемого растительного сырья, не содержит ароматических

углеводородов; в нем практически отсутствуют соединения серы, но повышено содержание кислорода, что способствует его более полному сгоранию.

Исследования, проведенные ФГБНУ ВНИИТиН показали, что, при использовании смеси, содержащей по объему 80% нефтяного дизельного топлива и 20% биодизельного топлива зафиксировано уменьшение дымности отработанных газов на 10...40% в зависимости от режима работы двигателя [1]. Также отмечено снижение в выхлопных газах содержания несгоревших углеводородов (до 15%), оксидов азота (до 16%) и серы (до 22%).

Биодизельное топливо имеет еще ряд преимуществ над нефтяным: оно улучшает смазывающие свойства топлива, имеет высокое цетановое число (до 56), более безопасно при хранении и транспортировке, так как имеет высокую температуру вспышки, при попадании на почву в течение нескольких недель полностью разлагается микроорганизмами.

Несмотря на экологические и эксплуатационные преимущества биодизельное топливо не получило широкого распространения в России. Одна из основных причин – высокая себестоимость его производства, которая зачастую обусловлена нерациональными технологиями синтеза.

Биодизельное топливо синтезируется по реакции переэтерификации из триацилглицеринов (основных компонентов масел). После взаимодействия со спиртом молекулы триацилглицеринов превращаются в метиловые эфиры высших алифатических кислот, имеющие меньшую молекулярную массу, а, следовательно, и меньшую плотность и вязкость, чем исходное масло, что приближает их к компонентам нефтяного дизельного топлива.

Исходные реагенты – растительное масло и спирт – не смешиваются между собой. Длительность реакции переэтерификации (1–2 ч.) является следствием того, что кинетику реакции в начале определяет массопередача реагентов путем диффузии. Увеличение скорости реакции может быть достигнуто при условии интенсификации массопереноса и турбулизации потока. Снижение времени протекания реакции позволит создать более рациональные непрерывные технологии синтеза биодизельного топлива.

По способу активации, существующие в настоящее время технологии получения биодизельного топлива делят на каталитические и безкаталитические.

Однако без катализатора реакция возможна только в сверхкритических условиях (260...280 °С, 15...20 МПа), что требует применения дорогостоящих реакторов сложной конструкции и не позволяет осуществить непрерывную технологию синтеза биодизельного топлива.

Технологии с применением гетерогенных катализаторов пока разработаны только на лабораторном уровне, и требуют пока еще очень высоких температур синтеза (200...220 °С). Использование гомогенных катализаторов позволяет снизить температуру реакции до 60...80 °С. Наиболее эффективными катализаторами являются метилаты калия и натрия. При использовании щелочных катализаторов достаточно жесткие требования предъявляются к содержанию кислот в масле, а также воды в масле и, особенно, в используемом спирте. В присутствии кислот катализатор расходуется на реакцию их нейтрализации. В присутствии воды увеличивается скорость конкурирующей реакции омыления. Образующееся мыло (соли высших алифатических кислот) снижает выход биодизельного топлива и затрудняет его сепарацию от побочного продукта реакции – глицерина. Эти ограничения не позволяют использовать для синтеза биодизельного топлива некondиционные растительные масла,

например, обработанное фритюрное масло, являющееся одним из отходов пищевых производств и требующее утилизации.

Анализ основных закономерностей протекания реакции переэтерификации и способов интенсификации массопереноса и турбулизации потока позволил выбрать для интенсификации реакции вихревые аппараты, работа которых основана на эффекте Ранка–Хилша. К несомненным преимуществам вихревых аппаратов следует отнести простоту конструкции, отсутствие перемещающихся деталей и подвижных частей, надежность, долговечность, отсутствие специальных хладагентов и теплоносителей, малую инерционность и удобство компоновки. В ФГБНУ ВНИИТиН на основе многолетних исследований была разработана инновационная технология получения биодизельного топлива из растительного масла и оборудование для ее осуществления [1 – 5]. Технологическая схема установки представлена на рис. 1.

Разработанный способ метанолиза предполагает воздействие закрученного потока на систему «триацилглицерина – метанол», что приводит к интенсификации перемешивания исходных соединений, ускорению химической реакции и сокращению ее времени до нескольких секунд, что позволяет перейти к созданию непрерывной схемы синтеза. Интенсификация перемешивания достигается за счет взаимодействия двух вихрей, перемещающихся вдоль оси аппарата навстречу друг другу: периферийного, вращающегося по закону потенциального вихря, и приосевого, вращающегося по закону квазитвердого тела. Определяющая роль в переносе энергии от осевых слоев к периферийным отводится турбулентным пульсациям, которые активируют молекулы метанола и триацилглицеринов масла, что способствует увеличению скорости реакции переэтерификации.

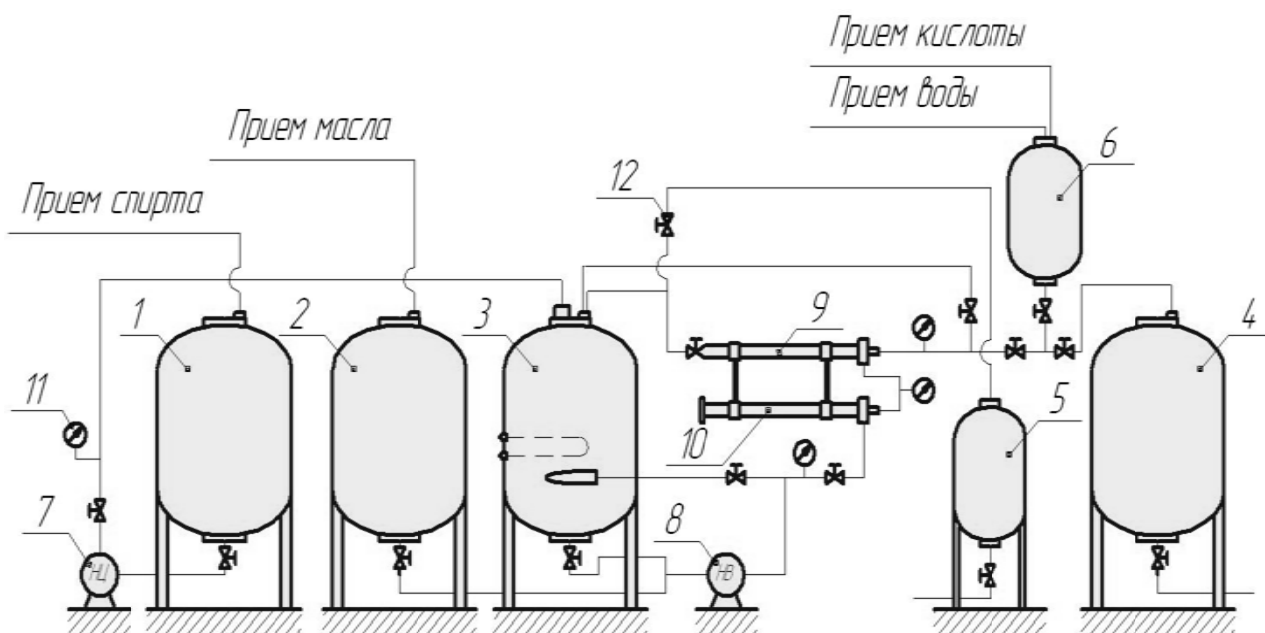


Рис. 1. Схема установки для получения биодизельного топлива:

- 1 – резервуар хранения метанола; 2 – резервуар хранения масла; 3 – вихревой аппарат для предварительного смешивания; 4 – резервуар хранения биодизельного топлива;
- 5 – резервуар для хранения глицерина; 6 – резервуар для хранения воды и ортофосфорной кислоты;
- 7 – насос ЦН; 8 – насос НШ; 9 – вторичный реактор вихревого типа; 10 – первичный реактор вихревого типа; 11 – манометр; 12 – кран шаровый

В соответствии с технологией нагретое растительное масло из резервуара 2 и растворенный в метиловом спирте катализатор из резервуара 1 одновременно подаются насосами 7 и 8 соответственно в вихревой аппарат для предварительного смешивания 3, в котором за счет закрутки потоков происходит предварительное перемешивание реагентов. После загрузки аппарата 3 из него с помощью насоса 8 реакционная смесь подавалась сначала в первичный реактор вихревого типа 10, далее во вторичный реактор вихревого типа 9, в которых происходит окончательное завершение процесса метанолиза, а также сепарация полученных продуктов реакции – метилового эфира растительных масел и глицерина сырца. Сырец глицерина отправляется в резервуар 5, а полученные эфиры – в вихревой аппарат 3. Из резервуара 3 насосом 8 происходила подача эфиров через вторичный реактор вихревого типа 9, который работая на принципе эффекта Коанда, как вакуум-насос, засасывает из резервуара 6 воду, подкисленную ортофосфорной кислотой для нейтрализации возможных остатков катализатора щелочного типа. После нейтрализации эфиры подаются в аппарат 3, где в результате нагрева с помощью ТЭНов происходит окончательное выпаривание остатков воды и непрореагировавшего метанола. Пары метанола конденсируются и подаются на повторное использование в резервуар 1. Готовое к использованию биодизельное топливо насосом 8 отправляется в резервуар 4 для хранения.

Резкое сокращение времени реакции при использовании вихревого эффекта может позволить использовать исходные соединения разной степени очистки. Это может быть связано с тем, что за столь короткое время (3 – 5 с) реакции омыления и гидролиза просто не успевают происходить. Возможно также, что под воздействием электромагнитного поля увеличивается скорость реакции этерификации (взаимодействия свободных жирных кислот с метанолом с образованием целевых продуктов – сложных метиловых эфиров карбоновых кислот). Результаты экспериментов представлены в табл. 1 и 2.

1. Влияние содержания воды в спирте на характеристики биодизельного топлива, синтезированного из фритюрного масла

Характеристика	Содержание воды, % (масс.)					
	0	0,3	0,8	1,0	1,5	2,0
Выход, %	98,4	98,3	98,2	90,0	89,0	84,0
Плотность (20 °С), кг/м ³	880	880	880	880	880	880
Вязкость при (20 °С), мм ² /с	6,54	6,54	6,55	6,59	6,64	6,71

2. Влияние содержания свободных жирных кислот в масле на характеристики биотоплива, синтезированного из фритюрного масла

Характеристика	Содержание свободных кислот, % (масс.)				
	0	0,5	1,0	2,0	3,0
Выход, %	98,4	98,3	98,2	98,1	92,0
Плотность (20 °С), кг/м ³	880	880	880	880	880
Вязкость при (20 °С), мм ² /с	6,59	6,59	6,55	6,54	6,54

Из полученных экспериментальных данных видно, что в исследуемых условиях можно использовать более широкий спектр исходных веществ: спирт с содержанием воды до 0,8% (масс.) и растительные масла с содержанием свободных жирных кислот в масле до 2,5% (масс.), например, прогорклые или фритюрные масла.

Таким образом, разработанная технология позволяет сократить время реакции в 5 раз по сравнению с традиционными схемами получения биодизельного топлива, а также использовать в качестве сырья соединения разной степени очистки, в том числе отработанные фритюрные масла и некондиционные растительные масла, например, непищевые и прогорклые.

Список литературы и источников

1. Нагорнов, С. А. Сбалансированный состав экологически чистого топлива из растительного сырья как одно из условий механизации в садоводстве / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, С. В. Романцова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3. – С. 63 – 65.

2. Зазуля, А. Н. Синтез компонента дизельного топлива, улучшающего его экологические характеристики / А. Н. Зазуля, С. В. Романцова, М. Ю. Левин // Наука в центральной России. – 2014. – № 4(10). – С. 27 – 33.

3. Патент РФ № 2521343. С10L1/02, С11С3/10, С07С67/02, В04С5/04. Способ переэтерификации растительного масла / Нагорнов С. А., Павлов С. С., Романцова С. В. – Бюл. изобретений, 2014. – № 18.

4. Зазуля, А. Н. Расширение сырьевых ресурсов для производства биодизельного топлива / А. Н. Зазуля, С. В. Романцова, Е. А. Улюкина // Наука в центральной России. – 2014. – № 4(10). – С. 40 – 47.

5. Нагорнов, С. А. Выбор реактора для синтеза биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, С. В. Романцова, А. Ю. Корнев // Наука в центральной России. – 2015. – № 2(14). – С. 81 – 92.

ВОПРОСЫ НОРМАЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЯХ

Аннотация. Рассматриваются вопросы нормализации напряжения в распределительных электрических сетях при воздействии на систему электроснабжения негативных возмущающих факторов резкопеременного характера.

Ключевые слова: нормализация, электроснабжение, динамическая компенсация, статическая компенсация, энергосбережение.

Рассматривание вопросов, касающихся нормализации напряжения в сети было актуальным всегда с момента, когда распределительные электрические сети стали приобретать сложно структурированный и иерархический характер построения. Известным российским ученым Б. И. Кудриным была предложена «уровневая» модель анализа систем электроснабжения, согласно которой любая система электроснабжения представляет собой совокупность так называемых «уровней», высшим из которых является источник электроэнергии (генератор ТЭЦ, ГЭС, АЭС и т.п.) или условный эквивалентный генератор, а низшим – электроприемники или их совокупность [1]. Нарастающая в геометрической прогрессии модернизация промышленных производств приводят к перегруженности распределительных электрических сетей, а также росту нелинейности нагрузок, что ощутимо сказывается на колебаниях режимов работы систем электроснабжения на всех уровнях. Соответственно, падает энергоэффективность предприятий и даже существующие средства энергосбережения не способны в полной мере сдерживать возникновение и распространение по электрическим сетям негативных сетевых возмущений [2].

Большинство ненормальных режимов в распределительных электрических сетях принято устранять действием устройств релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики, а также сглаживать их воздействие на электрооборудование за счет установки статических устройств компенсации реактивной мощности и фильтрокомпенсирующих устройств [3, 4]. Однако далеко не в каждом случае следует обесточивать поврежденный участок, приводя к погашению потребителей, или же выделять локальный участок энергосистемы на изолированную работу при снижении напряжения на шинах ниже уставки срабатывания противоаварийной автоматики. Стоит отметить, что постоянная динамическая компенсация амплитудно-фазных искажений напряжения (далее – АФИН) является наиболее перспективным способом решения данных проблем.

Если рассматривать устройства статической нормализации напряжения, то основным их недостатком является то, что выдаваемое ими управляющее воздействие имеет статический характер и сложно поддается перестройке рабочих режимов. При этом при повышенной

вероятности возникновения искажений ключевых параметров электрических режимов гораздо эффективней будет их динамическая нормализация [5, 6].

На основании проведенного патентно-информационного и литературного анализа [7 – 9] в части устройств динамической нормализации амплитудно-фазных искажений напряжения можно отнести:

- отсутствие плавности регулирования напряжения ввиду наличия ступеней регулирования, и как следствие, ограниченность амплитуды регулирования;

- при функционировании компенсируются только отдельные виды АФИН, вследствие чего отсутствует реакция устройства на, например, квазистационарные перенапряжения и высшие гармоники напряжения в условиях изменения как амплитуды, так и фазы добавочного напряжения;

- наличие, как правило, зарядного устройства, которое значительно ограничивает величину компенсационного напряжения, требует постоянного технического обслуживания и контроля, периодической замены, обладает большим активным сопротивлением, имеет значительную массу и габариты при требуемом уровне выдачи мощности;

- наличие коммутируемых выключателей, которые создают коммутационные искажения напряжения при срабатывании и искажают форму компенсированного напряжения;

- использование вместо вольтодобавочного трансформатора – трансформатора с РПН. Как показывает практика эксплуатации, трансформаторы с РПН имеют небольшие (не более 16%) пределы регулирования напряжения, а также обладают малой плавностью регулирования напряжения и низкой скоростью регулирования напряжения, что неоптимально для компенсации резкопеременных отклонений напряжения.

На сегодняшний день результаты, достигнутые в вопросах динамической компенсации, не позволяют однозначно и окончательно решить задачу комплексного подавления АФИН. Их проявления не могут быть определены по месту, времени или продолжительности воздействия, особенно в иерархичных системах электроснабжения непрерывных промышленных производств.

Таким образом, в условиях наличия электроприемников с большой нелинейной нагрузкой, высокого уровня потребления реактивной мощности, наличия большого числа мощных электроприемников, а также воздействия нагрузок резко переменного характера, необходима исключительно динамическая компенсация амплитудно-фазных искажений для приведения параметров качества электроэнергии в соответствии с российскими и международными нормами качества электроэнергии. Из-за непредсказуемого характера возникновения и распространения сетевых возмущений в распределительных электросетях особое внимание следует уделять не столько пределам регулирования компенсирующего напряжения, сколько скорости введения его в сеть при помощи вольтодобавочного трансформатора. Так как «быстродействие» является одной из важнейших составляющих при ликвидации ненормальных режимов в электрической сети, то разработка мероприятий, направленных на наиболее быстрое и при этом динамическое подавление амплитудных и фазных искажений напряжения, позволит значительно повысить надежность и безопасность системы электроснабжения без применения структурной избыточности.

Список литературы и источников

1. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б. И. Кудрин. – М. : Интернет Инжиниринг, 2005. – 672 с.
2. Грачева, Е. И. Анализ потерь электроэнергии систем цехового электроснабжения / Е. И. Грачева, Н. А. Копытова // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2011. – № 9-10. – С. 78 – 85.
3. Зацепина, В. И. Рациональный анализ нагрузочных характеристик системой управления электроприемниками / В. И. Зацепина, О. Я. Шачнев, А. О. Кушникова // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2018. – № 2. – С. 3 – 12.
4. Filimonova, A. A. Multilevel control of power consumption at metallurgical plants / A. A. Filimonova, E. P. Zatsepin, V. I. Zatsepina // International Russian Automation Conference. – Sochi, 2018. – P. 1 – 4.
5. Zatsepina, V. I. Ensuring effective functioning of compensating device STATCOM in metallurgical enterprises / V. I. Zatsepina, E. P. Zatsepin, O. Y. Shachnev // International Russian Automation Conference. – Sochi, 2018. – P. 1 – 6.
6. Пат. 168544 РФ, (51)МПК H02J 3/00 (2006/01). Устройство комбинированного регулирования напряжения сети / Шпиганович А. Н., Зацепин Е. П., Скоморохов П. И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет. № 2016107854 ; заяв. 03.03.2016 ; опубл. 08.02.2017, Бюл. № 4.
7. Родимов, Н. В. Анализ систем повышения качества электрической энергии при активной фильтрации гармонических искажений сети / Н. В. Родимов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2015. – № 2(30). – С. 198 – 207.
8. Power-supply systems reliability control / A. N. Shpiganovich, V. I. Zatsepina, A. A. Shpiganovich, V. M. Stepanov // EAI Endorsed Transactions on Energy Web. – 2018. – V. 5, Is. 19.

А. А. Терехова, магистр, ассистент кафедры «Информационные системы и управление»,
И. А. Дьяков, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Информационные системы и управление»,
А. И. Дьяков, бакалавр кафедры «Информационные системы и управление»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТОКОСЪЕМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ АСУ

Аннотация. Смоделированы расчеты износа токосъемных элементов электрических машин для определения назначенного ресурса с использованием методики и математической модели коллекторно-щеточного узла для системы скользящего контакта электродвигателя. Построен график процесса скорости износа токосъемных щеток электродвигателя.

Ключевые слова: электродвигатель, скользящий контакт, контактная щетка, математическая модель.

Согласно действующему в настоящее время ГОСТ Р 50369–92 «Электроприводы. Термины и определения», электропривод – это электромеханическая система, состоящая в общем случае из взаимодействующих преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса. Основным элементом электропривода является электродвигатель, выполняющий преобразование электрической энергии в механическую. Именно от безотказной работы электродвигателя и зависит надежность работы электропривода в целом [1].

В свою очередь, безотказная работа электродвигателя в большой степени зависит от исправности токосъемных элементов, являющихся его основным рабочим узлом. Наиболее изнашиваемым элементом токосъемного узла электродвигателя являются токосъемные щетки, имеющие различную конструкцию и выполняемые из различных материалов [2].

Стоит отметить, что токосъемные щетки в эксплуатации не отказывают, а ухудшают с течением времени определяющий параметр – высоту щетки Δh и подвергаются замене при выходе этого параметра за границы ремонтного допуска $x_{в.р.}$ или эксплуатационного (браковочного) допуска $x_{в.э.}$ ($x_{в.р.} < x_{в.э.}$). Здесь исходим из закона распределения скорости износа, изменение которого можно представить случайным процессом во времени $f(x, l)$.

Для определения назначенного ресурса используют математическую модель коллекторно-щеточного узла для системы скользящего контакта электродвигателя, входящего в систему электропривода.

В начальный период $l_0 = 0$ параметр имеет распределение с плотностью $f(x, l_0)$, математическим ожиданием m_{x_0} и дисперсией $\sigma_{x_0}^2$, то с течением времени эти характеристики изменяются (рис. 1).

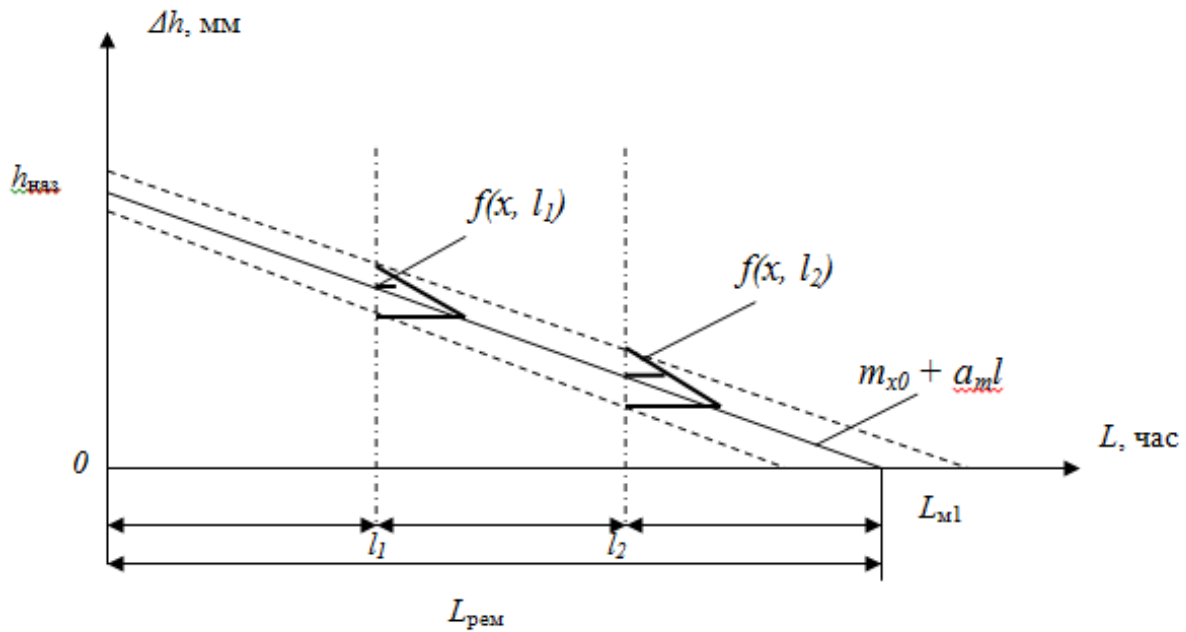


Рис. 1. График процесса скорости износа токосъемных щеток электродвигателя

Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение скорости износа изменяются по линейному закону:

$$m_{x1} = m_{x0} + a_m l, \quad (1)$$

$$\sigma_{x1} = \sigma_{x0} + a_m l. \quad (2)$$

При этом через время (наработку) l плотность распределения параметра будет $f(x, l)$ с числовыми характеристиками, которые определяются по выражениям (1) и (2) соответственно.

Если плановый ремонт данного узла производится через период L_p (рис. 1), то за этот срок параметр с вероятностью

$$P_{m1} = \int_{x_{в.э.}}^{\infty} f(x, L, p) dx = 1 - F(x_{в.э.}, L_p) \quad (3)$$

выйдет за границу эксплуатационного допуска $x_{в.э.}$ и будет восстановлен на внеплановом ремонте, что будет сопровождаться внеплановыми затратами c_m . К моменту L_p параметр выйдет за пределы ремонтного допуска $x_{в.р.}$ с вероятностью

$$P_n = \int_{x_{в.э.}}^{\infty} f(x, L, p) dx = 1 - F(x_{в.р.}, L_p) \quad (4)$$

и будет восстановлен при проведении планового ремонта с вероятностью

$$P_{n1} = p_{ц} - p_{m1} = F(x_{в.э.}, L_p) - F(x_{в.р.}, L_p). \quad (5)$$

Затраты на это восстановление составят c_n (отметим, что $c_n \leq c_m$).

Вероятность того, что параметр за первый ремонтный цикл останется в поле ремонтного допуска и сборочная единица продолжит работу во втором цикле, будет равна

$$q_1 = 1 - p_{m1} - p_{n1}. \quad (6)$$

Полные вероятности того, что параметр будет восстановлен в период от $l_1 = L_p$ до $l_2 = 2L_p$ на внеплановом ремонте и в момент $l_2 = 2L_p$, на плановом составляют:

$$p_{M2} = q_1 \int_{x_{B.Э.}}^{\infty} f(x, 2L_p) dx = [1 - F(x_{B.Э.}, 2L_p)]F(x_{B.р.}, L_p), \quad (7)$$

$$p_{n2} = q_1 \int_{x_{B.р.}}^{x_{B.Э.}} f(x, 2L_p) dx = [1 - F(x_{B.Э.}, 2L_p) - F(x_{B.р.}, L_p)]F(x_{B.р.}, L_p). \quad (8)$$

Выражения для определения полных вероятностей того, что параметр будет восстановлен за i -й межремонтный период в неплановом порядке и на i -м плановом ремонте равны:

$$p_{Mi} = (1 - a_i) \prod_{j=0}^{i-1} b_j, \quad (9)$$

где

$$p_{ni} = (1 - a_i) \prod_{j=0}^{i-1} b_j, \quad (10)$$

$$a_i = F(x_{B.Э.}, iL_p), \quad (11)$$

$$b_i = F(x_{B.р.}, iL_p). \quad (12)$$

В соответствии с теоремой Байеса полные вероятности p_M и p_n находят по выражениям (13), (14):

$$p_M = \lim_{s \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^s (1 - a_i) \prod_{j=0}^{i-1} b_j, \quad (13)$$

$$p_n = \lim_{s \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^s (a_i - b_i) \prod_{j=0}^{i-1} b_j. \quad (14)$$

При этом, очевидно, соблюдается равенство $p_M + p_n = 1$.

Средняя длительность работы токосъемной щетки электродвигателя до восстановления параметра

$$L_{cp} = \lim_{s \rightarrow \infty} \left(\sum_{i=1}^s p_{Mi} L_{Mi} + \sum_{i=1}^s p_{ni} L_{ni} \right), \quad (15)$$

где

$$L_{Mi} = \frac{2i-1}{2} L_p; \quad L_{ni} = iL_p.$$

Математическое ожидание суммарных затрат на плановое и внеплановое восстановление параметра за срок L_{cp} определим по формуле (16):

$$E(L) = c_M p_M + c_n p_n = c_M (p_M + \gamma_c p_n), \quad (16)$$

где

$$\gamma_c = \frac{c_n}{c_M}. \quad (17)$$

Поскольку вероятность p_M и p_n зависят от межремонтного срока L_p , суммарные затраты также будут являться функцией L_p . Изменяя L_p , можно найти такую его величину $L_{p.o.}$, при которой $E(L_p)$ будет минимальным.

Для удобства дальнейшего анализа рассмотрим относительные удельные затраты U_n , пропорциональные суммарным $E(L_p)$

$$U_n = E(L_p) \frac{L_m}{c_m L_{cp}}, \quad (18)$$

где L_m – средняя длительность работы узла до выхода параметра за границу браковочного допуска при условии отсутствия плановых ремонтов.

Величина L_m – определяется из выражения:

$$L_m = \frac{x_{в.э.} - m_{x0}}{a_m}. \quad (19)$$

Учитывая уравнения (19), (20), (23), окончательно получим

$$U_n = \frac{L_m}{L_{cp}} [1 - (1 - \lambda_c) p_n]. \quad (20)$$

Для определения оптимальной величины $L_{p.o.}$ необходимо решить относительно L_p уравнение $dU_n/dL_p = 0$ в среде математического пакета MathCad [3].

Список литературы и источников

1. Лившиц, П. С. Исследование износа элементов скользящего контакта электрических машин постоянного тока общепромышленного назначения / П. С. Лившиц // Электротехническая промышленность. Сер. Электрические машины. – 1982. – № 5(135). – С. 12 – 15.
2. Никулин, С. В. Улучшение свойств щеточного контакта электрических машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.09.01 : защищена 28.06.08 : утв. 10.11.08 / С. В. Никулин. – Киров : ВятГУ, 2008. – 191 с.
3. Колесов, С. Л. Улучшение трибохарактеристик твердощеточного контакта электрических машин с помощью дисульфида молибдена: дис. ... канд. техн. наук : 05.09.01: защищена 15.04.01 : утв. 19.09.01 / С. Л. Колесов. – М. : МГУПИС, 2001. – 165 с.

А. А. Терехова, магистр, ассистент кафедры «Информационные системы и управление»,
И. А. Дьяков, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Информационные системы и управление»,
А. И. Дьяков, бакалавр кафедры «Информационные системы и управление»,
К. В. Иванова, магистр кафедры «Информационные системы и управление»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ АСУ

Аннотация. Рассмотрены статические устройства компенсации реактивной мощности, а также современные методы управления потоками реактивной мощности, которые основаны на нечеткой логике и искусственных нейронных сетях. Выявлены неоспоримые преимущества нейронной сети перед традиционными управляемыми устройствами компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: реактивная мощность, компенсатор, нейронные сети, управляемые устройства.

Аппараты, компенсирующие реактивную мощность электрической сети, предназначены для обеспечения показателей качества электрической энергии. Основная задача подобных систем – управление потреблением реактивной мощности при неопределенном количестве подключаемых потребителей. Задача управления состоит в том, чтобы по измеренным значениям напряжения и силы тока рассчитать $\cos\varphi$ и обеспечить его стремление к наилучшему значению, равному единице. С точки зрения организации межсистемных и системообразующих связей, а также транспорта электрической энергии, компенсаторы реактивной мощности вносят значительный вклад в статическую и динамическую устойчивость электроэнергетических систем. Серийно выпускаемые в настоящее время компенсаторы можно разделить на два основных класса: статические и электромашинные.

Статические компенсирующие устройства:

- 1) БСК – батареи статических компенсаторов;
- 2) реакторные группы;
- 3) УШР – управляемые шунтирующие реакторы;
- 4) СТК – статические тиристорные компенсаторы СТК;
- 5) СТАТКОМ – компенсаторы, выполненные на мощных IGBT-транзисторах.

Электромашинные компенсирующие устройства:

- 1) синхронные (СК) компенсаторы [1];
- 2) асинхронизированные (АСК) компенсаторы [1].

Также в настоящее время разрабатываются цифровые системы управления потоками реактивной мощности, основанные на применении искусственных нейронных сетей.

Особенность нейронных сетей заключается в их адаптивности на основе механизма обучения, что крайне важно в условиях неопределенности числа подключаемых потребителей. На начальном этапе эксперт подбирает представительные данные для нейронной сети, а затем запускает алгоритм обучения, который автоматически настраивает параметры сети. Фактически эксперт определяет набор эвристических знаний о вводимых данных, схеме их подготовки, а также выбирает архитектуру сети и варианты интерпретации результатов [2].

Структура нейронных сетей тесно связана с алгоритмами обучения. Существуют три фундаментальных класса нейросетевых архитектур:

- 1) однослойная нейронная сеть;
- 2) многослойная нейронная сеть;
- 3) рекуррентная нейронная сеть.

В однослойной сети нейроны располагаются по слоям. В элементарных вариантах сети существует входной слой источника, информация от которого передается на выходной слой нейронов. Такая ациклическая сеть является сетью прямого распространения (рис. 1).

При подсчете числа слоев не принимаются во внимание узлы источника. Помимо синаптических связей, для каждого нейрона, с элементами входного вектора настраивается связь с фиктивным единичным входом.

Так как выходные переменные могут принимать как бинарные, так и аналоговые значения, выбор вида активационных функций ограничен областью допустимых значений выходных сигналов, принятой для нормализации [3].

Второй класс нейронных сетей прямого распространения характеризуется наличием одного и более скрытых слоев. Узлы скрытых нейронов или скрытых элементов располагаются между внешним входным сигналом и выходом нейронной сети. Такая сеть позволяет выделять глобальные свойства данных с помощью локальных соединений за счет наличия дополнительных синаптических связей, а вследствие повышения уровня взаимодействия нейронов выделять статистические зависимости высокого порядка.

Узлы входного слоя формируют входной вектор входного сигнала, поступающий на нейроны второго слоя. Выходной вектор второго слоя является входным для третьего слоя и т.д. Выходной вектор последнего слоя определяет общий отклик сети.

Рекуррентная нейронная сеть отличается наличием обратных связей, например, может состоять из единственного слоя нейронов, каждый из которых направляет свой выходной сигнал на входы всех остальных нейронов слоя [4].

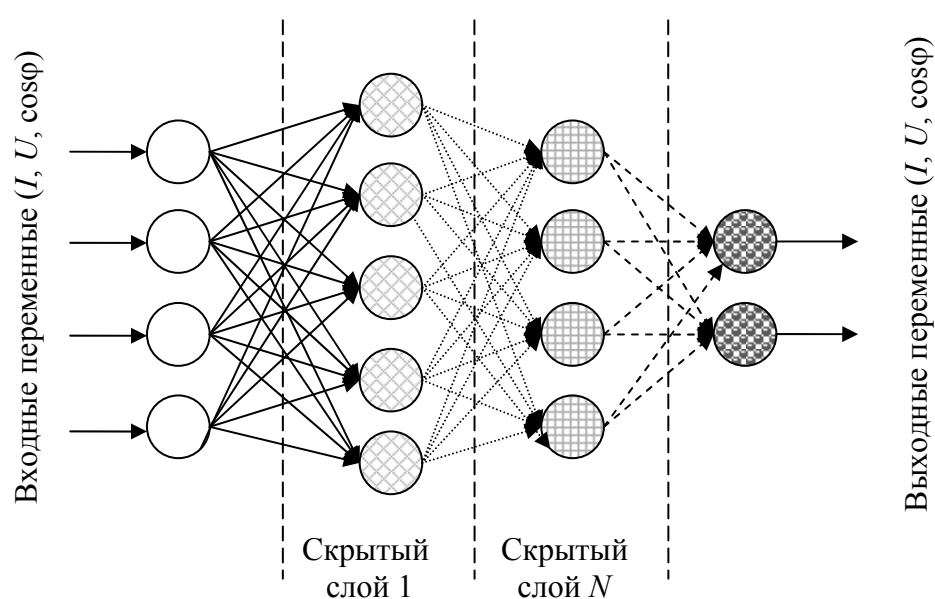


Рис. 1. Пример N -слойной нейронной сети

Обучаясь на множестве примеров, нейронная сеть способна в дальнейшем решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации. Применение нейронных сетей в качестве модели управления, учитывающей зависимости между входными и выходными данными показателей качества электрической сети, может показать преимущества перед традиционными способами реализации алгоритмов управления в схемах компенсации реактивной мощности.

Список литературы и источников

1. Отчет о разработке стратегической программы исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России». Российское энергетическое агентство. – М., 2012. – 53 с.
2. Бэнн, Д. В. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки / Д. В. Бэнн, Е. Д. Фармер ; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
3. Круглов, В. В. Гибридные нейронные сети / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – Смоленск : Русич, 2001. – 224 с.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

В. А. Тетушкин, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Экономическая безопасность и качество»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

МАРКЕТИНГОВЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Аннотация. Проанализированы демографические факторы стратегического планирования в энергетике. Представлены данные, отражающие показатели рынка энергетике и демографии населения. Сделан вывод о том, что все новые вызовы требуют со стороны мирового сообщества, ООН и G-20 неотложных стратегических решений по переходу к эконэкономике, по политике планирования семьи в развивающихся странах, расширению миграционной емкости развитых стран, реализации широкомасштабных программ по созданию многомиллионных рабочих мест в развивающихся странах. Тенденции, ведущие к уменьшению численности населения мира, угрожают депопуляцией планеты.

Ключевые слова: маркетинг, управление, стратегия, энергетика, демография, анализ, факторы.

Проведем анализ источников по исследуемой тематике. В работе [1] рассматриваются основные проблемы развития российского топливно-энергетического комплекса с учетом его роли в обеспечении экономической устойчивости страны в целом; дана оценка значимости стратегического планирования на государственном уровне в условиях макроэкономической нестабильности. В работе [2] рассмотрены территориальные особенности, определяющие приоритеты и сценарии проведения энергосберегающих мероприятий в зависимости от территориальной дифференциации; проанализирована энергоемкость в зависимости от удельного потребления топливно-энергетических ресурсов в регионах. Классифицированы виды программ и стратегий энергосбережения в условиях отбора сценариев повышения энергетической эффективности. В статье [3] проводится анализ современной системы стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России и обосновывается подход к оценке качества данной системы для регионального уровня. В статье [4] рассматриваются основные цели и задачи, а также условия очередного цикла разработки Энергетической стратегии России в контексте развития экономики, отраслей ТЭК и принимаемого нормативного документа по государственному стратегическому планированию; проанализированы некоторые результаты реализации предыдущих энергетических стратегий. Отмечен позитивный и негативный опыт предыдущих циклов разработки энергостратегий. Статья [5] содержит анализ современных концептуальных подходов к стратегическому планированию в энергетике России. На примере Энергетической стратегии России на период до 2030 года показан методологический переход от прогнозных сценариев энергетического будущего к целевой модели развития энергетике страны; обозначены принципы, стратегические ориентиры и приоритеты, основные составляющие и главные механизмы государственной энергетической политики, приведены количественные параметры развития экономики и энергетике, перечислены основные меры, предусмотренные стратегией. В рамках статьи [6] рассмотрены специфика и проблемы, связанные с экономическим анализом и планированием в энергетической сфере России. Указаны особенности планирования и анализа в энергетической сфере, а также причины, по которым традиционные подходы

не всегда эффективны. В работе [7] анализ тематических источников позволяет констатировать, что в настоящий период коррекция стратегической маркетинговой функции и маркетинговых программ экспертизы безопасности энергоснабжающих организаций реализуется.

1. Демографический фактор стратегического планирования в энергетике РФ

Демографические факторы являются естественным основанием для прогнозов потребления энергии. В развитых странах вслед за этим анализируются возможности экономии и оптимизации потребления. В странах ОЭСР душевое потребление энергии уже постепенно снижается – до 4,2 т н. э. в год. Россия – страна с большими возможностями энергосбережения. И ожидаемый в проекте энергостратегии рост энергопотребления на 17% к 2035 году находится в некотором контрасте с возможным сокращением населения, предполагая серьезный анализ возможной экономии ресурсов. В Индии и Китае энергопотребление растет и достигло, соответственно, 0,6 и 2,2 т н. э. на душу в год. При дальнейшем росте населения в Индии, его стабилизации в Китае удельное потребление энергии в обеих странах будет возрастать с учетом урбанизации и вариантов развития сложной демографической ситуации. Вместе с ожидаемыми подвижками в эффективности эти факторы дают широкий спектр прогнозов энергопотребления, а в силу этого и прогнозов импорта энергоресурсов. Повышение акцизов на бензин, дизель и дистилляты в России с 1 апреля даст бюджетной системе приличную сумму в 90 млрд. руб. в год, по расчетам Минфина [8].

В условиях спада экономики это выглядит как налог на более состоятельную – моторизованную – часть общества. Заметим, однако, что уровень обеспеченности населения страны автомобилями достиг 74 на 100 семей путем прямого расчета, или 61 по опросам Росстата. Так что теперь это скорее общий налог. Менее обеспеченные семьи могут или сократить интенсивность использования транспорта, или попытаться увеличить экономическую активность. Баланс будет варьировать по регионам, отраслям, стратам населения. Также повышение акцизов станет дополнительным фактором инфляции. Восстановление добычи и экспорта нефти в Иране, по всей вероятности, будет идти при некотором снижении добычи в США и росте мирового спроса при умеренных ценах. Естественное движение к рыночному равновесию будет сопровождаться переговорами по заморозке добычи, которые, по крайней мере, сдерживают игру на понижение на рынках фьючерсов. Дело не столько в формальном соглашении стран, которое трудно обеспечить мониторингом и дисциплинирующими механизмами. Но третий год огромных финансовых потерь из-за падения цен может привести к неформальной сдержанности экспортеров в добыче, которую легко объяснить падением прибыльности. В настоящее время в России идет очередной этап стратегического энергетического планирования, происходит корректировка существующих и формирование новых документов и планов. Одним из драйверов энергопотребления являются демографические факторы, в частности, изменение численности населения и его структуры. Международные организации отмечают риски убыли населения в России, при этом во внутрироссийских стратегических документах ожидается рост энергопотребления на 17%. При разработке стратегических документов развития энергетики России важно учитывать динамику численности населения и ее влияние на ТЭК. Население играет большую роль в формировании спроса на энергетические ресурсы – за счет как прямого, так и косвенного потребления (резиденты создают спрос на продукцию, что находит отражение в спросе на энергию со стороны промышленных предприятий, транспортного сектора и других крупных потребителей). В период

2000 – 2013 годов на долю домохозяйств и сферы услуг суммарно приходилось 22...26% конечного потребления энергии России.

При оценке будущих мировых трендов в энергетике, как правило, учитывают прогноз численности населения мира ООН (World Population Prospects). При этом зачастую используют базовый сценарий, хотя у ООН представлены восемь вариантов развития событий, предусматривающих разные значения уровня рождаемости, смертности и международной миграции. В базовый сценарий входит средний уровень рождаемости и нормальные показатели смертности и миграции. Далее рассмотрены три основных сценария, основанные на разном уровне рождаемости (средний, высокий, низкий). Россия относится к странам с низкими показателями рождаемости – по данным ООН, за период 2010 – 2015 годов суммарный коэффициент рождаемости в России составил 1,66 ребенка на женщину. За 1995 – 2008 годы численность населения России сократилась с 148,3 до 143,1 млн. чел., но в 2009 году тенденция изменилась и население страны стало медленно расти – в 2015 году в России проживало уже 143,5 млн. чел. (без учета Республики Крым и г. Севастополя). Оценки ООН по всем трем сценариям демонстрируют сокращение населения к 2035 году (Источник – UN, World Population Prospects, the 2015 Revision).

В России в период 1991 – 1998 годов резко упало потребление энергоресурсов, что во многом обусловлено резким спадом промышленного производства в постсоветский период. За 1998 – 2013 годы, по данным МЭА, потребление первичных энергоресурсов в России выросло на 24%, численность населения сократилась на 3%, вследствие чего потребление энергии на душу населения возросло на 29%. В прогнозе МЭА 2015 года ожидается рост спроса на первичную энергию в России к 2035 году на 6% (относительно 2013 года), увеличение конечного потребления энергии на 14%. В соответствии с проектом энергетической стратегии России на период до 2035 года (далее – проект ЭС-2035) ожидается рост внутреннего потребления первичных энергоресурсов к 2035 году на 17% (в целевом сценарии) (Источник – Минэнерго России, проект ЭС-2035).

ООН прогнозирует сокращение населения России на 1...10% (в зависимости от сценария) к 2035 году, вместе с этим, согласно проекту ЭС-2035, внутреннее энергопотребление вырастет на 12...17% к 2035 году. Во внутрироссийских документах и прогнозах ожидается существенный рост ВВП на душу населения, что отразится на увеличении показателей потребления. МВФ в прогнозе от апреля 2016 г. предполагает, что к 2021 году ВВП на душу населения в России возрастет до 29,5 тыс. долл. (с 25,4 тыс. долл. в 2015 году). Отметим также, что в целевом сценарии проекта ЭС-2035 средний темп ежегодного роста ВВП в 2015 – 2035 годах ожидается на уровне 3,1%. На изменение энергопотребления оказывает влияние не только динамика численности населения, но и изменение его структуры, а также процесс урбанизации. Так, по оценкам ООН, к 2035 году доля городского населения в России увеличится до 77,5% (с 74,0% в 2015 году). Для сравнения, в среднем по миру показатель вырастет с 54,0% до 61,7% за аналогичный период. Резкого скачка в уровне урбанизации в России не ожидается, в то время как, например, в развивающихся странах прогнозируется высокий рост доли городского населения. Тем не менее, даже небольшое увеличение городского населения отражается на уровне энергопотребления – возрастает роль общественного транспорта, происходит увеличение числа личных автомобилей, растет потребление электроэнергии и пр. Другим немаловажным фактором является процесс старения населения. По оценкам ООН, медианный возраст населения России к 2035 году увеличится до 43,6 лет

(с 38,7 в 2015 году), что также окажет влияние на изменение энергопотребления ввиду смены в потребительском поведении. С одной стороны, часть населения будет предъявлять спрос на более энергоемкие товары, с другой стороны, стареющее население, в частности пенсионеры, будет потреблять меньше энергии, экономить ее [8].

Однако под вопросом остается возможность более резкого и сильного падения численности населения. В соответствии со сценарием ООН, прогнозирующим низкий уровень рождаемости, население в России сократится до 128,7 млн. чел. к 2035 году, что на 5,1% ниже, чем в сценарии со средним уровнем рождаемости. При этом в консервативном сценарии проекта ЭС-2035 потребление энергоресурсов к 2035 году возрастет до 791 млн. т н. э., что на 4,6% меньше, чем в целевом сценарии. В сценариях проекта ЭС-2035 в качестве предположений не обозначены изменения в тенденциях численности населения России. Таким образом, можно предположить, с одной стороны, что консервативный сценарий отчасти учитывает более пессимистичные прогнозы численности населения. Это находит отражение в более низком потреблении энергоресурсов по сравнению с целевым сценарием.

С другой стороны, если в сценариях проекта ЭС-2035 не заложены различные варианты ООН относительно динамики населения, а для анализа взят за основу базовый сценарий (средний уровень рождаемости), то в случае низкого уровня рождаемости внутреннее потребление энергии (при прочих равных условиях) может быть ниже в обоих сценариях (консервативном и целевом) проекта ЭС-2035 в России. В энергетических документах России демографические факторы не часто затрагиваются напрямую, что объясняется плавными и медленными изменениями численности и структуры населения, в отличие от развивающихся стран. Тем не менее, важно учитывать возможные риски сокращения населения при корректировке стратегических документов ТЭК России [8] (Источник – ООН, Минэнерго России (проект ЭС-2035), Аналитический центр при Правительстве РФ).

2. Демография и энергопотребление развивающихся стран

Большинство долгосрочных энергетических прогнозов называют Китай и Индию драйверами мирового спроса на энергоресурсы. Определяющее значение имеет их многочисленное и растущее население, а также процессы урбанизации. При этом динамика численности населения, в т.ч. Китая и Индии, для энергетических прогнозов заимствуется из базового сценария демографического прогноза ООН, тогда как при применении альтернативных сценариев этого прогноза будущее энергопотребление показывает существенные изменения. В обеих странах высока неопределенность развития демографических трендов, что важно учитывать в планировании реализации экспортного потенциала нефтегазовой и электроэнергетической отрасли России. Проект энергетической стратегии России на период до 2035 года акцентирует внимание на роли развивающихся стран в мировой экономике, а также на Азиатско-Тихоокеанском регионе как важном импортере российских энергоресурсов и источнике диверсификации отечественного экспорта. Планируется не только развивать сотрудничество с Китаем по линии нефти и газа, но и начать туда поставки электроэнергии. Эта страна уже сейчас занимает первое место по внешнеторговому обороту с Россией. Индия пока не является нашим крупным торговым партнером, но ожидается расширение сотрудничества. Сейчас развивающиеся страны имеют существенно более низкий уровень энергопотребления на душу населения, чем развитые: жители стран – членов ОЭСР в 2013 году потребили в 3 раза больше энергоресурсов на душу, чем жители остальных стран. При этом

соотношение численности населения этих двух групп обратно – на страны ОЭСР приходится в 5 раз меньше жителей. Если брать развитые страны как «эталон» энергопотребления, то потенциал роста для развивающихся огромен [8].

Важны следующие демографические факторы.

1. Рост численности населения. Имеет основное значение для соответствующего роста энергопотребления.

2. Урбанизация населения. Городскому населению относительно сельского, как правило, свойственна другая модель потребления энергии как в силу более высокого уровня жизни, так и наличия в городах соответствующей инфраструктуры (далеко не во все сельские районы бедных стран проведено электричество, не говоря о телекоммуникациях).

3. Изменение возрастной структуры населения. В части развивающихся стран население в среднем «молодеет» (в основном африканские страны), в части – «взрослеет» и создает семьи. Во втором случае растет спрос на энергоемкие товары – автомобили, электронику, происходит улучшение жилищных условий.

4. Миграция населения в развитые страны. Этот аспект имеет скорее понижающее значение для динамики энергопотребления развивающейся страны.

Суммарное население Китая и Индии в 2015 году составляло 37% от мирового, а их конечное энергопотребление в 2013 году – 26%. Энергопотребление на душу населения в Китае стремительно растет с начала 2000-х годов, тогда как в Индии рост не так высок, но тоже заметен. ООН прогнозирует рост населения на 25% в Индии к 2040 году по сравнению с 2015 годом, и только на 1% – в Китае. Расчеты МЭА показывают 40-процентный рост конечного энергопотребления для обеих стран в 2040 году по сравнению с 2013 годом. Далее рассмотрим альтернативные варианты прогноза численности ООН, эффект их применения при прогнозировании энергопотребления, а также актуальные для ТЭК демографические особенности Китая и Индии.

Долгосрочные энергетические прогнозы по-разному оценивают экономические и технологические факторы, влияющие на энергопотребление, содержат разные наборы сценариев, но в качестве демографических предпосылок все они, в основном, используют базовый сценарий прогноза численности населения ООН (сценарий среднего уровня рождаемости).

Например, по сценарию низкой рождаемости по сравнению с базовым к 2040 году население Китая будет ниже на 87 млн. чел. (6%), Индии – на 123 млн. чел. (7%); в сумме это больше населения России. Сценарии также различаются по половозрастной структуре. Медианный возраст жителей мира растет во всех сценариях – население «взрослеет» и «стареет», разрыв между медианными возрастными группами разных сценариев для Индии выше, чем для Китая, и население там в целом моложе. Пропорциональное росту населения увеличение энергопотребления считается приемлемым в научной литературе, но подчеркивается дополнительный эффект от урбанизации. Так, энергопотребление в вариантах высокой рождаемости может оказаться еще выше, чем при пропорциональной экстраполяции, для Китая и Индии, где доля городского населения к 2040 году вырастет, по оценкам ООН, на 17 и 12 п. п. соответственно. Если же пропорционально экстраполировать соотношение населения в разных сценариях ООН на базовый сценарий МЭА (New Policies), то получится, что в случае высокой рождаемости энергопотребление мира в 2040 году будет на 845 млн. т н. э. выше, чем в случае средней, а в случае низкой – на 764 млн. т н. э. ниже. Данные величины выше, чем, например, текущее годовое энергопотребление Индии. Вариант низкой

рождаемости предполагает все же более высокое потребление, чем сценарий серьезного ужесточения климатической политики МЭА, но экономия некоторых стран существенна – минус 154 млн. т н. э. в Китае в 2040 году. Для сравнения, экспорт нефти из России в Китай в 2015 году составил 42 млн. т. [8].

Современный глобальный демографический переход, последовавший за взрывным ростом численности населения планеты в XX в., обостряет экологические, социально-экономические и геополитические проблемы в мире [9]. Человечество ожидают серьезные продовольственные и энергетические кризисы. Структурно-демографические тенденции ведут к увеличению доли пенсионеров в развитых странах и доли молодежи в развивающихся, что оказывает нарастающее давление на миграционные потоки из бедных стран Юга в богатые страны Севера.

Список литературы и источников

1. Сухина, Н. Ю. Стратегическое планирование как основа формирования эффективного топливно-энергетического комплекса и энергетической безопасности России / Н. Ю. Сухина, В. С. Стариковский // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 5. Экономика. – 2012. – № 3(104). – С. 113 – 117.
2. Смагина, М. Н. Повышения энергетической эффективности на региональном уровне с использованием инструментов стратегического планирования / М. Н. Смагина, А. Ш. Хасанова // Вестник экономики, права и социологии. – 2015. – № 3. – С. 97 – 99.
3. Жигалов, В. М. Современная система стратегического планирования энергосбережения и повышения энергоэффективности в России в контексте новой климатической политики / В. М. Жигалов, Н. В. Пахомова // Проблемы современной экономики. – 2015. – № 3(55). – С. 62 – 72.
4. Макаров, А. А. Условия и цели очередного цикла разработки энергетической стратегии России / А. А. Макаров // Энергетическая политика. – 2013. – № 2. – С. 19 – 25.
5. Громов, А. И. Новое в стратегическом планировании в энергетике России: от прогнозных сценариев к целевой модели развития / А. И. Громов // Энергетическая политика. – 2010. – № 1. – С. 51 – 62.
6. Тимохин, Д. В. Совершенствование инструментария экономического анализа и планирования в сфере энергетики / Д. В. Тимохин, М. С. Иванова, Е. А. Мякота // Экономика в промышленности. – 2014. – № 3. – С. 63 – 69.
7. Нисковских, М. А. Рыночная эффективность маркетинговых программ экспертизы безопасности энергостроительного комплекса РФ / М. А. Нисковских // Гуманизация образования. – 2011. – № 4. – С. 87 – 91.
8. Энергетический бюллетень / Л. Григорьев, А. Голяшев, В. Гимади, А. М. Курдин. – Апрель 2016. – № 35.
9. Акаев, А. А. Вызовы глобального демографического перехода и неотложность стратегических решений / А. А. Акаев, Б. А. Акаева // Век глобализации. – 2011. – № 1. – С. 44 – 66.

И. В. Якунина, канд. хим. наук, доц., доц. кафедры
«Природопользование и защита окружающей среды»,

А. А. Балашов, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры
«Энергосбережение предприятий и теплотехника»,

П. А. Абрашкин, студент кафедры «Энергосбережение предприятий и теплотехника»
(Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. Рассмотрены различные типы систем водяного отопления с точки зрения их инерционности, разработаны подходы, позволяющие экономить энергию при отоплении жилых зданий и сооружений. Предложен метод выбора систем водяного отопления с учетом внешних факторов.

Ключевые слова: водяное отопление, инерционность, отопительные приборы, факторы.

Предлагаемый метод выбора энергосберегающих систем отопления для жилых помещений и зданий основывается на: установлении факторов, оказывающих непосредственное влияние на выбор систем отопления; приоритетности действия факторов и их взаимодействия между собой, а также выборе конструкции систем отопления [1 – 3].

Под фактором понимается совокупность физических параметров, которые оптимально характеризуют условия работы системы.

При выборе системы водяного отопления можно руководствоваться следующими факторами: экономическим (ФЭ), уровнем комфорта (ФК), места установки (ФМУ), автономности системы (ФА). Однако основной целью метода выбора энергосберегающих систем водяного отопления является поиск такого варианта, который удовлетворял бы всем факторам сразу.

Благодаря оптимальному подбору, экономичность высокоэффективной системы отопления за годы эксплуатации окупит стоимость материалов и монтажных работ и начнет приносить выгоду. Экономичность используемых систем отопления обусловлена значениями температурных кривых отопительных приборов и инерционности. Чем инерционней система, и более эффективны отопительные приборы, тем экономичнее будет система отопления. Однако экономический фактор существенно ограничивают три других фактора – фактор места установки, фактор комфорта и фактор автономности.

Фактор «места установки» отопительных систем определяет доступность к различным коммунальным системам. Рассматривая данный фактор, можно выделить четыре основных варианта места установки с их примерной характеристикой: город (коммунальные службы работают оперативно, постоянная подача электричества, воды и газа); пригород (коммунальные службы работают с задержками, подача газа, электричества – с небольшими перебоями, централизованное водоснабжение не повсеместно); поселок городского типа (коммунальные службы работают плохо, постоянные перебои электричества, газа и воды); деревня (коммунальные службы отсутствуют, электричество с перебоями, централизованной подачи газа и воды нет).

Под фактором «комфорта» подразумевается удобство эксплуатации системы отопления вместе с отопительным прибором, а также способность системы удерживать нужное время требуемую температуру. На данный фактор оказывает влияние тип отопительного прибора и система водяного отопления.

Под фактором «автономности» системы водяного отопления подразумевается автономность от участия в ее работе подсистем и различных видов коммуникаций. Автономность системы очень важна, чем более удален потребитель от городских центров, экстренных и аварийных служб, тем лучше должна быть ее автономность.

Таким образом, учитывая рассмотренные факторы, предложена схема выбора системы водяного отопления, с учетом удовлетворения всех факторов, которая представлена на рис. 1, с учетом низкотемпературных систем (НТС) и высокотемпературных систем (ВТС) отопления.

На данной схеме (рис. 1) показаны варианты конструкций систем отопления в зависимости от перечисленных факторов. Основным фактором является фактор «места установки», так как это имеет определяющее значение. Предложена разбивка мест установки системы отопления по степени урбанизации территорий. Разумеется, схема не является руководством к действию, однако она наглядно показывает логику выбора конструкции системы отопления, выбора отопительного прибора с различными вариациями.

Также, в данной схеме (рис. 1) обозначены действия факторов. Так как ключевым фактором в выборе конструкции системы отопления является ее место установки, то были выбраны возможные варианты мест установки с различными условиями эксплуатации системы.

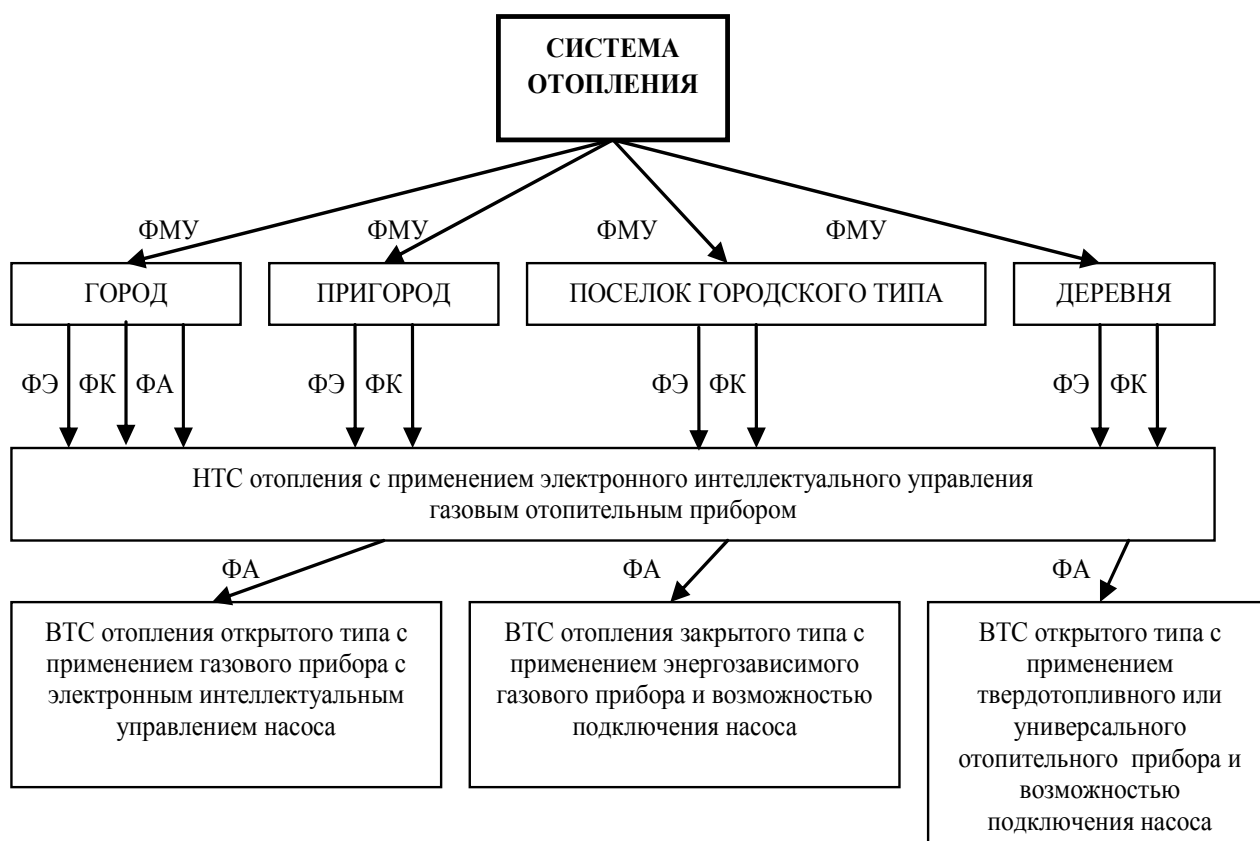


Рис. 1. Схема выбора системы отопления

После действия фактора места установки, когда известны условия, в которых придется конструировать систему отопления, действует фактор экономичности эксплуатации системы отопления, а, соответственно, и фактор комфорта, которые будут взаимодействовать между собой в разных условиях по-разному. Это приведет к противоречию действия фактора комфорта, который, в свою очередь, будет зависеть от фактора автономности. В отдельных случаях фактор автономности системы отопления будет превращать фактор комфорта в фактор безопасности. Действия фактора экономичности системы отопления будет диктовать самый экономичный вариант в эксплуатации, а действие фактора комфорта, который является наиболее приоритетным, в данном случае, предъявляет требования, которые очень часто вступают в противоречие с фактором экономичности.

Таким образом, определяется не только метод выбора конструкции системы отопления, но и расстановка факторов по приоритетности своего значения:

- 1) фактор места установки;
- 2) фактор комфорта, который включает в себя автономность и безопасность системы отопления;
- 3) экономический фактор.

Каждый фактор будет влиять на конструкцию системы отопления, и вносить свои требования.

Низкотемпературная система отопления с применением электронного интеллектуального управления газовым отопительным прибором, является наиболее эффективной системой, поскольку КПД при температурах ниже 62 °С приближается к 98%. Применяя высокоэффективные отопительные приборы конвекционного типа, обеспечивается наиболее быстрый прогрев помещения. Применяя электронное интеллектуальное управление получаем систему, которая регулирует температуру в помещении, в зависимости от погодных условий на улице и в зависимости от количества в помещении людей. Если в помещении люди отсутствуют, то для системы отопления достаточна температура теплоносителя 15 °С. Способность быстро разогреться и прогревать помещение за счет малой инерционности системы отопления приводит к экономии денежных средств, повышению экологичности системы отопления, повышению безопасности, так как в отсутствии человека отопительный газовый прибор будет работать в дежурном режиме.

Высокотемпературная система отопления открытого типа с применением газового прибора с электронным интеллектуальным управлением насоса и процесса горения. Так как система отопления является высокотемпературной, а также инерционной, то большой запас тепла после остановки отопительного прибора из-за перебоев газа или электроэнергии будет хранить теплоноситель, и долгое время сможет поддерживать температуру в помещении. За это время коммунальные службы справятся с неисправностями, и восстановят работу всех коммунальных систем. Применяя систему отопления открытого типа, получаем независимую систему от водоснабжения, так как в условиях отсутствия водоснабжения систему придется заполнять в ручном режиме.

Высокотемпературная система отопления закрытого типа с применением энергонезависимого газового прибора и возможностью подключения насоса. В поселке городского типа, как правило, присутствуют все коммунальные системы, но их надежность из-за малой численности обслуживающего персонала и плохого технического оснащения аварийных служб оставляет желать лучшего. Применяя систему отопления закрытого типа повышается удоб-

ство ее эксплуатации, так как избавляемся от проблемы контроля уровня теплоносителя в расширительном баке. Применение насоса дает возможность повысить экономичность и эффективность системы отопления, снижая ее инерционность, так как насос обеспечит постоянную циркуляцию теплоносителя с одной скоростью независимо от температуры. В случае отключения электроэнергии, отопительный прибор будет способен работать, так как он является в этом отношении энергонезависимым, при этом отключится электронасос, и скорость теплоносителя замедлится. Вследствие этого температура системы отопления будет возрастать, а ее эффективность падать, так как система перейдет в инерционный режим работы. В этом режиме теплоноситель будет протекать по системе за счет разницы в плотности горячего и холодного теплоносителя, для чего необходима существенная разность температур.

Высокотемпературная система отопления открытого типа с применением твердотопливного или универсального отопительного прибора и возможностью подключения насоса. Данная система является наиболее оптимальной для установки в деревенском доме, и тогда нецелесообразно строить и использовать систему отопления. Тогда в такой местности при выборе системы отопления будут работать факторы безопасности и автономности. В данной системе предусмотрен электронасос, который будет прокачивать теплоноситель по трубам независимо от его температуры. При этом насос можно будет применять как при работе прибора на газе, так и на твердом топливе. Применение открытого расширительного бака обусловлено отсутствием водопровода и сложностью закачки теплоносителя в систему под давлением. Даже в случае выхода всех коммуникационных систем из строя, данная конструкция системы отопления позволяет ее эксплуатировать длительное время на твердом топливе без насоса, применяя ее высокую инерционность.

Таким образом, выбор системы отопления должен быть обусловлен не себестоимостью материалов и монтажных работ, а взаимодействием факторов, влияющих на безопасность, энергосбережение и экологичность [1 – 3]. При этом экономические затраты на постройку более дорогой системы окупятся с течением времени за счет энергосбережения и уменьшения расходов на обслуживание системы отопления и отопительного прибора.

Список литературы и источников

1. Рыжков, Д. В. Исследование эффективности управления системой теплоснабжения квест-комнаты, разработанной по технологии умный дом / Д. В. Рыжков, Г. Р. Зайнуллина // Поволжский научный вестник. – 2017. – № 1. – С. 55 – 58.
2. Ключников, А. Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия / А. Д. Ключников // Теплоэнергетика. – 1994. – № 1. – С. 12 – 16.
3. Юшкова, А. Н. Повышение энергоэффективности в жилых зданиях при реконструкции / А. Н. Юшкова, А. Д. Кузьмин // E-Scio. – 2019. – № 4(31). – С. 258 – 267.

Научное электронное издание

**ИНЖЕНЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ,
ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАЗОВАНИЯ**

(к 15-летию Ассоциации «Объединенный университет
имени В. И. Вернадского»)

В 4-х томах

**Том I: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ
В ИНФОРМАЦИОННОЙ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И
РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРАХ**

Материалы Международной научно-практической конференции

Редакторы: И. В. Калистратова, Л. В. Комбарова, Е. С. Мордасова
Инженеры по компьютерному макетированию: И. В. Евсева, Т. Ю. Зотова, М. Н. Рыжкова

ISBN 978-5-8265-2148-9



Подписано к использованию 10.12.2019.
Тираж 100 шт. Заказ № 147

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Тел. 8(4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru

