

№ 5 (79) сентябрь-октябрь 2013

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Государственный университет —
учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет – УНПК)

Редакционный совет

Голенков В.А., председатель
Радченко С.Ю., заместитель председателя
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,
Колчунов В.И., Константинов И.С.,
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)
Бок Т. (Мюнхен, Федеративная Республика Германия)
Гайндрик К. (Кишинев, Молдова)
Долгий А. (Сент-Этьен, Франция)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Ипатов О.С. (Санкт-Петербург, Россия)
Колоколов Ю.В. (Ханты-Мансийск, Россия)
Коськин А.В. (Орел, Россия)
Маркарян Г. (Ланкастер, Великобритания)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Распопов В.Я. (Тула, Россия)

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-71
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах.....72-79
3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.....80-89
4. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....90-111
5. Информационная безопасность и защита информации.....112-128

Редакция

О.И. Константинова
К.Д. Авазова
А.А. Митин

Сдано в набор 15.08.2013 г.

Подписано в печать 26.08.2013 г.

Формат 60x88 1/8.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.

Заказ № 54/13П2

*Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе*

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Подписной индекс 15998

по объединенному каталогу

«Пресса России»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части ГК РФ.

Журнал входит в **Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий**, определенных ВАК для публикации трудов на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

Адрес учредителя журнала

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40
(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;
E-mail: isit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Св-во о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47350 от 03.11.2011 г.

©Госуниверситет – УНПК, 2013

№ 5 (79) September-October 2013

The journal is published since 2002, leaves six times a year

The founder – State University – Education-Science-Production Complex

Editorial council

Golenkov V.A., president
Radchenko S.Y., vice-president
Borzenkov M.I., secretary

Astafichev P.A., Ivanova T.N., Kirichek A.V.,
Kolchunov V.I., Konstantinov I.S.,
Novikov A.N., Popova L.V., Ctepanov Y.S.

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

Arhipov O.P. (Orel, Russia)
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)
Bok T. (Munich, Federal Republic of Germany)
Gaindrik K. (Kishinev, Moldova)
Dolgij A. (Saint-Etienne, France)
Eremenko V.T. (Orel, Russia)
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)
Ipatov O.S. (St. Petersburg, Russia)
Kolokolov J.V. (Khanty-Mansiysk, Russia)
Koskin A.V. (Orel, Russia)
Markaryan G. (Lancaster, Great Britain)
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Raspopov V.Ya. (Tula, Russia)

*It is sent to the printer's on 15.08.2013,
26.08.2013 is put to bed
Format 60x88 1/8.*

*Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies
The order № 54/13П2*

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of State University – ESPC
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue
«Pressa Rossii» 15998*

In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-71
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....72-79
3. Automation and control of technological processes and manufactures.....80-89
4. Telecommunication systems and computer networks.....90-111
5. Information and data security.....112-128

The editors

Konstantinova O.I.
Avazova K.D.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 29
(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;
E-mail: unpk@ostu.ru

The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;
E-mail: isit@ostu.ru

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.
The certificate of registration
ПИ № ФС77-47350 from 03.11.2011.*

© State University – ESPC, 2013

Journal is included into the list of the Higher Attestation Commission for publishing the results of theses for competition the academic degrees.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

АНИСИМОВ Д.В.

Моделирование состояний пропускной способности беспроводного канала сети передачи данных газотранспортного предприятия на основе насыщенных цепей Маркова.....5-14

ВЕРХОТУРОВ М.А., ВЕРХОТУРОВА Г.Н., ЯГУДИН Р.Р.

Динамическая схема использования условий взаимного непересечения при решении задачи плотной упаковки невыпуклых многогранников.....15-23

ЕРЕМЕНКО А.В.

Автоматизация испытаний конформности модульных структур сбора и обработки данных АСУ промышленного предприятия.....24-30

ЗЕЛЬМАНСКИЙ О.Б.

Модуль классификации речи для систем защиты акустической информации.....31-38

ЛАЗАРЕВ С.Н.

Математическая модель процесса сервисного обслуживания средств вычислительной техники промышленных предприятий.....39-44

ЛОБАНОВА В.А., ФОКИН М.А., БОРИСОВ О.М.

Модель нечёткого регулятора расхода топлива в ректификационной колонне.....45-53

МЕГАЕВ К.А.

Оптимизация технических возможностей реализаций протоколов информационного обмена в среде корпоративных порталов.....54-62

ГУСОВ Е.Л.

Моделирование процессов пуска асинхронного двигателя с квазичастотным управлением.....63-71

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

МУСИХИНА Е.А.

Прогнозирование антропогенного воздействия на водные ресурсы.....72-79

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

АВЕРЧЕНКОВ В.И., ФИЛИППОВА Л.Б.

Автоматизация определения величины коррекции на инструмент в процессе подготовки производства при использовании активных датчиков контроля инструмента контактного типа.....80-89

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

ЕРЁМЕНКО В.Т., РЯБОКОНЬ В.В.

Метод автоматизации поиска бинарных вставок в исходных текстах программного обеспечения.....90-94

КОРОЛЕВ А.В., КОРНИЛОВ С.А., ГРИГОРЬЕВ А.М.

Обоснование архитектуры сетей следующего поколения.....95-103

ЛЯКИШЕВ А.А.

Моделирование процессов информационного обмена в модульных структурах систем сбора и обработки данных АСУ газотранспортного предприятия.....104-111

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

ГОРЮНОВ М.Н., ЕРЁМЕНКО В.Т., ЕРШОВ А.Л., МАЦКЕВИЧ А.Г.

Распознавание функциональных объектов программного обеспечения в условиях отсутствия исходных текстов.....112-120

ЕРЁМЕНКО С.В.

Подход к разработке архитектуры защиты данных корпоративных порталов газотранспортного предприятия.....121-128

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

D.V. ANISIMOV

Modeling wireless channel bandwidth data transmission network gas transportation company based on saturated Markov's chain5-14

M.A. VERXOTUROV, G.N. VERXOTUROVA, R.R. YaGUDIN

Dynamic usage of no-fit polyhedron for solving the non-convex polyhedrons dense packing problem.....15-23

A.V. ERYoMENKO

Automating the testing of conformity of modular structures for collecting and processing the data management information system of an industrial enterprise.....24-30

O.B. ZEL'MANSKIJ

Speech classification module for acoustic information security systems.....31-38

S.N. LAZAREV

Mathematical model of process servicing of computer equipment industrial enterprises.....39-44

V.A. LOBANOVA, M.A. FOKIN, O.M. BORISOV

A model of fuzzy-logic controller of crude oil consumption in distillation column.....45-53

K.A. MEGAEV

Mathematical model of optimization technically possible implementations of the protocol information exchange among corporate portals.....54-62

E.L. TUSOV

Modeling of asynchronous motor start-up processes with quasi frequency control.....63-71

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

E.A. MUSIXINA

Forecast of anthropogenic pressure at the water resources.....72-79

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

V.I. AVERChENKOV, L.B. FILLIPOVA

Determination of automation tool compensation values in the preparation of production of the use of active sensor control tool type of contact.....80-89

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

V.T. ERYoMENKO, V.V. RYaBOKON'

Automation of searching binary objects in software source code.....90-94

A.V. KOROLYoV, S.A. KORNILOV, A.M. GRIGOR'EV

Justification of network architecture next generation.....95-103

A.A. LYAKIShEV

Modeling of information processes exchange in modular structures of data collection and processing systems ACS gas transportation company.....104-111

INFORMATION AND DATA SECURITY

M.N. GORYuNOV, V.T. ERYoMENKO, A.L. ERShOV, A.G. MACzKEVICH

Recognition of software functional objects in the absence of the source text.....112-120

S.V. ERYoMENKO

Approach to the development of architecture data protection corporate portals gas transportation company.....121-128

Д.В. АНИСИМОВ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
НА ОСНОВЕ НАСЫЩЕННЫХ ЦЕПЕЙ МАРКОВА**

В статье исследуются состояния пропускной способности беспроводного канала сети передачи данных газотранспортного предприятия. Представленная в работе модель использует модифицированную цепь Маркова, описывающую функционирование распределённой функции координации на канальном уровне, для стандартов IEEE 802.11 в насыщенных и ненасыщенных состояниях сети.

Ключевые слова: беспроводная сеть; пропускная способность; Марковская цепь.

ВВЕДЕНИЕ

Газотранспортные предприятия (ГТП) являются территориально распределёнными объектами с многоуровневой иерархией управления и большим количеством подразделений. В связи с этим существует потребность использования беспроводных сегментов в существующих промышленных сетях ГТП, где их использование имеет экономическую и практическую целесообразность. Одной из востребованных в данной отрасли технологией беспроводной передачи данных является семейство стандартов IEEE 802.11. Несмотря на положительные стороны данной технологии, имеются и некоторые недостатки. Одним из самых важных недостатков является особенность использования среды передачи данных, так как станции в распределённой среде могут передавать пакеты без учёта возможности передачи другими станциями. Это может вызвать перегрузку всей сети. Поэтому управление доступом является важной задачей для поддержания качества обслуживания (QoS) для беспроводных сетей [1-5].

Стандарт IEEE 802.11 определяет следующие два механизма контроля доступа:

- с распределённой функцией координации (DCF);
- с дополнительной точкой функции координации (PCF).

Хотя стандарт определяет применение QoS с поддержкой механизмов канального уровня, однако как применять эти механизмы, он не описывает. Среди различных вопросов по обеспечению QoS управление доступом является одним из важнейших для обеспечения гарантированных параметров качественного обслуживания, что очень важно при использовании в информационной структуре ГТП. Цель управления доступом – ограничить объем трафика определенного класса обслуживания так, чтобы существующие потоки при этом не ухудшились и в то же время основные ресурсы могли быть максимально использованы [6].

Наиболее известные подходы в стандартах IEEE 802.11 направлены на выполнение доступа с распределённой функцией координации и описываются аналитическими моделями [4, 5, 7-17], а также в виде результатов моделирования [18, 19]. Большинство из них используют предположение, что все мобильные станции всегда имеют готовый к передаче пакет и имеют только насыщенную пропускную способность канала в условиях нагрузки. Некоторые стратегии управления доступом, предложенные в [1-2, 4-5], обеспечивают количественные гарантии пропускной способности на основе насыщенной пропускной способности. Santieni [20] предлагает модель анализа производительности с учетом различной насыщенности для конечных источников нагрузки.

Разработанная модель описывает управление доступом для распределённой функции координации, используемой в стандартах 802.11 и реализующей механизм доступа на основе

анализа насыщенных и ненасыщенных состояний для беспроводного канала. В данной реализации предложена модифицированная модель Маркова на основе работы Bianchi [10] для анализа канала с DCF в насыщенных и ненасыщенных состояниях, принимая во внимание факт существования семафора нагрузки, что, в свою очередь, говорит о том, что некоторые станции могут простаивать (не осуществлять передачу данных). Таким образом, в описываемой модели предполагается, что станция не всегда имеет готовый к передаче пакет. С другой стороны, ошибки кадров и ограничение ретрансляции будут иметь значительное влияние на производительность беспроводного канала, что также будет учтено при анализе. Таким образом, данная аналитическая модель лучше описывает реальную ситуацию, учитывая многолучевой эффект, замирание сигнала и мобильность станции, которые могут привести к неудачной передаче кадров.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Канал сегмента беспроводной сети стандарта IEEE 802.11 представляет собой среду передачи между абонентским устройством и точкой доступа. В такой сети основным элементом является точка доступа, так как через неё происходит обмен данными между компонентами организуемой локальной сети, а также возможно подключение к различным внешним сетям.

Стандарт 802.11 предусматривает использование полудуплексных приёмопередатчиков, поэтому в таких беспроводных сетях станция не может обнаружить коллизию во время передачи. Решается эта проблема путем использования метода доступа с распределённой функцией координации (Distributed Coordination Function, DCF), основанного на множественном доступе с контролем несущей с предотвращением столкновений (Carrier Sense Multiple Access with collision avoidance, CSMA/CA). DCF – это функция асинхронной передачи данных, базирующаяся на схеме двоичной экспоненциальной задержки (Binary Exponential Backoff) для исключения столкновений при одновременной передаче несколькими станциями. Она заключается в следующем: станция, желающая передавать, тестирует канал; если не обнаружено активности в течение интервала времени DIFS (DCF interframe space), ожидает случайный промежуток времени, определяемый таймером случайной задержки (Random Backoff Timer), и в случае, если канал всё ещё свободен, начинает передачу. В случае успешной доставки кадра принимающая станция ожидает интервал времени SIFS (Short InterFrame Space) и затем посылает кадр подтверждения ACK (Acknowledge), а если подтверждения ACK отсутствует, передающая станция делает предположение, что произошло столкновение процессов и кадр данных передаётся снова через случайный промежуток времени.

Таймер случайной задержки случайным образом выбирает значение в интервале $[0, CW-1]$, где CW – значение ширины окна конкуренции (Contention Window). Значение CW по умолчанию устанавливается производителем сетевого оборудования и хранится в памяти устройства. Случайное значение представляет собой количество канальных интервалов по стандарту 802.11, в течение которых станция уже после освобождения среды в окне конкуренции должна воздержаться от передачи [3]. При первой попытке передачи конкурентному окну присваивается значение CW_{min} , которое является минимальным окном конкуренции. После каждой неудачной повторной передачи CW удваивается, пока не достигнет максимального значения, равного $CW_{max} = 2^m CW_{min}$. Если несколько станций соревнуются за доступ к каналу и у одной из станций канальный интервал заканчивается, она начинает передавать, а другие станции переводятся в режим ожидания. В течение канального интервала станции проверяют, свободна ли среда; если среда свободна, уменьшают значения счётчика, в противном случае – приостанавливают процедуру и текущие значения счётчиков не изменяют. Когда среда освобождается вновь, эти станции соревнуются с уже имеющимися значениями канальных интервалов. Станция начинает передачу пакета, когда счётчик достигнет нуля [3, 10].

Канальный уровень сетей стандарта 802.11 определяет два режима передачи при использовании метода доступа DCF [21]:

- без предварительной установки соединения. В этом режиме станция назначения незамедлительно передает положительное подтверждение ACK для информирования успешного приема пакетов, передаваемых станцией отправителем. Схема передачи кадров без предварительной установки соединения представлена на рисунке 1;

- с предварительной установкой соединения. Данный режим использует метод Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS), в котором посылающая станция передает кадр RTS и ждёт ответа точки доступа с кадром CTS. Сигнал CTS заставляет все станции в сети отложить свои передачи на время завершения сеанса связи и получения кадра ACK передающей станцией. Использование метода RTS/CTS опционально и задается на стадии инициализации сети. Этот режим позволяет решить проблему скрытых узлов и повысить производительность в случае, когда большое количество станций конкурируют за возможность использования беспроводного канала. Схема передачи кадров в режиме RTS/CTS представлена на рисунке 2.



Рисунок 1 – Схема передачи кадров без предварительной установки соединения

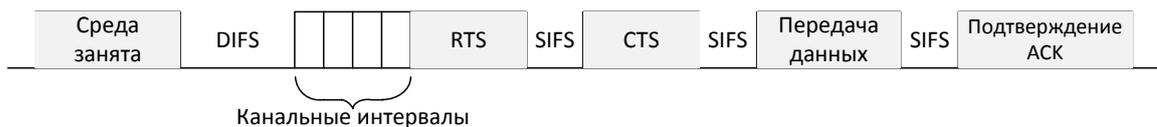


Рисунок 2 – Схема передачи кадров в режиме RTS/CTS

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ

Предлагаемая аналитическая модель основывается на цепи Маркова, показанной на рисунке 3. В большинстве существующих подходов предполагается, что система находится в состоянии насыщения, однако на практике станция не всегда имеет пакет, готовый к передаче. Предлагаемая модель рассматривает ненасыщенные состояния для N мобильных станций, которые конкурируют за беспроводный канал точки доступа (Access Point Name, APN), к которой они подключены.

В работе [10] исследована пропускная способность с нагрузкой, описываемой в виде пуассоновского потока. Это значит, что с увеличением скорости входящего потока происходит насыщение сети. Чтобы гарантировать ненасыщенное состояние, характер поступления пакетов для мобильной станции k описывается моделью M/M/1 [22]. Сделано предположение, что для станции k поступление пакетов описывается в виде пуассоновского процесса с интенсивностью λ_k и скоростью обработки пакетов μ_k , следовательно, вероятность пустой очереди (вероятность отсутствия передачи) у станции k

$$q = 1 - \lambda_k / \mu_k. \quad (1)$$

Также сделано предположение, что размер буфера бесконечен. Если размер буфера конечен, то система описывается моделью M/M/1/N и, следовательно, может быть описана с помощью вероятности пустой очереди. В случае резкого возрастания трафика среднее геометрическое распределение числа пакетов в каждом канале равно интенсивности поступления пакетов λ_k .

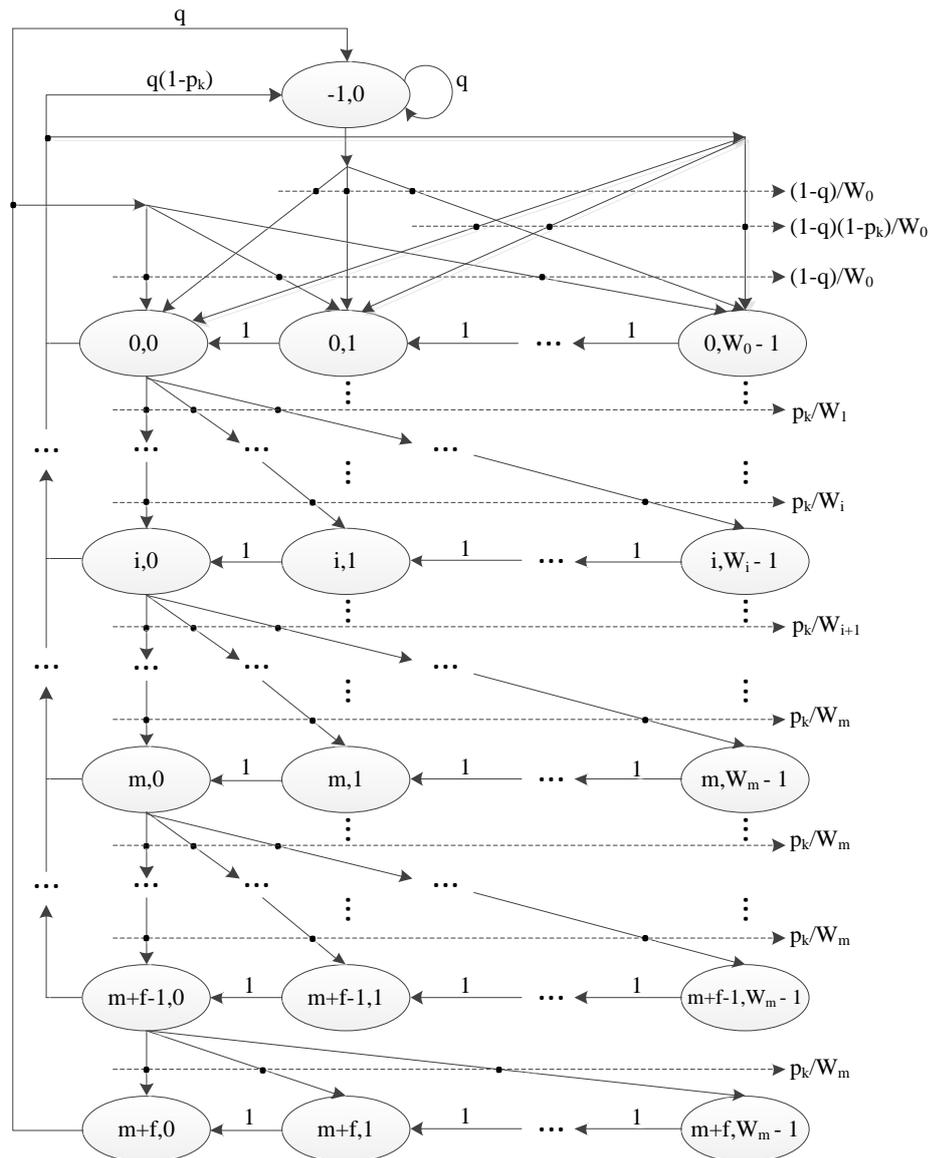


Рисунок 3 – Цепь Маркова, описывающая насыщенное и ненасыщенное состояние сети

Пусть $b(t)$ – случайный процесс, представляющий размер окна конкуренции (задержки) для определённой станции в интервале времени t , $s(t)$ – стохастический процесс, представляющий этап задержки $(0, \dots, m, \dots, m+f)$. Обозначим вероятность ошибки кадра как p_f , вероятность столкновения пакетов для мобильной станции k как p_c . Вероятность ошибки кадров и вероятность столкновения процессов являются независимыми. На рисунке 3 видно, что переход от одного этапа к следующему этапу вызван столкновением или ошибкой кадра. Таким образом, вероятность неудачной передачи может быть вычислена следующим образом:

$$p_k = 1 - (1 - p_f)(1 - p_c) = p_f + p_c - p_f p_c. \quad (2)$$

В дальнейшем модифицированная модель цепи Маркова будет использоваться для анализа как насыщенных, так и ненасыщенных переходных состояний, в случаях изменения размера окна конкуренции в связи с повторной передачей пакетов станцией k . В стационарном состоянии двумерный процесс $\{s(t), b(t)\}$ является цепью Маркова. Для упрощения обозначения состояние станции описывается как $\{i, l\}$, где i – это этап задержки со значением в интервале $(0, 1, \dots, m+f)$, l является счетчиком времени задержки со значением во временном интервале $(0, 1, \dots, W_i - 1)$. Состояние $\{-1, 0\}$ указывает, что очередь мобильной станции пуста. Как только появляются пакеты, доступные для передачи, станция переходит в

одно из состояний в строке 0 с вероятностью $(1-q)/W_0$. В случае неудачной попытки передачи в состоянии $\{i, 0\}$ станция переходит в одно из состояний в строке $i+1$ с вероятностью p_k/W_{i+1} . После успешной передачи станция переходит в состояние $\{-1,0\}$ с вероятностью $(1-p_k)q$ или к одному из состояний в строке 0 с вероятностью $(1-p_k)(1-q)/W_0$. Когда станция достигает строки m , время конкуренции увеличивается до максимального значения, а станция пытается осуществить ещё не более f повторных передач.

Когда станция достигает этапа $m+f$ и таймер задержки уменьшается до нуля, кадр либо успешно передаётся, либо отбрасывается. В любом случае станция возвращается в состояние $\{-1,0\}$ с вероятностью q , если очередь пуста, или к одному из состояний в строке 0 с вероятностью $(1-q)/W_0$, если пакет в очереди ожидает передачи.

Пусть $b_{i,l} = \lim_{t \rightarrow \infty} P\{s(t) = i, b(t) = l\}, i \in [0, m+f], l \in [0, W_i - 1]$ – стационарное распределение цепи Маркова, изображенное на рисунке 3. Вероятность нахождения станции в состоянии $\{i+1,0\}$ может быть получено из вероятности нахождения станции в состоянии $\{i,0\}$ следующим образом:

$$b_{i+1,0} = p_k b_{i,0}, 0 \leq i < m+f. \quad (3)$$

Таким образом, из выражения (3) получается, что $b_{i,0} = p_k^i b_{0,0}$ при $0 < i \leq m+f$, исходя из этого:

$$b_{i,l} = \frac{W_i - l}{W_i} b_{i,0}, i \in [0, m+f], l \in [0, W_i - 1].$$

$$\text{При } i=0, b_{0,0} = (1-q)b_{-1,0} + (1-q)b_{m+f,0} + (1-p_k)(1-q) \sum_{i=0}^{m+f-1} b_{i,0} = (1-q)(b_{-1,0} + b_{0,0}).$$

В итоге получается:

$$b_{-1,0} = \frac{q}{1-q} b_{0,0}. \quad (4)$$

Обозначим как τ_k вероятность того, что станция k производит передачу во временном интервале. Станция k передаст пакеты, когда счетчик задержки уменьшится до нуля, т.е. она будет находиться в состоянии $\{i, 0\}$, где $i \in [0, m+f]$. Следовательно:

$$\tau_k = \sum_{i=0}^{m+f} b_{i,0} = \sum_{i=0}^{m+f} p_k^i b_{0,0} = \frac{1-p_k^{m+f+1}}{1-p_k} b_{0,0}. \quad (5)$$

Для $0 < i \leq m+f$ очевидно, что $b_{i,l} = (W_i - l/W_i)b_{i,0}$. Для $i=0$ $b_{i,l}$ будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} b_{0,l} &= (1-p_k)(1-q) \frac{W_0 - l}{W_0} \sum_{j=0}^{m+f-1} b_{j,0} + (1-q) \frac{W_0 - l}{W_0} b_{m+f,0} + (1-q) \frac{W_0 - l}{W_0} b_{-1,0} = \\ &= (1-q) \left[(1-p_k) \frac{W_0 - l}{W_0} \sum_{j=0}^{m+f-1} p_k^j b_{0,0} + \frac{W_0 - l}{W_0} p_k^{m+f} b_{0,0} \right] + (1-q) \frac{W_0 - l}{W_0} \cdot \frac{q}{1-q} b_{0,0} = \\ &= (1-q) \frac{W_0 - l}{W_0} b_{0,0} + q \frac{W_0 - l}{W_0} b_{0,0} = \frac{W_0 - l}{W_0} b_{0,0}. \end{aligned}$$

Результат нормализации стационарного распределения цепи:

$$\begin{aligned}
 1 &= b_{-1,0} + \sum_{i=0}^{m+f} \sum_{l=0}^{W_i-1} b_{i,l} = \frac{q}{1-q} b_{0,0} + \sum_{i=0}^{m+f} b_{i,0} \sum_{l=0}^{W_i-1} \frac{W_i-l}{W_i} = \frac{q}{1-q} b_{0,0} + \sum_{i=0}^{m+f} b_{i,0} \frac{W_i+1}{2} = \\
 &= \frac{q}{1-q} b_{0,0} + \left[\sum_{i=0}^m p_k^i (2^i W + 1) + \sum_{i=m+1}^{m+f} p_k^i (2^m W + 1) \right] \frac{b_{0,0}}{2} = \\
 &= \frac{q}{1-q} b_{0,0} + \frac{b_{0,0}}{2} \cdot \frac{1-p_k^{m+f+1}}{1-p_k} + \frac{W \cdot b_{0,0}}{2} \cdot \frac{[1-(2p_k)^{m+1}](1-p_k) + p_k(2p_k)^m(1-p_k^f)(1-2p_k)}{(1-2p_k)(1-p_k)}.
 \end{aligned}$$

Из полученного выше уравнения можно рассчитать $b_{0,0}$ как:

$$b_{0,0} = \frac{2}{\frac{2q}{1-q} + \frac{1-p_k^{m+f+1}}{1-p_k} + W \left[\frac{1-(2p_k)^{m+1}}{1-2p_k} + \frac{p_k(2p_k)^m(1-p_k^f)}{1-p_k} \right]}. \quad (6)$$

Таким образом, вероятность передачи станцией k в случайно выбранном интервале времени может быть рассчитана как:

$$\begin{aligned}
 \tau_k &= \sum_{i=0}^{m+f} b_{i,0} = \sum_{i=0}^{m+f} p_k^i b_{0,0} = \frac{1-p_k^{m+f+1}}{1-p_k} b_{0,0} = \\
 &= \frac{2(1-p_k^{m+f+1})}{\frac{2q(1-p_k)}{1-q} + (1-p_k^{m+f+1}) + W \left[\frac{[1-(2p_k)^{m+1}](1-p_k)}{1-2p_k} + p_k(2p_k)^m(1-p_k^f) \right]} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Вероятность передачи τ_k станцией k зависит от вероятности неудачной передачи p_k , которая, в свою очередь, в соответствии с выражением (2), зависит от вероятности столкновения p_c и вероятности ошибки кадра p_f . Примем вероятность p_f за константу. Таким образом, p_c указывает на вероятность того, что, по крайней мере, одна из $n-1$ оставшихся станций может вести передачу в тот же временной интервал, что и станция k . В соответствии с этим вероятность p_c может быть рассчитана как:

$$p_c = 1 - \prod_{i=1, i \neq k}^n (1 - \tau_i). \quad (8)$$

Видно, что выражения (2), (6) и (8) образуют систему нелинейных дифференциальных уравнений с неизвестными переменными τ_k и p_c при известном q . Можно доказать, что нелинейная система имеет единственное решение и может быть решена численным методом. При $q=0$, $p_f=0$, $f \rightarrow \infty$, аналитическая модель вырождается в случай с насыщенным состоянием, результаты которого были аналогичны полученным Bianchi в [10].

Далее необходимо произвести анализ пропускной способности и моделирование скорости обработки пакетов в ненасыщенном состоянии, базирующейся на получении среднего значения, неиспользованного под передачу времени.

В любой момент времени канал может находиться в одном из следующих состояниях: канал свободен, в канале возникла коллизия, возникла ошибка кадра, произведена успешная передача.

Пусть P_{tr} – вероятность того, что, по крайней мере, одна станция передает в данном временном интервале. Поскольку n мобильных станций конкурируют за доступ к среде передачи и каждая станция передает с вероятностью τ_k ($i=1, \dots, n$), то значение P_{tr} может быть рассчитано следующим образом:

$$P_{tr} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \tau_i). \quad (9)$$

Пусть P_s – вероятность того, что произведена успешная передача по каналу, которая рассчитывается как отношение между вероятностью передачи по каналу во временном

интервале одной станцией в зависимости от вероятности того, что, по крайней мере, одна станция передает в том же временном интервале. Следовательно, можно записать:

$$P_s = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i \prod_{j=1, j \neq i}^n (1 - \tau_j)}{P_{tr}}. \quad (10)$$

Пусть t_σ – время отсутствия передачи по каналу, T_s – среднее время занятости канала при успешной передаче пакета, T_c – среднее время занятости канала каждой станцией из-за неудачной передачи пакетов, вызванной столкновениями процессов. Пусть T_e – среднее время занятости канала из-за возникновения ошибки кадра. Предположим, что содержимое преамбулы или заголовка кадра всегда успешно принимается станциями и ошибки кадра могут возникать только в оставшейся его части. Из этого следует, что $T_e = T_c$. Значения T_e , T_s и T_c зависят от реализации механизма доступа (базовый или RTS/CTS), исходя из этого, можно вычислить T_e , T_s и T_c следующим образом [21]:

Для базовой реализации механизма доступа:

$$T_s = t_{DIFS} + t_{wait} + t_{SIFS} + t_{data} + t_{ACK} + t_\sigma,$$

$$T_c = T_e = t_{DIFS} + t_{wait} + t_{data} + t_\sigma.$$

Для механизма доступа с RTS/CTS:

$$T_s = t_{DIFS} + t_{wait} + t_{RTS} + 3t_{SIFS} + t_{CTS} + t_{data} + t_{ACK} + t_\sigma,$$

$$T_c = T_e = t_{DIFS} + t_{wait} + t_{RTS} + 2t_{SIFS} + t_{CTS} + t_{data} + t_\sigma,$$

где t_{DIFS} – интервал времени DIFS, t_{wait} – канальный интервал, t_{RTS} – время передачи кадра RTS, t_{SIFS} – интервал времени SIFS, t_{CTS} – время передачи кадра CTS, t_{data} – время передачи кадра данных, t_{ACK} – время передачи кадра ACK.

Стоит отметить, что средняя длина временного интервала отсутствия передачи по каналу зависит от вероятности того, что имеется, по крайней мере, одна станция, которая имеет пакет для передачи. Следовательно:

$$E(t_\sigma) = (1 - P_{tr})t_\sigma + P_{tr}P_sT_s + P_{tr}(1 - P_s)T_c + P_{tr}P_sP_fT_e. \quad (13)$$

Средняя скорость обработки пакетов мобильной станцией k определяется от момента достижения пакетом начала очереди станции k до момента его успешной передачи из очереди и получения кадра подтверждения. Если пакет будет отброшен по причине превышения указанного предельного количества попыток передачи, время обработки этого пакета не будет учитываться в расчёте средней скорости обработки пакетов. Каждая неудачная передача вызывает расширение окна конкуренции до тех пор, пока оно не достигнет максимального значения, таким образом, среднее количество канальных интервалов, необходимых для успешной передачи пакета мобильной станцией k , равно:

$$\begin{aligned} E(X_k) &= \sum_{i=0}^{m+f} \left[(1 - p_k) p_k^i \frac{W_i + 1}{2} \right] = \\ &= \frac{1 - p_k}{2} \sum_{i=0}^{m+f} p_k^i + \frac{W(1 - p_k)}{2} \sum_{i=0}^m (2p_k)^i + \frac{2^m W(1 - p_k)}{2} \sum_{i=0}^f p_k^{m+i} = \\ &= \frac{1 - p_k^{m+f+1}}{2} + \frac{W(1 - p_k)[1 - (2p_k)^{m+f+1}]}{2(1 - 2p_k)} + 2^{m-1} W \cdot p_k^m (1 - p_k^{f+1}). \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, средняя скорость обработки пакетов станцией k равна:

$$\mu_k = E(X_k)E(\sigma), \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (15)$$

Очевидно, что (2), (3), (9), (10), (15) и (17) образуют систему нелинейных дифференциальных уравнений с неизвестными переменными τ_k и p_c . Данная система имеет единственное решение и может быть решена численным методом.

Нормированная пропускная способность канала может быть представлена в виде отношения средней полезной нагрузки передаваемой информации во временном интервале к средней длине этого временного интервала. Следовательно, ожидаемая пропускная способность ненасыщенного канала может быть вычислена следующим способом:

$$C_u = \frac{E[L](1 - \prod_{i=1}^n q_i) P_r P_s}{(1 - P_r) t_\sigma + P_r P_s T_s + P_r (1 - P_s) T_c + P_r P_s p_f T_e} \quad (16)$$

где $E[L]$ – средняя длина пакета.

Одним из состояний, описываемых разработанной моделью, является насыщенное состояние пропускной способности сети. Данное состояние достигается, когда $q=0$ для всех станций. В насыщенном состоянии станции постоянно конкурируют за канал. Если сделать допущение, что вероятность столкновения каждого пакета одинакова, то ожидаемая пропускная способность насыщенного канала может быть рассчитана как:

$$C_s = \frac{E[L] P_r P_s}{(1 - P_r) t_\sigma + P_r P_s T_s + P_r (1 - P_s) T_c + P_r P_s p_f T_e} \quad (18)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В беспроводных сетях ГТП оказывается негативное влияние множеством факторов на передаваемые данные: это и низкий уровень сигнала, и столкновения процессов, и помехи, возникающие в процессе их приема-передачи. Эти факторы существенно влияют на пропускную способность сети и вызывают задержки при осуществлении передачи данных.

В работе была получена модель управления доступом для распределённой функции координации, используемой в стандартах 802.11 и реализующей механизм доступа на основе анализа насыщенных и ненасыщенных состояний для беспроводного канала.

Представленная модель использует модифицированную цепь Маркова, описывающую функционирование распределённой функции координации на канальном уровне для стандартов IEEE 802.11. На основе сделанных предположений о вероятностях изменения насыщенных и ненасыщенных состояний сети, описываемых Марковской цепью, производится расчёт её пропускной способности.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при проектировании, внедрении и контроле над функционированием беспроводных сегментов сетей ГТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Garg S., Kappes M. Admission control for VoIP traffic in IEEE 802.11 networks // Proceedings of IEEE Globecom, San Francisco, U.S.A., December 2003. – P. 3514-3518.
2. Pong D., Moors T. Call admission control for IEEE 802.11 contention access mechanism // Proceedings of IEEE Globecom, San Francisco, U.S.A., December 2003. – P. 174-178.
3. Еременко В.Т. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Краснов, С.А. Черепков, А.Е. Георгиевский // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6. – С. 114-119.
4. Zhang L., Zeadally S. HARMONICA: enhanced QoS support with admission control for IEEE 802.11 contention-based access // Proceedings of RTAS, Toronto, Canada, May 2004. – P. 64-71.
5. Valaee S., Li B. Distributed call admission control for ad hoc networks // Proceedings of VTC, Vancouver, BC, Canada, September 2002. – P. 1244-1248.

6. Gao D., Cai J., Ngi Ngan K. Admission control in IEEE 802.11e wireless LANS // IEEE Network, July/August 2005. – P. 6-13.
7. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.
8. Bianchi G., Fratta L., Oliveric M. Performance evaluation and enhancement of the CSMA/CA MAC protocol for 802.11 wireless LAN // Proceedings of IEEE on PIMRC, Taipei, Taiwan, October 1996. – P. 392-396.
9. Cali F., Conti M., Gregori E. IEEE 802.11 wireless LAN: capacity analysis and protocol enhancement // Proceedings of INFOCOM, San Francisco, U.S.A., March 1999. – P. 142-149.
10. Bianchi G. Performance analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function // IEEE Journal on Selected areas in Comm, March 2000. – № 18(3). – P. 535-547.
11. Chatzimisios P., Boucouvalas A.C., Vitsas V. IEEE 802.11 packet delay a finite retry limit analysis // Proceedings of IEEE Globecom, San Francisco, U.S.A., December 2003. – P. 950-954.
12. Еременко В.Т., Афонин С.И., Кузьмина Л.В. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1. – С. 78-84.
13. Robinson J.W., Randhawa T.S. Saturation throughput analysis of IEEE 802.11e enhanced distributed coordination function // IEEE JSAC 2004. – № 22(5). – P. 917-928.
14. Bianchi G. IEEE 802.11 Saturation throughput analysis // IEEE Communications Letters, 1998. V. 2. – P. 318-320.
15. Xiao Y. An analysis for differentiated services in IEEE 802.11 and IEEE 802.11e wireless LANs // Proceedings of ICDCS, Tokyo, Japan, March 2004. – P. 32-39.
16. Ferre P., Doufexi A., Nix A., Bull D. Throughput analysis of IEEE 802.11 and IEEE 802.11e MAC // Proceedings of WCNC, Atlanta, GA, U.S.A., March 2004. – P. 783-788.
17. Hadzi-Velkov Z., Spasenovski B. Saturation throughput-delay analysis of IEEE 802.11 DCF in fading channel // Proceedings of ICC, Alaska, U.S.A., May 2003. – P. 121-126.
18. Weinmiller J., Woesner H., Ebert J.P., Wolisz A. Analysis and tuning the distributed coordination function in the IEEE 802.11 DCFMAC draft standard // Proceedings of MASCOT, San Jose, California, February 1996. – P. 200-206.
19. Natkaniec M., Pach A.R. An analysis of the Backoff mechanism in IEEE 802.11 Standard // Proceedings of ISCC, Antibes, France, July 2000. – P. 444-449.
20. Cantieni G.R., Ni Q., Barakat C., Turletti T. Performance analysis under finite load and improvements for multirate 802.11 // Computer Communications 2005. – № 28. – P. 1095-1109.
21. Еруменко В.Т. Моделирование пропускной способности сегмента беспроводной сети АСУП на базе стандарта 802.11 / В.Т. Еруменко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев, П.А. Чупахин // Информационные системы и технологии, 2013. – № 2. – С. 82-86.
22. Kleinrock L. Queuing Systems. Wiley: New York, 1975-1976. – P. 120-130.

Анисимов Дмитрий Владимирович
Академия ФСО, г. Орел
Научный сотрудник
Тел.: 8 920 286 86 35
E-mail: dimadikiy@mail.ru

D.V. ANISIMOV (*Research Associate*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

**MODELING WIRELESS CHANNEL BANDWIDTH DATA TRANSMISSION NETWORK GAS
TRANSPORTATION COMPANY BASED ON SATURATED MARKOV'S CHAIN**

The article analyzes the state of the wireless channel bandwidth data transmission network gas transportation company. Model presented in this paper uses a modified Markov chain that describes the operation of the distributed

coordination function at the data link level, for standards IEEE 802.11, in the saturated and unsaturated states of the network.

Keywords: wireless network; bandwidth; Markov's chain.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Garg S., Kappes M. Admission control for VoIP traffic in IEEE 802.11 networks // Proceedings of IEEE Globecom, San Francisco, U.S.A., December 2003. – P. 3514-3518.
2. Pong D., Moors T. Call admission control for IEEE 802.11 contention access mechanism // Proceedings of IEEE Globecom, San Francisco, U.S.A., December 2003. – P. 174-178.
3. Eryomenko V.T. Reshenie zadach upravleniya setevy'mi resursami v usloviyax dinamicheskogo izmeneniya konfiguracii besprovodnoj seti ASUP / V.T. Eryomenko, D.V. Anisimov, D.A. Krasnov, S.A. Cherepkov, A.E. Georgievskij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 6. – S. 114-119.
4. Zhang L., Zeadally S. HARMONICA: enhanced QoS support with admission control for IEEE 802.11 contention-based access // Proceedings of RTAS, Toronto, Canada, May 2004. – P. 64-71.
5. Valaee S., Li B. Distributed call admission control for ad hoc networks // Proceedings of VTC, Vancouver, BC, Canada, September 2002. – P. 1244-1248.
6. Gao D., Cai J., Ngi Ngan K. Admission control in IEEE 802.11e wireless LANS // IEEE Network, July/August 2005. – P. 6-13.
7. Eryomenko V.T., Afonin S.I. Sozdanie teoreticheskix osnov avtomatizacii i postroeniya texnologicheskoy sostavlyayushhej ASU territorial'no raspredelyonny'x predpriyatij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 2. – S. 99-105.
8. Bianchi G., Fratta L., Oliveric M. Performance evaluation and enhancement of the CSMA/CA MAC protocol for 802.11 wireless LAN // Proceedings of IEEE on PIMRC, Taipei, Taiwan, October 1996. – P. 392-396.
9. Cali F., Conti M., Gregori E. IEEE 802.11 wireless LAN: capacity analysis and protocol enhancement // Proceedings of INFOCOM, San Francisco, U.S.A., March 1999. – P. 142-149.
10. Bianchi G. Performance analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function // IEEE Journal on Selected areas in Comm, March 2000. – № 18(3). – P. 535-547.
11. Chatzimisios P., Boucouvalas A.C., Vitsas V. IEEE 802.11 packet delay a finite retry limit analysis // Proceedings of IEEE Globecom, San Francisco, U.S.A., December 2003. – P. 950-954.
12. Eryomenko V.T., Afonin S.I., Kuz'mina L.V. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirovaniya resursob // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 1. – S. 78-84.
13. Robinson J.W., Randhawa T.S. Saturation throughput analysis of IEEE 802.11e enhanced distributed coordination function // IEEE JSAC 2004. – № 22(5). – P. 917-928.
14. Bianchi G. IEEE 802.11 Saturation throughput analysis // IEEE Communications Letters, 1998. V. 2. – P. 318-320.
15. Xiao Y. An analysis for differentiated services in IEEE 802.11 and IEEE 802.11e wireless LANs // Proceedings of ICDCS, Tokyo, Japan, March 2004. – P. 32-39.
16. Ferre P., Doufexi A., Nix A., Bull D. Throughput analysis of IEEE 802.11 and IEEE 802.11e MAC // Proceedings of WCNC, Atlanta, GA, U.S.A., March 2004. – P. 783-788.
17. Hadzi-Velkov Z., Spasenovski B. Saturation throughput-delay analysis of IEEE 802.11 DCF in fading channel // Proceedings of ICC, Alaska, U.S.A., May 2003. – P. 121-126.
18. Weinmiller J., Woesner H., Ebert J.P., Wolisz A. Analysis and tuning the distributed coordination function in the IEEE 802.11 DCF MAC draft standard // Proceedings of MASCOT, San Jose, California, February 1996. – P. 200-206.
19. Natkaniec M., Pach A.R. An analysis of the Backoff mechanism in IEEE 802.11 Standard // Proceedings of ISCC, Antibes, France, July 2000. – P. 444-449.
20. Cantieni G.R., Ni Q., Barakat C., Turletti T. Performance analysis under finite load and improvements for multirate 802.11 // Computer Communications 2005. – № 28. – P. 1095-1109.
21. Eryomenko V.T. Modelirovanie propusknoj sposobnosti segmenta besprovodnoj seti ASUP na baze standarta 802.11 / V.T. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev, P.A. Chupaxin // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 2. – S. 82-86.
22. Kleinrock L. Queuing Systems. Wiley: New York, 1975-1976. – P. 120-130.

УДК 004.9

М.А. ВЕРХОТУРОВ, Г.Н. ВЕРХОТУРОВА, Р.Р. ЯГУДИН

**ДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСЛОВИЙ ВЗАИМНОГО НЕПЕРЕСЕЧЕНИЯ
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ
НЕВЫПУКЛЫХ МНОГОГРАННИКОВ**

В работе рассматривается задача нерегулярной плотной упаковки невыпуклых многогранников в прямоугольный параллелепипед минимальной высоты. Для её решения предложен алгоритм с применением годографа функции плотного размещения, основанный на анализе возможных точек занесения объекта в область упаковки. Приведены примеры работы алгоритма, а также результаты вычислительного эксперимента, произведенного на общедоступных примерах.

***Ключевые слова:** упаковка; годограф функции плотного размещения; условия взаимного непересечения многогранников; нерегулярное плотное размещение трехмерных геометрических объектов.*

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества задач, возникающих на практике, важное место занимают задачи, связанные с нерегулярным размещением трехмерных геометрических объектов (ГО), например, упаковка в контейнеры, раскрой алмазов, быстрое прототипирование и изготовление трехмерных деталей и т.д.

Все они являются задачами оптимизационного геометрического моделирования и с точки зрения комбинаторной сложности принадлежат к классу NP -трудных. Дополнительную геометрическую сложность при их решении составляет проблема соблюдения условий взаимного непересечения размещаемых объектов между собой и с границами зоны размещения, а также необходимость выполнения различных конструктивно-технологических ограничений.

Анализ существующих методов показал, что они либо используют серьезные допущения по отношению к реальному производству, либо не учитывают в полной мере различные конструктивно-технологические ограничения, что определяет необходимость разработки нового подхода для решения задачи нерегулярного размещения трехмерных объектов.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КОМПОНОВКИ МНОГОГРАННЫХ ОБЪЕКТОВ
С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ НА РАЗМЕЩЕНИЕ**

Пусть имеется набор многогранных объектов (МО) $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$: $T_i \subset \mathbf{R}^3, i = \overline{1, n}$, каждый из которых задан в собственной системе координат. Область размещения $Q \subset \mathbf{R}^3$ представляет собой прямоугольный параллелепипед с фиксированными длиной L , шириной W и с переменной высотой H . Задана матрица $M = (P_{i,j})_{i=0, j=1}^{n,n}$. Каждый элемент $P_{i,j}$ матрицы описывает множество многогранных областей в системе координат многогранного объекта T_i , запрещенных для размещения T_j . Если $i = 0$, то рассматривается система координат зоны Q .

Пусть $T_i(\bar{u}_i)$ – многогранный объект T_i , смещенный на вектор \bar{u}_i . Условия непересечения многогранных объектов между собой:

$$\text{int } T_i(\bar{u}_i) \cap \text{int } T_j(\bar{u}_j) = \emptyset, \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, n}, i \neq j, \quad (1)$$

где $\text{int } T$ обозначает внутренние точки объекта T .

Условия нахождения многогранных объектов в зоне размещения:

$$T_i(\bar{u}_i) \cup Q = T_i(\bar{u}_i), \forall i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Условие непересечения многогранных объектов и областей, запрещенных для размещения:

$$P_{i,j}(\bar{u}_i) \cap T_j(\bar{u}_j) = \emptyset, \forall i = \overline{0, n}, \forall j = \overline{1, n}, i \neq j. \quad (3)$$

Система условий (1), (2) и (3) связывает параметры размещения $U = (\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_i)$ многогранных объектов множества T в области Q и является для них ограничениями. Все эти условия описывают расположение пар многогранных объектов и отличаются только тем, что в условиях (1)-(3) внутренние точки ни одного из МО не принадлежат внутренности другого, а в условии (2) один из МО принадлежит внутренности другого (области размещения).

Условия непересечения границ двух произвольных многогранных объектов T_i и T_j формулируются следующим образом: границы многогранных объектов T_i и T_j не пересекаются, если не существует ребра E_i многогранного объекта T_i , которое пересекает некоторую грань F_j многогранного объекта T_j . А также, если не существует вершины V_i многогранного объекта T_i , принадлежащей внутренности объекта T_j .

$$\begin{cases} \nexists E_i, F_j : E_i \cap F_j \in F_j, \forall i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}, i \neq j \\ \nexists V_i : V_i \in T_j, \forall i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}, i \neq j \end{cases}. \quad (4)$$

Параметрическое уравнение ребра:

$$E_i(t) = \{e_a, e_b\} : E_i = e_a + (e_b - e_a)t, t \in [0, 1]. \quad (5)$$

Параметрическое уравнение полигона:

$$F_j(w, v) = \{p_0, p_1, \dots, p_m\} : F_j = p_0 + (p_1 - p_0)w + (p_2 - p_0)v, w \in \mathbf{R}, v \in \mathbf{R} \quad (6)$$

Приравняем правые части:

$$e_a + (e_b - e_a)t = p_0 + (p_1 - p_0)w + (p_2 - p_0)v$$

$$e_a - p_0 = (e_b - e_a)t + (p_1 - p_0)w + (p_2 - p_0)v$$

$$\begin{bmatrix} x_a - x_0 \\ y_a - y_0 \\ z_a - z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_a - x_b & x_1 - x_0 & x_2 - x_0 \\ y_a - y_b & y_1 - y_0 & y_2 - y_0 \\ z_a - z_b & z_1 - z_0 & z_2 - z_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t \\ w \\ v \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} t \\ w \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_a - x_b & x_1 - x_0 & x_2 - x_0 \\ y_a - y_b & y_1 - y_0 & y_2 - y_0 \\ z_a - z_b & z_1 - z_0 & z_2 - z_0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x_a - x_0 \\ y_a - y_0 \\ z_a - z_0 \end{bmatrix}$$

Если $t \in [0, 1]$, то $E_i \cap F_j = I = e_a + (e_b - e_a)t$.

Ребро E_i пересекает полигон F_j в точке I , если I принадлежит полигону F_j .

Пусть ϕ_k – угол (в радианах со знаком) между лучами Ip_{k-1} и Ip_k :

$$\phi_k = \arccos \left(\frac{Ip_{k-1} \cdot Ip_k}{|Ip_{k-1}| \cdot |Ip_k|} \right). \quad (7)$$

Если сумма $\sum_{k=0}^m \phi_k > 0$, то I не является внутренней точкой полигона F_j (иначе является)

и границы многогранных объектов T_i и T_j пересекаются.

Пусть границы многогранных объектов T_i и T_j не пересекаются. Для определения их взаимного расположения из любой вершины $E_i \in T_i$ проведем луч l в произвольном

направлении. Если количество точек пересечения луча l и полигонов $F_j \in T_j$ – число четное или равно 0, то T_i находится снаружи МО T_j ($T_i \cap T_j = \emptyset$) или T_j находится внутри T_i , если нечетное, то T_i находится внутри T_j ($T_i \cap T_j = T_i$).

Обозначим как $H(T(U))$ высоту зоны Q , необходимую для размещения многогранных объектов множества $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ с векторами смещения $U = \{\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_n\}$. Требуется найти такое U , чтобы $H(T(U)) \rightarrow \min$, при этом необходимо, чтобы выполнялись условия взаимного расположения объектов между собой и с зоной размещения (1), (2), а также для матрицы M выполнялось условие (3).

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОМПОНОВКИ МНОГОГРАННЫХ ОБЪЕКТОВ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ НА РАЗМЕЩЕНИЕ

Из-за комбинаторной сложности описанная задача относится к классу *NP*-трудных задач [3].

Классификация методов решения таких задач представлена на рисунке 1.

Анализ существующих подходов показал, что использование методов последовательно-одиночного размещения, основанных на соблюдении условий взаимного непересечения (УВН), является перспективным и в дальнейшем. Проблема заключается в упрощении моделирования УВН ГО произвольных форм и поиске параметров размещения без использования параллелепипедных оболочек.

При использовании метода последовательно-одиночного размещения объекты помещаются в зону упаковки последовательно, один за другим. После нахождения точки занесения очередного объекта его положение фиксируется и больше не меняется. Таким образом, при определении детерминированного алгоритма подсчета точки занесения результат будет зависеть только от порядка занесения ГО в область. Это приводит к возможности разбиения процесса на две части [5]:

- геометрическая – внешняя часть, отвечающая за моделирование УВН и нахождение параметров размещения;
- оптимизационная – внутренняя (комбинаторная) часть, отвечающая за формирование и изменение последовательности размещаемых объектов.

ГОДОГРАФ ВЕКТОР-ФУНКЦИИ ПЛОТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ЕГО ПОСТРОЕНИЯ

Для построения УВН наибольшее распространение получили методы на базе построения годографа функции плотного размещения (ГФПР) [1].

Под годографом G_{12} подвижного объекта $T_2(u_2)$ относительно зафиксированного $T_1(0)$ понимается такое множество положений центра объекта T_2 , при котором он плотно расположен относительно объекта T_1 .

На рисунке 2(а) изображен пример ГФПР пары двумерных объектов, а на рисунках 2(б) и 2(в) – ГФПР пары трехмерных объектов.

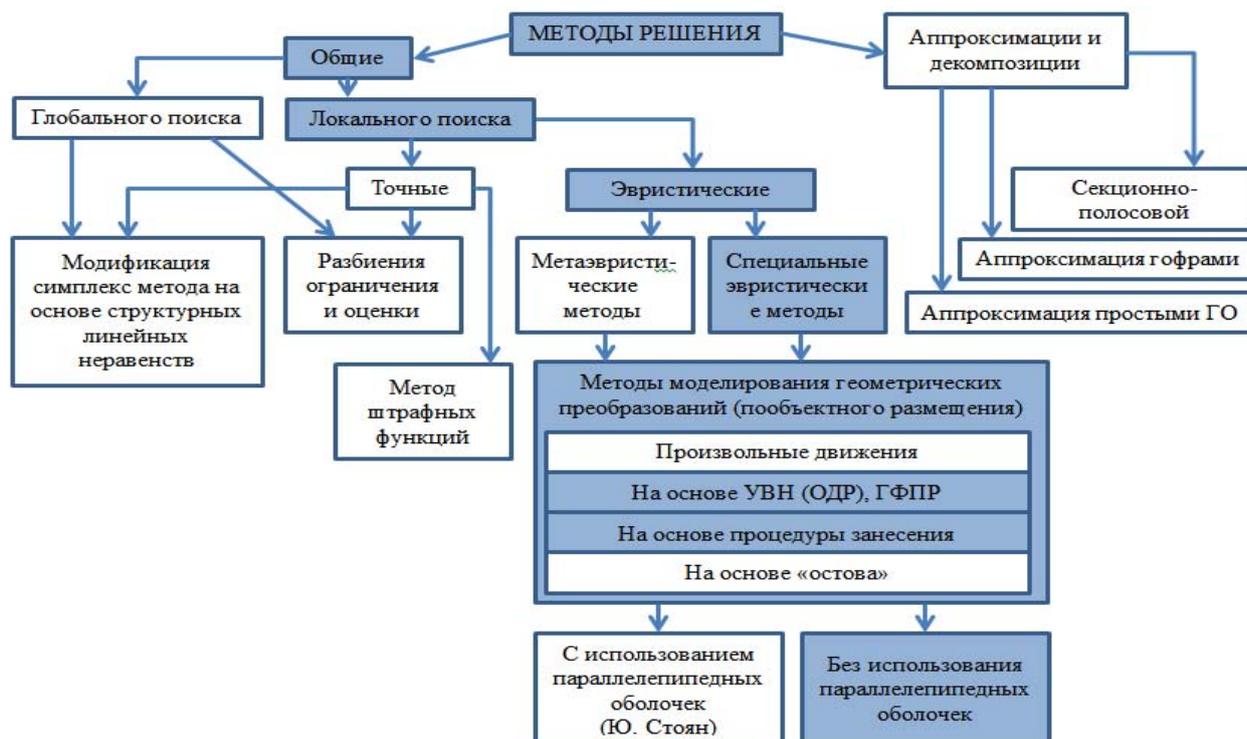


Рисунок 1 – Классификация методов решения задач нерегулярного плотного размещения ГО

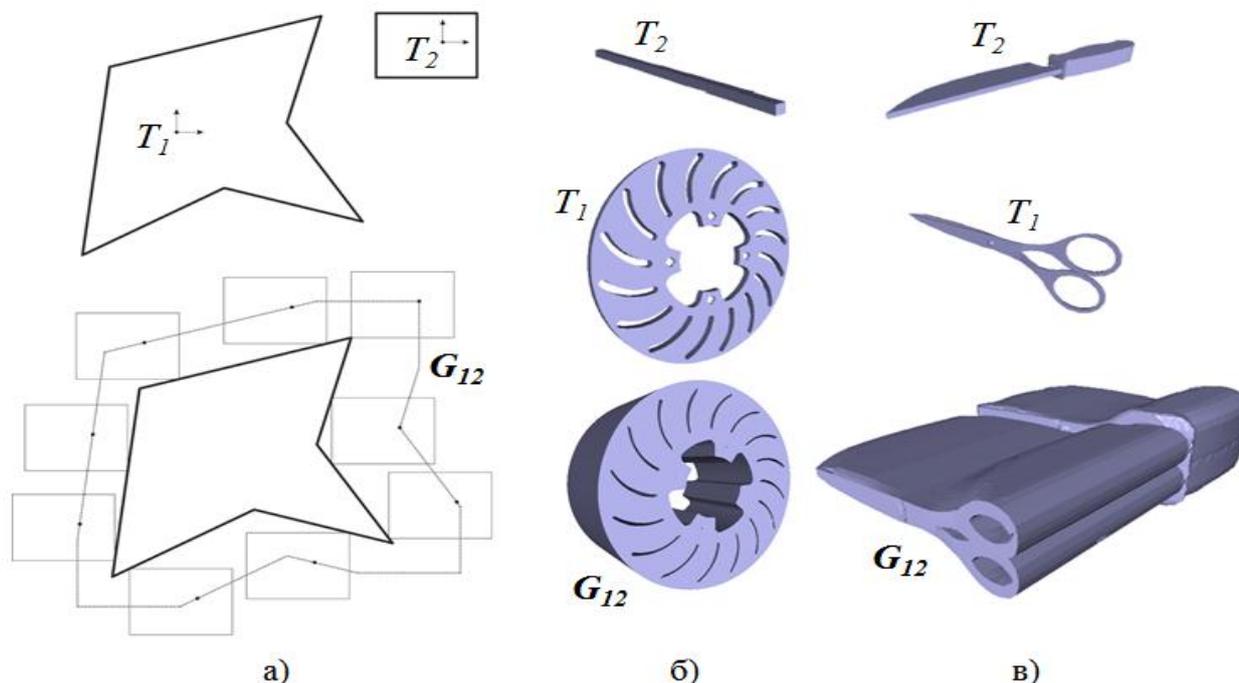


Рисунок 2 – Примеры ГФПР геометрических объектов

Известны два основных варианта схемы построения ГФПР:

1. Предварительный [1, 4]. Заключается в том, что ГФПР всех пар размещаемых объектов и каждого объекта и зоны размещения рассчитываются до начала этапа упаковки (рис. 3, а).

2. Итеративный [2]. Заключается в том, что ГФПР размещаемого объекта строится в начале каждого шага размещения, причем в качестве зафиксированного объекта рассматривается многосвязная граница области, запрещенной для размещения (рис. 3 (б)).

Основным недостатком первого подхода является то, что он допускает расчет ГФПР, которые могут не использоваться в процессе размещения. Кроме того, он практически не применим к решению трехмерной задачи с поворотами объектов на 90° и более (при допустимых поворотах в 90° каждый объект может быть размещен в 24-х положениях).

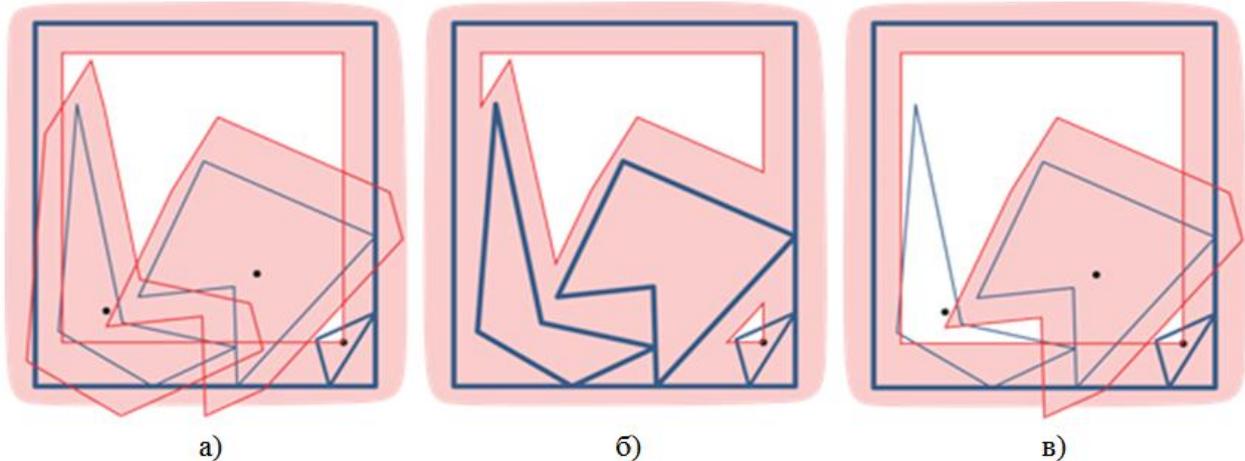


Рисунок 3 – Схемы построения ГФПР (на примере двумерного случая)

Второй подход также трудно применим для решения трехмерной задачи, потому что возникает проблема поиска параметров размещения объектов в частях области, заключенных между трехмерными ГО.

Описанные недостатки существующих подходов привели к разработке «динамической» схемы использования ГФПР (рис. 3 (в)), позволяющей работать с поворотами и избежать построения избыточных ГФПР за счет того, что построение ГФПР осуществляется динамически, по необходимости.

ДИНАМИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ ГФПР

1. Построение ГФПР размещаемого объекта T_m относительно зоны размещения и уже упакованных объектов производится в соответствии с приоритетным списком: $K = \{K_0, \dots, K_{m-1}\}$, где $K_0 = Q$, $\{K_1, \dots, K_{m-1}\}$ является списком уже упакованных объектов $\{T_1, \dots, T_{m-1}\}$, отсортированным в порядке увеличения высоты размещения (рис. 4 (а)).

2. ГФПР размещаемого объекта T_m относительно K строятся последовательно (один за другим). При построении очередного ГФПР $G_i(K_i, T_m)$ его точки $\{u_i\}$ сразу же анализируются на допустимость (рис. 4 (б)). Точка u_i допустима, если:

$u_i \notin \text{int } G_j(K_j, T_m), \forall j = \overline{0, m-1}, j \neq i$, при этом в случае, если параллелепипедные оболочки объектов $T_m(u_i)$ и K_j не пересекаются (рис. 4 (в)), то можно утверждать, что $u_i \notin \text{int } G_j(K_j, T_m)$ без построения ГФПР $G_j(K_j, T_m)$.

3. Если определено, что параметр размещения u_i является допустимым, то для объектов $\{K_j\}$, у которых $\min Z(K_j) > \max Z(T_m(u_i))$, ГФПР не строится (рис. 4 (г)).

Предложенный метод позволяет значительно ускорить последние шаги размещения за счет сокращения количества рассчитываемых ГФПР. Схема названа динамической, потому что на каждом шаге строится различное количество ГФПР в зависимости от расположения уже упакованных объектов. А также потому, что ГФПР строятся динамически по мере размещения объектов в области одного за другим.

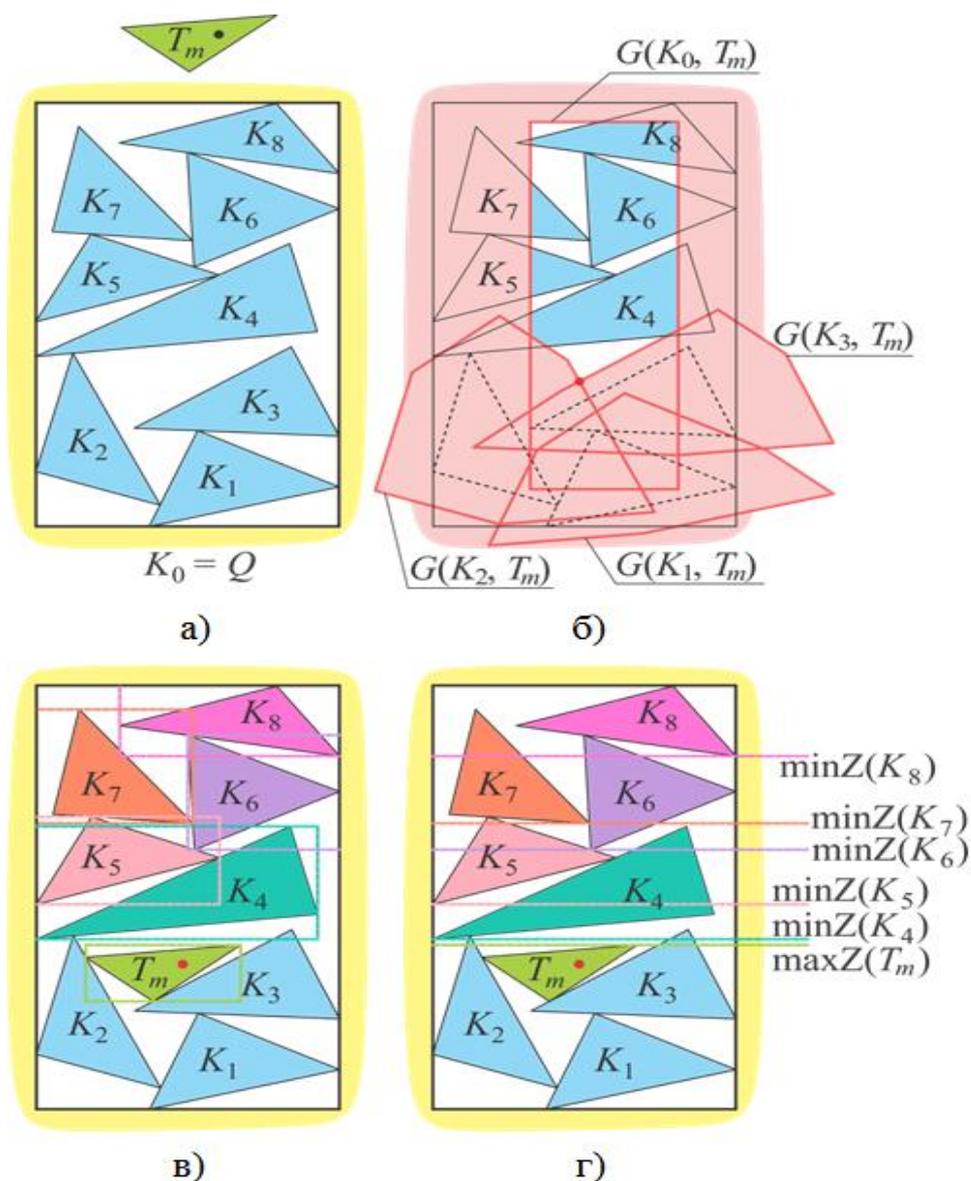


Рисунок 4 – Пример использования динамического метода использования ГФПР

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧЕК ЗАНЕСЕНИЯ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ГФПР**

При размещении многогранного объекта $T_m \in T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, $1 \leq m \leq n$, когда уже размещены первые $(m - 1)$ объекты, допустимые параметры размещения будут находиться в

области $\mathbf{R}^3 \setminus \bigcup_{i=1}^{m-1} G_{i,m} \setminus G_{Qm}$.

Таким образом, точки локальных экстремумов будут принадлежать множеству вершин вогнутости границы объединения ГФПР $\bigcup_{i=1}^{m-1} G_{i,m} \cup G_{Qm}$. Множество таких вершин может быть найдено в результате объединения точек следующих типов:

1. Вершины вогнутости каждого ГФПР множества $\bigcup_{i=1}^{m-1} G_{i,m} \cup G_{Qm}$.

2. Точки пересечения ребер вогнутости каждого ГФПР множества $\bigcup_{i=1}^{m-1} G_{i,m} \cup G_{Qm}$ и граней каждого другого ГФПР множества $\bigcup_{i=1}^{m-1} G_{i,m} \cup G_{Qm}$.

3. Точки пересечения трех граней всевозможных троек ГФПР множества $\bigcup_{i=1}^{m-1} G_{i,m} \cup G_{Qm}$.

Для размещения очередного объекта среди множества точек описанных выше трех случаев следует выбрать ту, которая имеет минимальную координату по оси Oz и является допустимой.

При применении динамической схемы построения ГФПР выполняются следующие шаги:

1. Произвести последовательное построение ГФПР размещаемого МО T_m с уже упакованными объектами и зоной размещения в соответствии с приоритетным списком $K = \{K_0, \dots, K_{m-1}\}$ динамической схемы использования ГФПР.

2. Найти все параметры размещения $\{u_i\}$, принадлежащие каждому вновь построенному ГФПР $G_i(K_i, T_m)$, и проверить их на допустимость. Лучший найденный в результате построения ГФПР $G_i(K_i, T_m)$ допустимый параметр размещения $u_{i,m}^*$ сравнить с u_m^* (u_m^* – лучший из уже найденных параметров размещения МО T_m).

Если $Z(u_m^*) > Z(u_{i,m}^*)$, то $u_m^* = u_{i,m}^*$.

3. Остановить процесс построения ГФПР, когда для очередного объекта K_j будет выполнено условие: $\min Z(K_j) > \max Z(T_m(u_m^*))$.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЛОЖНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Для оценки эффективности алгоритмов были использованы тестовые данные из общедоступных источников [4, 6]. На рисунке 5 приведены результаты размещения четырех тестовых примеров, каждый из которых составлен из невыпуклых многогранных объектов 10-ти типов. В каждом из примеров основание зоны размещения имеет одинаковые размеры – 30x35, изменяется лишь количество экземпляров каждого МО. Применение динамической схемы построения ГФПР позволило для данных примеров сократить количество конструируемых ГФПР в среднем на 15%.

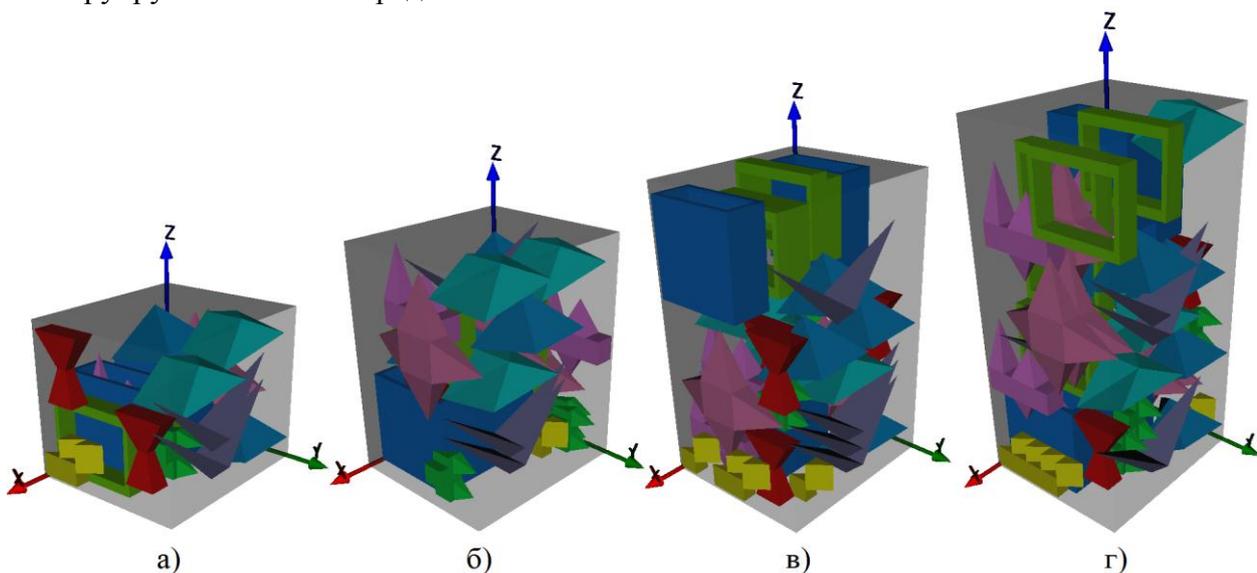


Рисунок 5 – Лучшие варианты размещения многогранных объектов

На рисунке 6 представлен результат размещения 25 сложных трехмерных деталей с количеством граней от 50-ти до 4000.

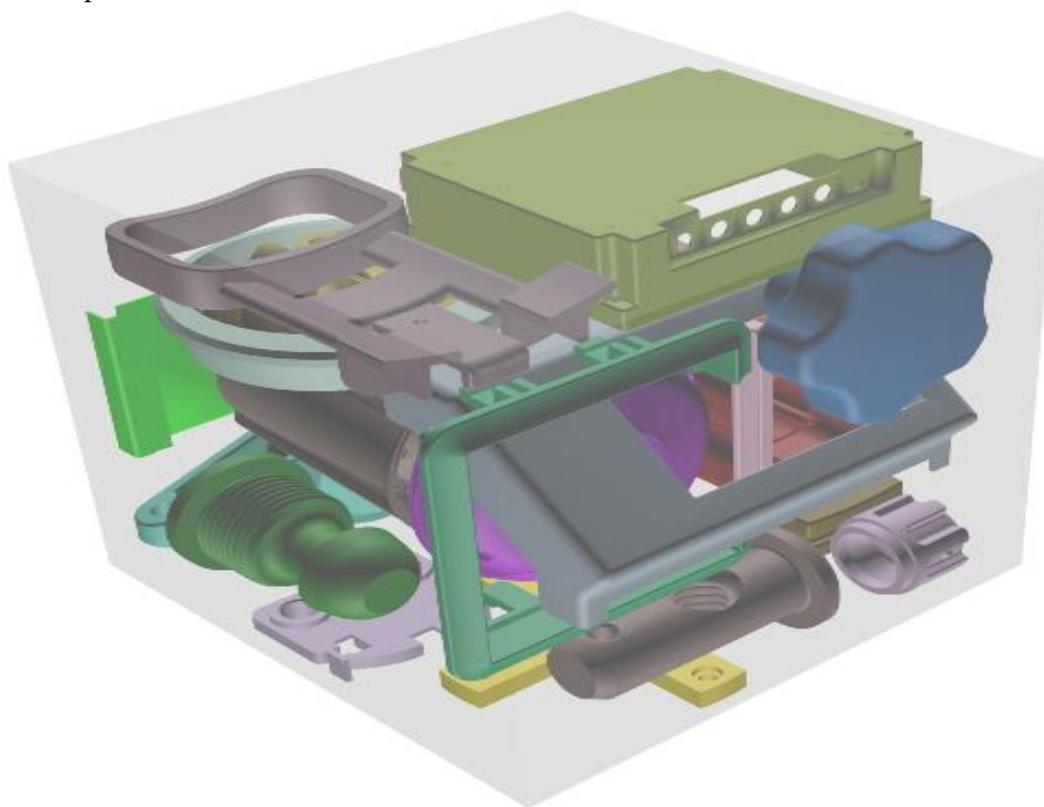


Рисунок 6 – Пример размещения 25-ти трехмерных объектов сложных форм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведены разработанные метод и алгоритмы генерации трехмерных карт упаковки невыпуклых многогранников в прямоугольный параллелепипед минимальной высоты, основанные на анализе точек занесения и отличающиеся в динамическом построении только тех годографов вектор-функции плотного размещения упаковываемых объектов, которые необходимы при последовательно-одиночном размещении объектов в области, что позволяет, с одной стороны, не строить годографы всех пар многогранных объектов, а с другой – находить допустимые точки занесения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стоян Ю.Г., Гиль Н.И. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов. – Киев: Наук. думка, 1976. – 247 с.
2. Верхотуров М.А., Сергеева О.Ю. Применение цепного кодирования для задач плотной упаковки // Роль геометрии в искусственном интеллекте и системах автоматизированного проектирования. Сборник докладов всероссийской н.-т. конференции. – Улан-Удэ, 1996. – С. 48-50.
3. Brooks R.L., Smith C.A.B., Stone A.H., Tutte W.T. The dissection of rectangles into squares. *Duke Mathematical Journal* 7, 1940. – P. 312-340.
4. Stoyan Yu., Gil M., Scheithauer G., Pankratov A. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped. TU Dresden, 2004. – 32 p. (Preprint MATH-NM-06-2004).
5. Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Ягудин Р.Р. Об одном решении задачи плотной упаковки выпуклых многогранников на основе годографа функции плотного размещения. – Орел: Информационные системы и технологии, 2012. – С. 31-39.
6. Egeblad J., Benny K., Marcus B. Translational packing of arbitrary polytopes. Elsevier. *Computational geometry*. Volume 42, Issue 4, 2009. – P. 269-288.

Верхотуров Михаил Александрович

Уфимский авиационный государственный авиационный университет, г. Уфа

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Вычислительная математика и кибернетика»

Тел.: 8 (347) 273-79-67

E-mail: verhotur@vmk.ugatu.ac.ru

Верхотурова Галина Николаевна

Уфимский авиационный государственный авиационный университет, г. Уфа

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: verhoturova.gn@yandex.ru

Ягудин Рустем Расламович

Уфимский авиационный государственный авиационный университет, г. Уфа

Аспирант кафедры «Вычислительная математика и кибернетика»

E-mail: gunboxer@gmail.com

M.A. VERXOTUROV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department
«Calculus Mathematics and Cybernetics»*)

G.N. VERXOTUROVA (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

R.R. YaGUDIN (*Post-graduate Student of the Department
«Calculus Mathematics and Cybernetics»
Ufa State Aviation Technical University, Ufa*)

**DYNAMIC USAGE OF NO-FIT POLYHEDRON FOR SOLVING THE NON-CONVEX
POLYHEDRONS DENSE PACKING PROBLEM**

The current work considers the problem of dense packing of non-convex polyhedrons into a minimal height parallelepiped container. The no-fit polyhedron based algorithm is proposed to solve described task. This algorithm is based on analyze of possible polyhedron placement points. Some examples and computational results are also given for public input data.

Keywords: *packing; nesting; hodograph of dense allocation function; no-fit polyhedron; self-non-intersection conditions of polyhedrons; 3D palletization problem; dense packing of three-dimensional objects.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Stoyan Yu.G., Gil' N.I. Metody' i algoritmy' razmeshheniya ploskix geometricheskix ob'ektov. – Kiev: Nauk. dumka, 1976. – 247 s.
2. Verxoturov M.A., Sergeeva O.Yu. Primenenie cepnogo kodirovaniya dlya zadach plotnoj upakovki // Rol' geometrii v iskusstvennom intellekte i sistemax avtomatizirovannogo proektirovaniya. Sbornik докладov vserossijskoj n.-t. konferencii. – Ulan-Ude', 1996. – S. 48-50.
3. Brooks R.L., Smith C.A.B., Stone A.H., Tutte W.T. The dissection of rectangles into squares. Duke Mathematical Journal 7, 1940. – P. 312-340.
4. Stoyan Yu., Gil M., Scheithauer G., Pankratov A. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped. TU Dresden, 2004. – 32 p. (Preprint MATH-NM-06-2004).
5. Verxoturov M.A., Verxoturova G.N., Yagudin R.R. Ob odnom reshenii zadachi plotnoj upakovki vy'pukly'x mnogogrannikov na osnove godografa funkicii plotnogo razmeshheniya. – Oryol: Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – S. 31-39.
6. Egeblad J., Benny K., Marcus B. Translational packing of arbitrary polytopes. Elsevier. Computational geometry. Volume 42, Issue 4, 2009. – P. 269-288.

УДК 004.057.4

А.В. ЕРЕМЕНКО

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ КОНФОРМНОСТИ МОДУЛЬНЫХ СТРУКТУР СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АСУ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Представлена математическая модель взаимодействия протокольных объектов модульных структур сбора и обработки данных, базирующаяся на модели расширенного автомата (РА) с предикатами в виде целочисленных неравенств и исследованы ее свойства. Изложены способы и приемы автоматизированной генерации тестов и тестирования конформности модульных структур сбора и обработки данных.

Ключевые слова: конформность; испытания; модульные структуры сбора и обработки данных; промышленное предприятие.

ВВЕДЕНИЕ

Тенденция комплексной автоматизации опирается и на растущую потребность в использовании производственных данных в бизнес-процессах, бухгалтерском учете, системах планирования и управления ресурсами предприятий (ERP) и взаимодействия с заказчиками (CRM), программах инвентаризации. Анализ работ отечественных ученых показал, что современные АСУП используют для коммуникаций сети Ethernet и протоколы TCP/IP, а информационные системы – технологии Internet. В последнее время предпринимаются активные попытки внедрить Ethernet на цеховом уровне, задействовать привычные сетевые протоколы для интеграции АСУП и АСУ ТП, преодолеть технологические барьеры, возникшие в результате их независимого развития.

В большинстве приложений для сбора производственных данных на уровне АСУП используется пакетный способ обработки, когда данные передаются в конце смены или в другое незагруженное время дня. Архивные данные для обработки или анализа могут передаваться на уровень АСУП из системы SCADA. Для того, чтобы гибко и эффективно управлять производством, лицу, принимающему решения, нужны текущие значения выхода готовой продукции, параметров производственных процессов, состояния оборудования и т.п., то есть данные реального времени [1, 2].

Широкая доступность сетевых компонентов, тенденция объединения систем автоматизации производственных процессов и распространенных сетевых технологий открывают интересные возможности применения на производственных предприятиях привычных протоколов глобальных и локальных сетей, стандартных средств управления. Это упрощает решение задач объединения разнородных сред передачи данных и устройств, помогает обеспечить их взаимодействие и централизованное управление.

Модульные структуры сбора и обработки данных в АСУ промышленного предприятия осуществляют автоматизированный сбор информации о значениях физических параметров в заданных точках объекта контроля с аналоговых и/или цифровых источников сигнала, а также первичную обработку, накопление и передачу данных.

Практически все спецификации протоколов модульных структур сбора и обработки данных в той или иной степени содержат разделы, допускающие различную интерпретацию разработчиками и, следовательно, различную реализацию. Это, например, опциональные процедуры и параметры, разные значения параметров и величины таймеров. Неоднозначность спецификации приводит к тому, что реализации протоколов разных фирм-производителей не работают совместно.

В модульных структурах сбора и обработки данных на этапе тестирования конформности (соответствия) реализаций протоколов проверяется, в какой степени и при каких условиях разные реализации одного и того же протокола могут совместно работать,

выдавая ожидаемый результат. Тесты этого вида обычно применяются как ко всем протоколам стека, используемого на интерфейсе, так и к какому-либо одному выбранному протоколу.

Тестирование конформности производится с применением эталонной системы (что не всегда возможно и дорого) или с использованием системы тестирования, имитирующей эталонную. Для имитации эталонной системы, с которой должно стыковаться тестируемое оборудование, служат симуляторы протоколов и генераторы вызовов. При использовании реальной системы в качестве эталонной применяются анализаторы протоколов, которые осуществляют мониторинг интерфейса, соединяющего тестируемую систему с эталонной.

Однако эффективность работы данных протоколов резко снижается при возникновении внутрипротокольных прерываний. Внутрипротокольные прерывания – это прерывания, возникающие на этапе установления соединения или передачи данных, вызванные сбоем в работе внутри протокола при взаимодействии между протокольными объектами в результате столкновения или неопределенности процессов.

Проблемам информационного обмена в интегрированной информационной среде промышленных предприятий посвящен целый ряд работ [3-14]. Однако за рамками их рассмотрения остаются вопросы взаимодействия протокольных объектов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОКОЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ МОДУЛЬНЫХ СТРУКТУР СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

При постановке задачи тестирования конформности тестирования на основе формальной модели будем считать, что протокольные блоки данных (ПБД) с ошибками испытаний отображаются в некорректные сигналы. Рассмотрим множество тестируемых протокольных объектов T^* . Будем считать, что каждый объект T из множества T^* обладает следующими свойствами:

- для каждого объекта $T \in T^*$ можно выделить множество входных сигналов X и множество выходных сигналов Y . Множество последовательностей входных сигналов (входных последовательностей) будем обозначать X^* ; множество выходных последовательностей будем обозначать Y^* ;

- на объекте $T \in T^*$ может быть проведен эксперимент, заключающийся в установке T в начальное состояние (инициализации объекта), подаче входной последовательности $\alpha \in X^*$ и наблюдении выходной последовательности $\beta \in Y^*$. Реакция объекта, находящегося в начальном состоянии, на входную последовательность определяется функцией $J(\alpha): X^* \rightarrow Y^*$.

Рассмотрим множество конечных автоматов $A^* = \{ A = (Q, X, Y, \lambda, \delta, q_0) \}$; A – конечный автомат}.

Выделим подмножество $T_A^* \subset T^*$ тестируемых объектов, которые могут быть представлены (смоделированы) конечным автоматом: для каждого $T \in T_A^*$ существует автомат $A \in A^*$; $A = (Q, X, Y, \lambda, \delta, q_0)$, такой, что для любой входной последовательности $\alpha \in X^*$ выполняется: $\beta_1 = \delta(q_0, \alpha)$; $\beta_2 = J(\alpha)$; $\beta_1 = \beta_2$. Отношение моделирования на множествах J_A^* и A^* будем обозначать $M \subset J_A^* \times A^*$.

Пусть протокол описывается эталонным конечным автоматом $A_3 = (Q_3, X_3, Y_3, \lambda_3, \delta_3, q_{03})$, а тестируемый объект T может быть представлен некоторым неизвестным нам конечным автоматом $A_T = (Q_T, X_T, Y_T, \lambda_T, \delta_T, q_{T0})$.

При тестировании сравниваются эталонная модель и объект, представленные конечными автоматами A_3 и A_T . Процедура тестирования заключается в применении к объекту тестовой последовательности $\gamma \in \Gamma$; Γ – множество тестовых последовательностей. Под тестовой последовательностью будем понимать последовательность пар входного и выходного сигналов: $\langle \langle x_1 / y_1 \rangle, \dots, \langle x_1 / y_1 \rangle \rangle$. Последовательность входных сигналов, включенных в тестовую последовательность, будем называть входной частью тестовой последовательности α_T . Последовательность выходных сигналов будем называть выходной

частью тестовой последовательности и обозначать β_T . Применение тестовой последовательности заключается в подаче на объект входной части α_T , в сравнении полученной от объекта выходной последовательности β_o с выходной частью β_T и вынесении вердикта. Для эталонной модели A_Σ и объекта T положительный вердикт выносится, если $\beta_o = \beta_T$, а отрицательный вердикт выносится, если $\beta_o \neq \beta_T$. Получение вердикта обозначим функцией $V : xJ^* \rightarrow \{0,1\}$, где 0 соответствует отрицательному вердикту, а 1 – положительному.

$$V = \begin{cases} 1, & \text{если } \beta_o = J(\alpha_T) \ \& \ \beta_o = \beta_T, \\ 0, & \text{если } \beta_o = J(\alpha_T) \ \& \ \beta_o \neq \beta_T. \end{cases}$$

В качестве типовой ошибки по отношению к неформальному описанию при тестировании конформности можно рассматривать отсутствие описанной возможности протокола, приводящее к изменению внешнего поведения объекта. В рамках модели расширенного автомата (РА) с предикатами изменение внешнего поведения приводит к нарушению эквивалентности между конечными автоматами, представляющими эталонную модель и объект.

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВ ДЛЯ МОДУЛЬНЫХ СТРУКТУР СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

На основе представленной модели разработана методика автоматизированной генерации тестов для модульных структур сбора и обработки данных, основанная на эвристических методах: анализа уникальных последовательностей, поиска и исправлении ошибок, включающая этапы поиска уникальных последовательностей в РА; поиска уникальной входной области; построения тестового комплекта; оптимизации поиска покрытия перехода в РА. Для каждого этапа разработаны алгоритмы, позволяющие реализовать методику подготовки тестов на практике.

На основе оценки общей длины теста, а также количества сигналов, включаемых в тест, выполнено обоснование выбора в качестве базового метода тестирования конечного автомата – метода уникальных последовательностей (УП).

Автором разработан алгоритм поиска уникальных последовательностей в расширенном автомате, позволяющий выделить уникальные последовательности из множества D групп (D группа – множество всех DQ групп (множество всех путей, исходящих из заданного состояния Q и помеченных входной последовательностью x)); производить генерацию нового пути и сформировать уникальную последовательность. Рассматриваемый алгоритм поиска УП отличается от известных ранее отсутствием проверки наличия состояний, для которых найденные последовательности сохраняют уникальность.

УП существуют практически для всех известных детерминированных конечных автоматов, моделирующих протоколы информационного обмена. Однако при использовании расширенного автомата вероятность нахождения УП снижается, так как при переходе от детерминированного автомата к расширенному выполняется объединение группы состояний в одно состояние, а группы входных сигналов в один сигнал. В связи с этим для идентификации состояний в РА с предикатами был введен аналог уникальной последовательности – уникальной входной области (УВО).

Под уникальной входной областью понимается входная область, для которой не существует таких состояний q_0 и q_i и входных последовательностей X_1 и X_2 , что, подавая X_1 на РА в состоянии q_0 , а X_2 на РА в состоянии q_i , будут получены одинаковые выходные последовательности.

На основе алгоритма поиска УП для РА построен алгоритм поиска УВО. Единственным различием в алгоритмах поиска УП и поиска УВО является реализация функции, позволяющей выделять уникальные последовательности, поскольку для поиска УВО

используется дополнительный критерий – выполнимости условия уникальности выходной последовательности пути.

Для построения тестов используется стандартная структура тестового сегмента. Каждый сегмент состоит из преамбулы, шага эксперимента и постамбулы. Преамбула переводит объект в исходное состояние тестируемого перехода; шаг эксперимента выполняет тестируемый переход; с помощью постамбулы выполняется идентификация конечного состояния перехода.

Рассматриваемая процедура тестирования является тестированием путем одиночного безусловного эксперимента. Поэтому тестовый сегмент задает одну входную последовательность с точностью до значений параметров и задает корректную выходную последовательность.

Тестовая последовательность должна быть построена таким образом, чтобы при тестировании выносился положительный вердикт, если эталонная модель $A_э$ и автомат A_T , моделирующий объект, эквивалентны, и отрицательный вердикт в противном случае, что отражается свойством:

$$V(\gamma, J) = 1 \Leftrightarrow A \equiv_n A_T.$$

При построении теста возникает подзадача достижения выбранного перехода эталонной модели из начального состояния S_0 . Выполнение перехода РА происходит при выполнении предиката перехода. В общем случае вид предиката перехода расширенного автомата может быть произвольным. Например, предикат может представлять собой булеву функцию. Решение же общего случая уравнения можно найти только с помощью полного перебора значений булевых переменных. Трудоемкость перебора может быть сокращена за счет выбора предикатов специального вида, например линейных.

Автор использует модель РА с предикатами в виде целочисленных линейных неравенств. Предлагаемая модель позволяет вводить переменные, а так же использовать параметры входных и выходных сигналов. Модель РА с предикатами предполагает существование разбиений множеств входных и выходных сигналов по типу сигнала.

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ КОНФОРМНОСТИ

Данная методика включает в себя эталонную модель, методику автоматизированной генерации тестов, блоки анализа данных и решений по результатам испытаний конформности. В качестве входных данных используется описание тестируемого протокола на языке SDL.

В качестве внешнего воздействия на среду информационного обмена рассматриваются имитации ошибок характеристик каналов связи. Полагаем, что ошибки структуры ПБД будут выражаться в ошибках значений параметров сигнала автомата. Формальная модель включает в себя разработанную модель процессов информационного обмена, методику подготовки тестов (4 алгоритма), разрешение систем ограничений для переходов и путей РА с предикатами с использованием симплекс-метода линейного программирования. На уровне автомата, моделирующего поведение протокола, разрешенные и неразрешенные ПБД обрабатываются одинаково (как сигналы автомата).

Необходимо отметить, что при испытаниях конформности рассматриваются только возможности модульных систем сбора и обработки данных, описанные техническими условиями или стандартами. Если стандарты не содержат правил обработки некорректных сигналов, решение о том, как их обрабатывать перекладывается на разработчика конкретной реализации.

В работе выделены два основных подхода к обработке некорректных сигналов по умолчанию:

- при получении некорректных сигналов протокол не меняет своего состояния, при этом они либо игнорируются, либо выдается сигнал об ошибке;

– при получении некорректных сигналов протокол переходит в состояние восстановления от ошибки.

Результаты испытаний конформности должны протоколироваться в виде набора отчетов, в которых испытательная лаборатория должна изложить свое суждение о результате тестирования, назначив каждому тестовому примеру соответствующий вердикт, а именно: 1) вердикт прохождения, 2) вердикт безуспешности, 3) вердикт незавершенности.

После выполнения операций тестирования осуществляется оценка спецификации модульной системы сбора и обработки данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе оценки вычислительной сложности алгоритмов генерации теста сделаны следующие выводы: для произвольного РА с предикатами поиск тестовой последовательности требует полного перебора всех входных значений, что ведёт к недопустимо большой временной сложности решения задачи (вычислительная сложность поиска покрытия перехода растёт экспоненциально $O(Rx^L Nt^L)$). При использовании РА с предикатами в виде целочисленных линейных неравенств вычислительная сложность поиска покрытия перехода является степенной функцией длины пути $O(L^3 Nt^L)$ и не зависит от диапазона значений параметров входных сигналов, что позволяет значительно ограничить область перебора при генерации тестовой последовательности.

С использованием разработанных методик была получена тестовая последовательность для протокола TCP. В результате эксперимента для эмуляции запуска теста было сгенерировано около 5000000 автоматов с внесенными ошибками в конечном состоянии и выходном сигнале переходов. Тестом были выявлены все автоматы, неэквивалентные эталонному. Данный результат позволил сделать вывод о том, что полученный тест имеет покрытие ошибок в конечном состоянии и выходном сигнале переходов близкое к 100%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любашин А.Н. Промышленные сети [Электронный ресурс]. – URL: <http://asutp.ru/?p=600353>.
2. Ethernet в системах промышленной автоматизации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.osp.ru/lan/2002/06/136286/>.
3. Еременко В.Т. Синтез сетей передачи данных автоматизированных систем управления на основе критерия неблокируемой маршрутизации / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, О.О. Басов // НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2011. – № 7(102). – Выпуск 18/1. – С. 168-176.
4. Еременко В.Т. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, С.А. Максаков, А.И. Куленич // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. – № 9. – С. 46-49.
5. Еременко В.Т. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Т.М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6. – С. 35-42.
6. Еременко В.Т. Моделирование взаимодействия протокольных реализаций TCP RENO и TCP VEGAS в сети с ограниченной производительностью // Информационные системы и технологии, 2010. – № 1. – С. 109-114.
7. Еременко В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина и др. // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1. – С. 78-84.

8. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.
9. Еременко В.Т. Рекурсивный алгоритм оценки минимальной величины канального ресурса в сети передачи данных / В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков, Д.А. Краснов // Информационные системы и технологии, 2012. – № 4. – С. 97-102.
10. Еременко В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, С.А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.
11. Еременко В.Т. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Плащенков, Д.А. Краснов, С.А. Черепков, А.Е. Георгиевский // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6. – С. 114-119.
12. Еременко В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.

Еременко Алексей Владимирович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 920 812 89 90

E-mail: alex_er@bk.ru

A.V. ERYOMENKO (*Post-graduate student of the Department « Electronics, Computer Sciences and Information Security»
State University – ESPC, Orel*

AUTOMATING THE TESTING OF CONFORMITY OF MODULAR STRUCTURES FOR COLLECTING AND PROCESSING THE DATA MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

The mathematical model of the interaction of social objects of modular structures for collecting and processing data, based on the model of extensive machine (RA) with the predicates in the form of integral inequalities and investigated its properties. Described are methods and techniques of automated test generation and testing of conformity of modular structures for collecting and processing data.

Keywords: *conformity; test; modular structure of the data collection and processing; industrial enterprise.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lyubashin A.N. Promy'shlenny'e seti [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://asutp.ru/?p=600353>.
2. Ethernet v sistemax prony'shlennoj avtomatizacii [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.osp.ru/lan/2002/06/136286/>.
3. Eryomenko V.T. Sintez setej peredachi danny'x avtomatizirovanny'x sistem upravleniya na osnove kriteriya neblokiruemoj marshrutizacii / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, O.O. Basov // NAUCHNY'E VEDOMOSTI Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika», 2011. – № 7(102). – Vy'pusk 18/1. – S. 168-176.
4. Eryomenko V.T. Optimizaciya resursov i upravlenie processami informacionnogo obmena v setyax ASUTP na osnove polevy'x shin / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, S.A. Maksakov, A.I. Kulenich // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2011. – № 9. – S. 46-49.
5. Eryomenko V.T. Modelirovanie informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x integrirovanny'x ASU / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, T.M. Paramoxina, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2011. – № 6. – S. 35-42.
6. Eryomenko V.T. Modelirovanie vzaimodejstviya protokol'ny'x realizacij TCP RENO i TCP VEGAS v seti s ogranichennoj proizvoditel'nost'yu // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2010. – № 1. – S. 109-114.
7. Eryomenko V.T. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirovaniya resursov / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina i dr. // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2012. – № 1. – S. 78-84.

8. Eryomenko V.T., Afonin S.I. Sozdanie teoreticheskix osnov avtomatizacii i postroeniya texnologicheskoy sostavlyayushhej ASU territorial'no raspredelyonny'x predpriyatij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 2. – S. 99-105.
9. Eryomenko V.T. Rekursivny'j algoritm ocenki minimal'noj velichiny' kanal'nogo resursa v seti peredachi danny'x / V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov, D.A. Krasnov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 4. – S. 97-102.
10. Eryomenko V.T. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovmestimy'x s neblokiruemoj marshrutizaciej / V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, S.A. Cherepkov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2012. – № 4. – S. 38-46.
11. Eryomenko V.T. Reshenie zadach upravleniya setevy'mi resursami v usloviyax dinamicheskogo izmeneniya konfiguracii besprovodnoj seti ASUP / V.T. Eryomenko, D.V. Anisimov, D.A. Plashhenkov, D.A. Krasnov, S.A. Cherepkov, A.E. Georgievskij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 6. – S. 114-119.
12. Eryomenko V.T. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eryomenko, S.V. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 1. – S. 106-112.

УДК 004.934

О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ

МОДУЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЧИ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассмотрены современные методы классификации речи. Приведено описание разработанного модуля классификации фонетических единиц на фонемы, реализующего заключающийся в нахождении минимума расстояния между кепстрами анализируемой фонетической единицы и базы образцов алгоритм. Предложенный модуль может применяться в активных системах защиты акустической информации от утечек по техническим каналам путем синтеза маскирующих речеподобных помех с целью формирования баз фонем, участвующих в защищаемых переговорах, дикторов.

Ключевые слова: анализ речи; синтез речи; речеподобная помеха; акустическая информация; аллофон; классификация речи.

ВВЕДЕНИЕ

Задача защиты информации от утечки по акустическим каналам занимает одно из главных мест в области безопасности ввиду того, что она является ключевым элементом в жизни современного мира и именно через нее реализуется значительная часть угроз. Одним из подходов к решению данной задачи является активная маскировка разговора, которая состоит в создании акустического шума. Для формирования маскирующего шума наиболее эффективным является применение систем синтеза речеподобных помех, формируемых путем компиляции участков записей речи дикторов (аллофонов) по фонемному тексту, генерируемому вероятностными методами с учетом статистики языка [1]. С целью формирования базы аллофонов в подобных системах целесообразным представляется применение модуля классификации речи. Классификация речи представляет собой процесс анализа фонетических единиц речи и определения соответствующих фонетических групп, к которым они относятся.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЧИ

Большинство алгоритмов классификации речи состоят из двух этапов: первый заключается в анализе и обработке аналогового сигнала, второй – непосредственно в классификации. На первом этапе при анализе сигнала рассчитывается вектор характеристик, на основании которых выполняется отнесение фонетической единицы к тому или иному классу фонем [2].

В ранних системах распознавания цифр в качестве классификационных характеристик сигнала использовались спектральные резонансы гласных звуков в словах, однако подобные системы были способны распознавать только десять гласных звуков вне зависимости от диктора. Применение в подобных системах спектрального анализатора позволило распознавать фонемы [3].

Для решения задачи классификации речи также применяются методы динамического программирования и линейного предсказания. Тем не менее, более эффективными оказались алгоритмы, основанные на методах статистического моделирования, которые базируются на статистических характеристиках сигнала. Но поскольку параметры речевого сигнала точно не определены и предположительно имеют простые функции распределения, такие алгоритмы могут давать неточности [4]. Кроме того, для классификации речи широко используются искусственные нейронные сети, для правильной работы которых требуется тщательное обучение, которое требует значительных затрат по времени и другим ресурсам для построения удовлетворительной модели, что является их недостатком [5, 6].

Таким образом, классификация речи в реальном времени с помощью современных методов требует больших вычислительных ресурсов, объем которых часто бывает

ограничен. Невозможность широкого применения многих алгоритмов в невысокопроизводительных мобильных устройствах обуславливает необходимость в разработке модуля классификации речи, реализующего эффективный и оптимизированный алгоритм.

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЧИ

Для решения задачи классификации речи необходимо выделить первичные признаки речи, которые образуют множество, по которому можно с высокой вероятностью отличить один вид (класс) звука от другого или прийти к заключению о том, что два звука принадлежат одному виду (классу). Речевой сигнал очень сильно варьируется по многим параметрам: длительность, темп, высота голоса, искажения, вносимые большой изменчивостью голосового тракта человека, различными эмоциональными состояниями диктора, сильным различием голосов разных людей. Два временных представления звука речи даже для одного и того же человека, записанные в один и тот же момент времени, не будут совпадать. Следовательно, необходимо выделять такие параметры речевого сигнала, которые полностью описывали бы его, т.е. позволяли бы отличить один звук речи от другого, но были бы в то же время инвариантны относительно описанных выше вариаций речи. Полученные таким образом параметры должны затем сравниваться с образцами, причем это должно быть не простое сравнение на совпадение, а поиск наибольшего соответствия.

Первичные признаки выделяются посредством анализа спектральных и динамических характеристик речевых сигналов.

Информации об амплитуде и форме огибающей речевого сигнала недостаточно для выделения из речи лексических элементов. В зависимости от различных обстоятельств форма огибающей речевого сигнала может меняться в широких пределах, что затрудняет задачу классификации.

Так как человеческий слуховой аппарат при распознавании звука ориентируется на частотный домен звукового сигнала, при этом для него практически не имеет значения фаза сигнала, то для выделения информативных признаков речевого сигнала часто используются:

- коэффициенты линейного предсказания;
- основные спектральные компоненты;
- кепстральные параметры.

Наиболее эффективным представляется использовать кепстральный анализ речевого сигнала, позволяющий учитывать такие особенности, как понижение информативности высокочастотных участков спектра сигнала и логарифмическую чувствительность человеческого слуха.

Для того, чтобы классифицировать фонетическую единицу, необходимо иметь образцы значений всех существенных параметров каждого из звуков речи и оценить, в какой степени анализируемый звук относится к каждому из них, путем нахождения наибольшего соответствия между анализируемой фонетической единицей и имеющимися образцами фонем.

Алгоритм классификации речи, схема которого представлена на рисунке 1, включает следующие этапы:

1. Разбиение сигнала на временные окна анализа 20-30 мс с половинным перекрытием с целью предотвращения потери информации о сигнале на границе окна и последующее умножение на оконную функцию Хемминга для снижения граничных эффектов.

2. Предварительное усиление (pre-emphasis) звукового сигнала в каждом временном окне с помощью фильтра с бесконечной импульсной характеристикой с целью усиления высокочастотной области спектра сигнала, что обеспечивает выравнивание спектра, поскольку вокализованные участки речи характеризуются резко спадающим спектром, а человеком лучше воспринимаются частоты выше 1кГц [7].

3. Расчет мел-частотных кепстральных коэффициентов сигнала. Схема вычисления кепстральных коэффициентов приведена на рисунке 2. К каждому временному окну применяется быстрое преобразование Фурье для получения кратковременного спектра. После чего все значения возводятся в квадрат для возможности применения функции логарифма в случае отрицательных величин. Далее выполняется мел-скейл фильтрация, заключающаяся в разбиении всего множества присутствующих в спектрограмме частот на пронумерованные интервалы, в каждом из которых подсчитывается среднее значение интенсивности сигнала. После чего амплитуды сигнала сжимаются с помощью применения логарифма.

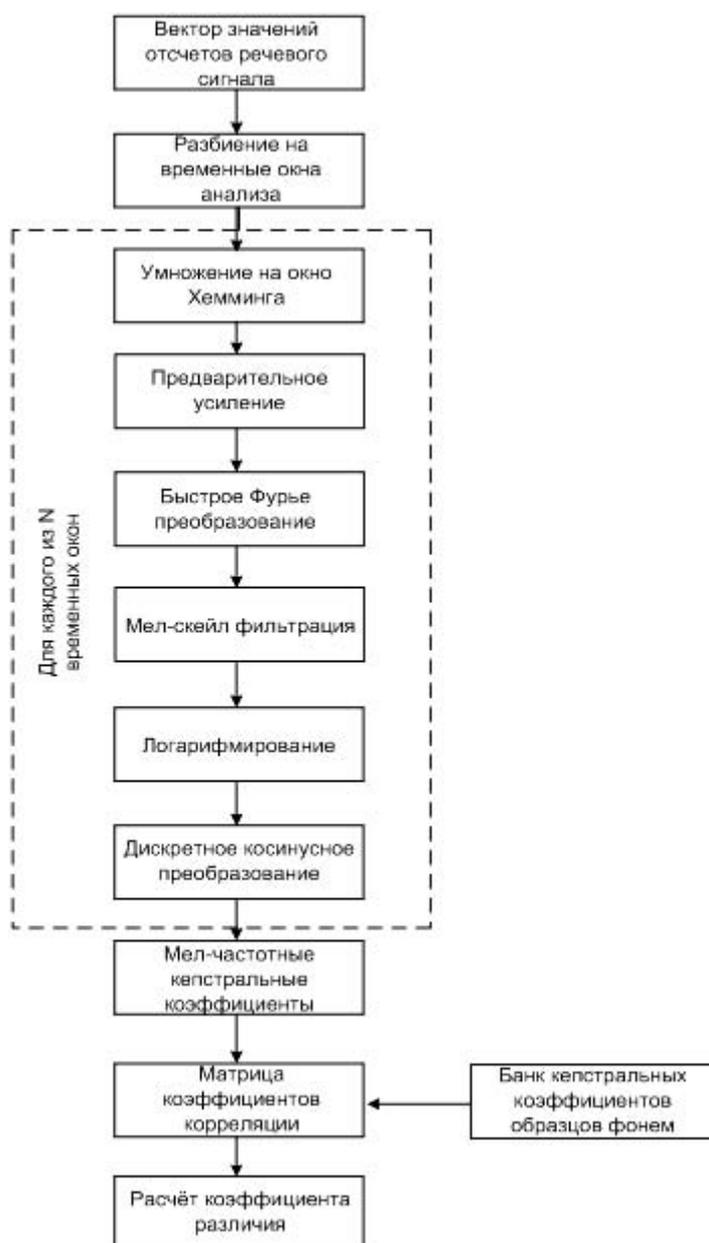


Рисунок 1 – Схема алгоритма классификации речи

Заключительным шагом является применение к спектру обратного преобразования Фурье или дискретного косинусного преобразования. Результатом этого шага является выделение кепстральных коэффициентов, которые формируют вектор свойств данного окна анализа.

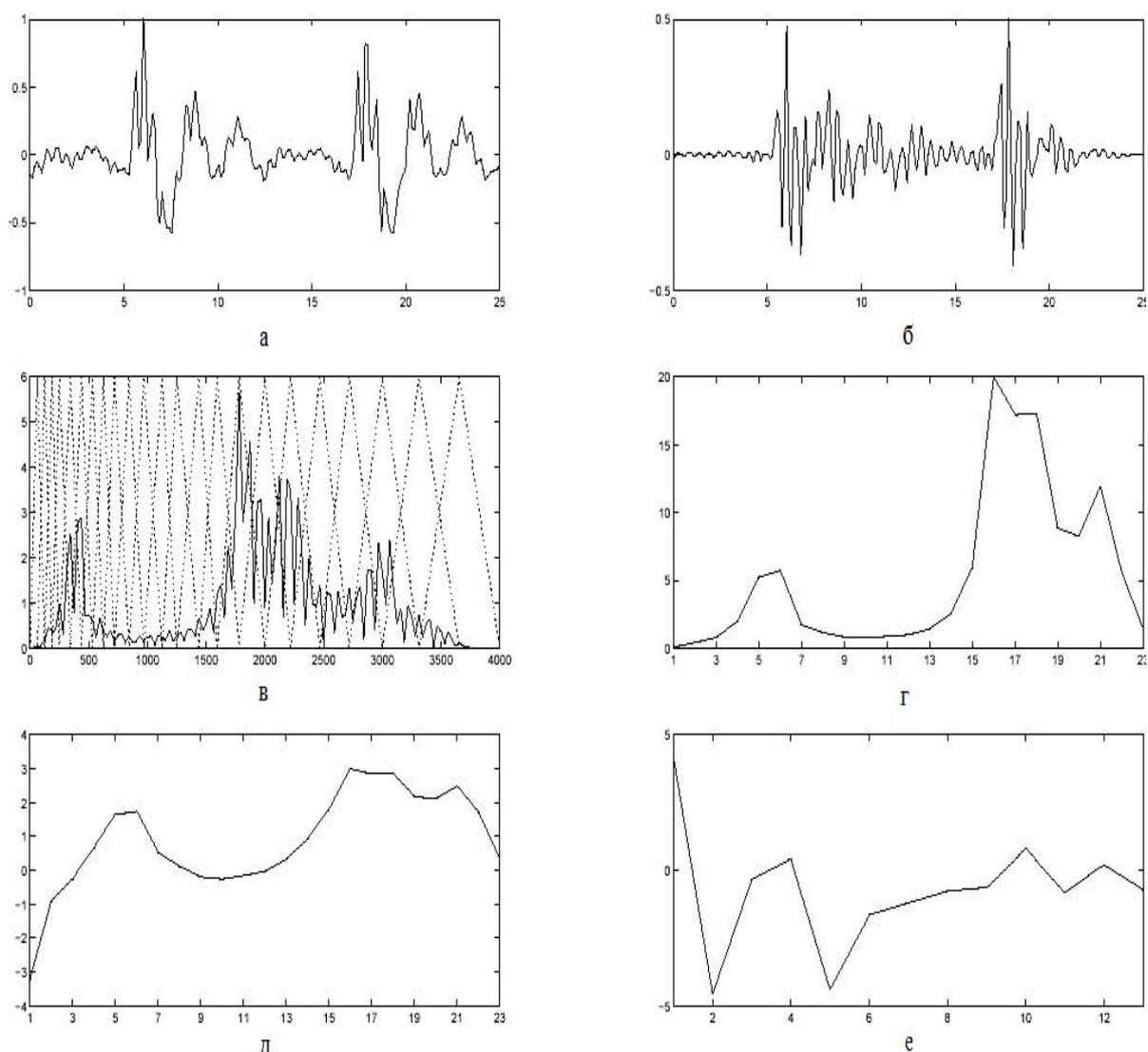


Рисунок 2 – Схема вычисления кепстра сигнала

а – речевой сигнал; б – усиленный речевой сигнал; в – спектр речевого сигнала; г – диаграмма усредненных значений интенсивности речевого сигнала на каждом диапазоне; д – амплитудное логарифмирование; е – диаграмма кепстральных коэффициентов

4. Нахождение матрицы коэффициентов корреляции для кепстральных коэффициентов анализируемой фонетической единицы и банка образцов фонем, отражающих степень соответствия между ними [8].

5. Расчет разности между единичной матрицей и матрицей коэффициентов корреляции в форме разностной матрицы для перехода от степени подобия к степени различия.

6. Расчет коэффициента различия при помощи метода динамического программирования [9], который заключается в оптимальной декомпозиции n -мерной задачи на n этапов, каждый из которых представляет собой подзадачу относительно одной переменной. Метод динамического программирования не предлагает вычислительных алгоритмов непосредственно для каждого этапа, в связи с чем вычислительные аспекты решения каждой подзадачи проектируются и реализуются по отдельности, при этом решения одной подзадачи используются в качестве исходных данных для следующей подзадачи [10]. Результатом данного этапа является нахождение «пути» с наименьшей суммой значений всех ячеек из левого верхнего угла разностной матрицы в ее правый нижний угол. Это суммарное значение принимается в качестве коэффициента различия. Расчет коэффициента различия для фонем [а] и [э] иллюстрирует рисунок 3, на котором ломаная линия показывает «путь» с

наименьшей суммой значений всех ячеек из левого верхнего угла разностной матрицы в ее правый нижний угол. Для матрицы корреляции ломаная линия показывает «путь» с наибольшей суммой значений всех ячеек из левого верхнего угла в правый нижний угол.

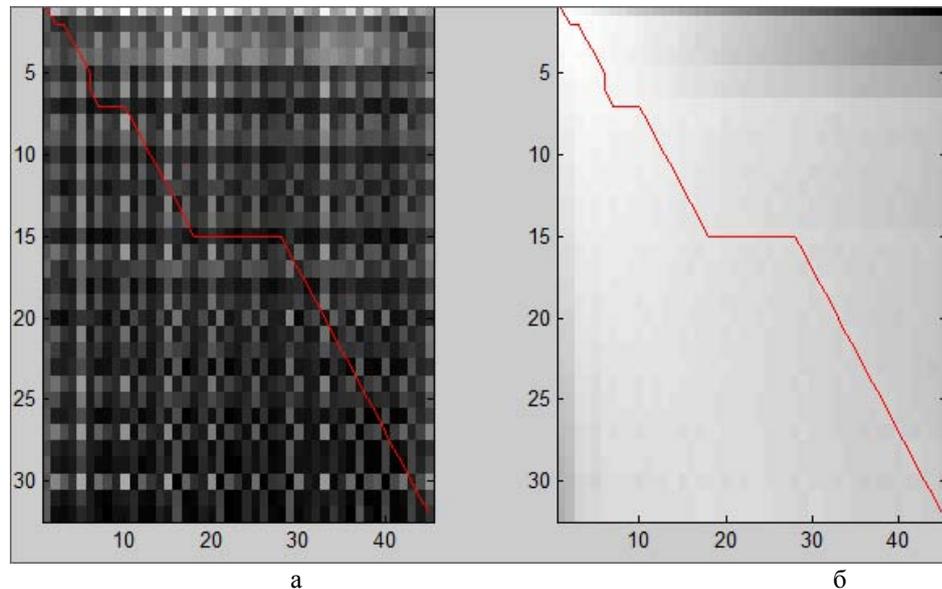


Рисунок 3 – Расчет коэффициента различия для фонем [а] и [э]

а – графическое изображение матрицы с коэффициентами корреляции; б – графическое изображение разностной матрицы

7. Принятие решения о принадлежности анализируемой фонетической единицы соответствующей фонетической группе путем выбора наименьшего значения среди коэффициентов различия, соответствующих всем образцам фонем.

В соответствии с предложенным алгоритмом структурная схема модуля классификации речи [11] будет иметь вид, представленный на рисунке 4.

В качестве входных параметров модуля классификации речи используются фонетические единицы речи. Каждая фонетическая единица представляет собой звуковой файл средней длительностью от 30 до 200 мс, записанный в формате WAV, который чаще всего используется в качестве оболочки для несжатого звука, при этом для каждого отсчёта амплитуды сигнала выделяется определённое число бит. Частота дискретизации для каждого файла – 44100 Гц, амплитуда каждого отсчёта характеризуется 32-мя битами.

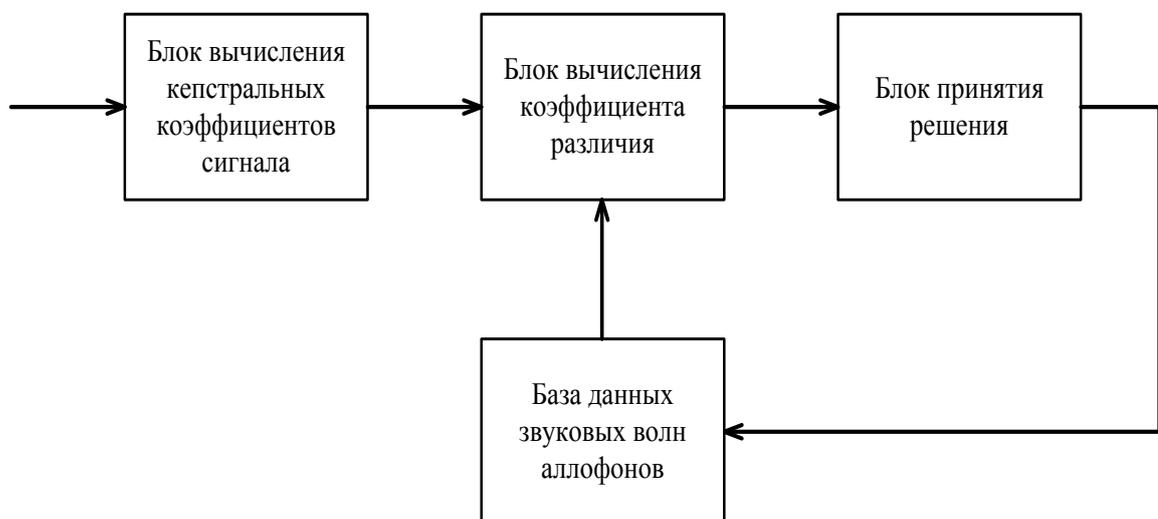


Рисунок 4 – Структурная схема модуля классификации речи

Блок вычисления кепстральных коэффициентов сигнала выполняет расчет кепстра анализируемого сигнала, который передается в блок вычисления коэффициента различия, на второй вход которого из базы данных звуковых волн аллофонов, содержащей образцы вариантов реализации фонем, обусловленных конкретным фонетическим окружением этих фонем, последовательно поступают значения их кепстральных коэффициентов. В свою очередь, блок вычисления коэффициента различия на основе корреляционной матрицы осуществляет расчет коэффициентов различия для анализируемой фонетической единицы и всех образцов, содержащихся в базе данных аллофонов, а также сопоставляет их длительности, результаты вычислений передаются в блок принятия решения. В функции последнего входит принятие решения о принадлежности анализируемой фонетической единицы к той или иной группе фонем, а также ее классификация как определенной фонемы путем нахождения образца с наиболее близкой анализируемой фонетической единице длительностью, которому соответствует наименьшее значение коэффициента различия. Классифицированная фонетическая единица сохраняется в новой базе данных аллофонов или обновляет уже существующую базу.

Таким образом, в ходе работы модуля формируется массив фонетических единиц, разделенных по классам, которые сохраняются в базе данных звуковых волн аллофонов, которая в дальнейшем может быть использована в системах синтеза речеподобных помех.

В качестве примера (табл. 1), классифицируемая предложенным модулем фонетическая единица, представленная фонемой [а] длительностью 95 мс, может быть отнесена к группе гласных и наиболее коррелирует с фонемой [а] русского языка.

Таблица 1 – Коэффициенты различия для фонемы [а] русского языка

Образец фонемы	Длительность фонемы, мс	Весовой коэффициент
1	2	3
Гласные		
а	98	1,8404
о	105	4,2761
и	101	10,3144
ы	151	7,3202
1	2	3
у	136	5,8366
э	136	2,1971
Сонорные согласные		
л	67	4,2038
м	108	8,2211
р	68	3,2072
н	87	6,8219
Шумные согласные глухие		
п	30	4,6759
т	25	3,345
к	56	1,939
ф	164	5,8501
с	181	11,7766
ш	113	9,0782
щ	200	18,0396
х	155	6,8726

ц	97	4,1811
Шумные согласные звонкие		
б	111	6,8718
д	127	8,2736
г	102	7,3062
в	136	10,5866
з	125	8,4564
ж	131	8,9914

Таким образом, согласно результатам тестирования, разработанный модуль классификации речи позволяет определить, к какой группе фонем относится анализируемая фонетическая единица и, кроме того, какой фонеме она соответствует в большей степени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были проанализированы методы классификации речи. Был разработан и реализован в виде модуля алгоритм классификации речи, который состоит в вычислении коэффициентов различия между анализируемой фонетической единицей и базой образцов вариантов реализации фонем, обусловленных конкретным фонетическим окружением этих фонем, представленных кепстральными коэффициентами, на основе корреляционной матрицы. Принятие решения о принадлежности анализируемой фонетической единицы к той или иной группе фонем, а также ее классификация как определенной фонемы, осуществляется путем нахождения образца с наиболее близкой анализируемой фонетической единице длительностью, которому соответствует наименьшее значение коэффициента различия. В результате создается база аллофонов диктора, говорящего на определенном языке, содержащая звуковые реализации фонетических единиц и информацию о них. Показано, что модуль классификации речи позволяет определить, к какой группе фонем относится анализируемая фонетическая единица и, кроме того, какой фонеме она соответствует в большей степени.

Предложенный модуль классификации речи может быть использован в системах синтеза речеподобных помех, обеспечивающих защиту акустической информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зельманский О.Б. Методика синтеза речеподобных сигналов на разных языках для систем защиты информации // Информационные системы и технологии, 2012. – № 4(72). – С. 122-131.
2. Зельманский О.Б. Устройство автоматического распознавания диктора по речи / О.Б. Зельманский, А.Г. Давыдов, Аль-Хатми Моххамед Омар // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных. Материалы междунар. науч.-техн. семинара, Браслав, 20-24 сент. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В.К. Конопелько, Е.Г. Макейчик, О.Р. Сушко. – Минск, 2010. – С. 84-86.
3. Зельманский О.Б., Давыдов А.Г. Параметризация речевого сигнала в системах сегментации речи // Информационные системы и технологии. Материалы VI междунар. конф., Минск, 24-25 нояб. 2010 г. / Науч.-технол. ассоциация «Инфопарк»; редкол.: А.Н. Курбацкий и др. – Минск, 2010. – С. 163-166.
4. Моттль В.В., Мучник И.Б. Скрытые марковские модели в структурном анализе сигналов. – М.: Физматлит, 1999. – 352 с.
5. Speech recognition using neural networks at the center for spoken language understanding / J.P. Hosom, R. Cole and M. Fauty. – Center for spoken language understanding, Oregon Graduate Institute of Science and Technology, 1999.
6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
7. Алдошина И.А. Основы психоакустики. – М.: Оборингиз, 2000. – 154 с.
8. Сато Ю. Обработка сигналов. – М.: Додэка-XXI, 2002. – 176 с.

9. Huang X. Spoken language processing: a guide to theory, algorithm, and system development / X. Huang, A. Acero, H. Hon. – Prentice Hall PTR, 2001.
10. Беллман Р. Динамическое программирование. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960. – 400 с.
11. Устройство синтеза речеподобных сигналов для защиты речевой информации от утечки по вибрационным и акустическим каналам: пат. 8193 Респ. Беларусь, МПК7 Н 04 К 3/00, G 10 L 19/14 / О.Б. Зельманский, А.Г. Давыдов, Г.В. Давыдов, Л.М. Лыньков; заявитель БГУИР. – № u 20110834; заявл. 27.10.2011; опубл. 01.02.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2012. – № 2. – 276 с.

Зельманский Олег Борисович

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Кандидат технических наук, доцент кафедры защиты информации

E-mail: 7650772@rambler.ru

O.B. ZEL'MANSKIJ (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics and radioelectronics*)

Belarusian State University of Informatics and radioelectronics, Minsk

SPEECH CLASSIFICATION MODULE FOR ACOUSTIC INFORMATION SECURITY SYSTEMS

Modern speech classification methods are considered in this article. Speech classification method is suggested. It is based on the finding the minimum distance between the cepstrums of analyzed phonetic unit and sample database. Suggested method is implemented in speech classification module. Proposed module can be used in active speech-like noise synthesis systems for protection of acoustic information from a leakage through technical channels.

Keywords: *speech analysis; speech synthesis; speech-like noise; acoustic information; allophone; speech classification.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zel'manskij O.B. Metodika sinteza rechapodobny'x signalov na razny'x yazy'kax dlya sistem zashhity' informacii // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2012. – № 4(72). – S. 122-131.
2. Zel'manskij O.B. Ustrojstvo avtomaticheskogo raspoznavaniya diktora po rechi / O.B. Zel'manskij, A.G. Davy'dov, Al'-Xatmi Moxxamed Omar // Telekommunikacii: seti i tehnologii, algebraicheskoe kodirovanie i bezopasnost' danny'x. Materialy' mezhdunar. nauch.-texn. seminaru, Braslav, 20-24 sent. 2010 g. / BGUIR; redkol.: V.K. Konopel'ko, E.G. Makejchik, O.R. Sushko. – Minsk, 2010. – S. 84-86.
3. Zel'manskij O.B., Davy'dov A.G. Parametrizaciya rechapovogo signala v sistemax segmentacii rechi // Informacionny'e sistemy' i tehnologii. Materialy' VI mezhdunar. konf., Minsk, 24-25 noyab. 2010 g. / Nauch.-texnol. asociaciya «Infopark»; redkol.: A.N. Kurbackij i dr. – Minsk, 2010. – S. 163-166.
4. Mottl' V.V., Muchnik I.B. Skry'ty'e markovskie modeli v struktturnom analize signalov. – M.: Fizmatlit, 1999. – 352 s.
5. Speech recognition using neural networks at the center for spoken language understanding / J.P. Hosom, R. Cole and M. Fauty. – Center for spoken language understanding, Oregon Graduate Institute of Science and Technology, 1999.
6. Osovskij S. Nejronny'e seti dlya obrabotki informacii. – M.: Finansy' i statistika, 2002. – 344 s.
7. Aldoshina I.A. Osnovy' psixoakustiki. – M.: Oboringiz, 2000. – 154 s.
8. Sato Yu. Obrabotka signalov. – M.: Dode'ka-XXI, 2002. – 176 s.
9. Huang X. Spoken language processing: a guide to theory, algorithm, and system development / X. Huang, A. Acero, H. Hon. – Prentice Hall PTR, 2001.
10. Bellman R. Dinamicheskoe programmirovaniye. – M.: Izdatel'stvo inostrannoj literatury', 1960. – 400 s.
11. Ustrojstvo sinteza rechapodobny'x signalov dlya zashhity' rechapovoj informacii ot utechki po vibracionny'm i akusticheskim kanalom: pat. 8193 Rесп. Belarus', МПК7 N 04 K 3/00, G 10 L 19/14 / O.B. Zel'manskij, A.G. Davy'dov, G.V. Davy'dov, L.M. Lyn'kov; zayavitel' BGUIR. – № u 20110834; zayavl. 27.10.2011; opubl. 01.02.2012 // Aficy'jny' byul. / Nacz. ce'ntr inte'lektual. ulasnasci, 2012. – № 2. – 276 s.

УДК 629.083

С.Н. ЛАЗАРЕВ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье представлена математическая модель процесса функционирования системы технического обслуживания и ремонта средств вычислительной техники на основе теории массового обслуживания, позволяющая повысить качество управления сервисным обслуживанием вычислительных сетей промышленных предприятий.

Ключевые слова: система технического обслуживания и ремонта; средства вычислительной техники; сервисное обслуживание.

Система технического обслуживания и ремонта (СТО и Р) средств вычислительной техники (СВТ) – это организационно-техническая система, основными элементами которой являются операторы (люди), объекты технической эксплуатации (средства вычислительной техники), измерительно-вычислительные комплексы с соответствующим программным и математическим обеспечением. Ее основная цель – наилучшим образом провести техническое обслуживание и ремонт средств вычислительной техники сетей промышленных предприятий.

Основными научными проблемами, возникающими при организации технического обслуживания и ремонта, являются разработка и исследование модели процесса функционирования СТО и Р, представляющего собой процесс массового обслуживания [1-3]. Теоретическим аспектам функционирования СТО и Р на основе профилей протоколов посвящен целый ряд работ [4-7]. Что касается функционирования средств вычислительной техники сетей промышленных предприятий, то ряд источников предлагает новые подходы к их формальному описанию [8-10].

Предположим, что процесс массового обслуживания характеризуется интенсивностью входного потока λ и тем обстоятельством, что параллельно обслуживаться может не более c средств вычислительной техники. Средняя продолжительность обслуживания одного СВТ равняется $1/\mu$. Входной и выходной потоки являются пуассоновскими. Конечная цель использования c параллельно обслуживаемых СВТ заключается в повышении (по сравнению с одноканальной системой) скорости обслуживания требований за счет обслуживания одновременно c объектов. Таким образом, если $n=c$, то интенсивность входного (выходного) потока равняется $c\mu$. С другой стороны, если $n < c$, то интенсивность входного (выходного) потока равняется $n\mu < c\mu$ (поскольку при этом занятыми обслуживанием окажутся не все СВТ, а лишь $n < c$).

Таким образом, для анализа процесса функционирования СТО и Р требуется построить обобщенную одноканальную модель, в которой как интенсивность входного потока, так и скорость обслуживания зависели бы от n , то есть вместо неопределенных параметров λ и μ нужно было бы использовать величины λ_n и μ_n .

Полагая интенсивность входного потока $\lambda_n = \lambda$, а интенсивность выходного потока $\mu_n = \mu n$ при $n < c$ (или $\mu_n = \mu c$ при $n \geq c$), можно получить числовые оценки всех функциональных характеристик системы, описываемой обобщенной одноканальной моделью. При заданных значениях величин λ_n и μ_n необходимо вывести формулу для вычисления стационарных значений вероятности p_n , после нахождения значений этой величины окажется также возможным получить результаты для систем массового обслуживания других типов.

Чтобы провести различие между обобщенной одноканальной моделью и обычной одноканальной моделью, необходимо подчеркнуть, что λ_n и μ_n зависят от n . Тогда для представленной модели справедливы следующие утверждения:

– вероятность того, что в системе, содержащей n требований в интервале h , не происходит ни одного поступления

$$p_n \approx 1 - \lambda_n h; \quad (1)$$

– вероятность того, что в системе, содержащей n требований в интервале h , не происходит ни одного выбытия

$$p_n \approx 1 - \mu_n h. \quad (2)$$

С учетом главного условия, которое заключается в том, что в интервале h может произойти максимум одно событие (поступление или выбытие), находим:

при $n > 0$

$$p_n(t+h) \approx p_n(t)(1 - \lambda_n h)(1 - \mu_n h) + p_{n-1}(t)(1 - \lambda_n h)(1 - \mu_{n-1} h) + p_{n+1}(t)(1 - \lambda_n h)(1 - \mu_{n+1} h), \quad (3)$$

а при $n = 0$

$$p_0(t+h) \approx p_0(t)(1 - \lambda_0 h) \times 1 + p_1(t)(1 - \lambda_1 h)(1 - \mu_1 h). \quad (4)$$

Строго придерживаясь процедуры для стационарного режима, получим следующие уравнения:

при $n > 0$

$$-(\lambda_n + \mu_n)p_n + \mu_{n+1}p_{n+1} + \mu_{n-1}p_{n-1} = 0, \quad (5)$$

а при $n = 0$

$$-(\lambda_n + \mu_n)p_n + \mu_{n+1}p_{n+1} + \mu_{n-1}p_{n-1} = 0. \quad (6)$$

Эти уравнения можно привести к более удобному виду:

при $n > 0$

$$p_{n+1} = \left(\frac{\lambda_n + \mu_n}{\mu_{n+1}} \right) p_n - \left(\frac{\lambda_{n-1}}{\mu_{n+1}} \right) p_{n-1}, \quad (7)$$

а при $n = 0$

$$p_1 = \frac{\lambda_0 \mu_0}{\mu_1}. \quad (8)$$

Рассматривая последовательно уравнения для вероятностей p_1, p_2, p_3 и рассуждая по обычной схеме, реализующей метод индукции, приходим к выражениям для обобщенной модели:

при $n > 0$

$$p_n = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \cdots \lambda_{n-1}}{\mu_1 \mu_2 \cdots \mu_n} p_0, \quad (9)$$

а при $n = 0$

$$p_0 = 1 / \left(1 + \sum_{n=1}^{\infty} \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_{i-1}}{\mu_i} \right). \quad (10)$$

Выражение для вероятности p_0 получено из условия $\sum_{n=0}^{\infty} p_n = 1$.

Приведенные выше оценки показывают, что при централизации СТО и Р среднее время ожидания элементов сокращается. Значит, можно сделать вывод, что создание единой

системы TOP в сети промышленных предприятий производит заметный операционный эффект, если его оценивать с позиции СВТ. Необходимо отметить, что этот результат получен исходя из предположения, что коэффициент загрузки в системе массового обслуживания весьма высок.

Видоизменим постановку задачи за счет накладываемого ограничения $c < N$, то есть мощность обслуживающей СТО и Р ограничена сверху значением N (или, другими словами, тем, что длина очереди СВТ не может превышать $N - c$).

Воспользуемся рассуждениями, приведенными выше, и с учетом $c < N$ будем иметь:

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda, & 0 \leq n < N \\ 0, & n \geq N \end{cases}, \quad (11)$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq c \\ c\mu, & c \leq n \leq N \end{cases}. \quad (12)$$

Подставляя эти выражения для интенсивностей λ_n и μ_n в формулу для вычисления вероятности p_n и используя параметр $p = \lambda/\mu$, получаем:

$$p_n = \begin{cases} \frac{\rho^n}{n!} p, & 0 \leq n \leq c; \\ \frac{\rho^n}{c!c^{n-c}} p, & c \leq n \leq N. \end{cases} \quad (13)$$

$$p_0 = \begin{cases} \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c (1-\rho/c)^{N-c+1}}{c!(1-\rho/c)} \right]^{-1}, & p/c \neq 1; \\ \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^c}{c!} (N-c+1) \right]^{-1}, & p/c = 1. \end{cases} \quad (14)$$

Необходимо отметить, что при видоизменении постановки задачи выражение (14) также видоизменяется. Кроме того, в исследуемом случае коэффициент загрузки p/c необязательно должен быть меньше единицы:

$$L_q = \begin{cases} p_0 \frac{\rho^{c+1}}{(c-1)!(c-\rho)^2} \left\{ 1 - \left(\frac{\rho}{c}\right)^{N-c} - (N-c) \left(\frac{\rho}{c}\right)^{N-c} \left(1 - \frac{\rho}{c}\right) \right\}, & p/c \neq 1; \\ p_0 \frac{\rho^c (N-c)(N-c+1)}{2c!}, & p/c = 1. \end{cases}; \quad (15)$$

$$L_s = L_q + (c - \bar{c}) = L_q + \lambda_{\text{эф}} / \mu, \quad (16)$$

где \bar{c} – среднее количество «простаивающих» обслуживающих СВТ, а $\lambda_{\text{эф}} = \lambda(1 - p_N) = \mu(c - \bar{c})$.

Поскольку $(\bar{n} - \bar{n})$ есть среднее число занятых (загруженных) каналов, $\mu(c - \bar{n})$ – фактическое число СВТ, обслуженных в единицу времени, то $\mu(c - \bar{n})$ следует рассматривать как эффективную интенсивность входного оттока.

Будем считать, что процесс обслуживания СВТ, состоящего из K элементов, осуществляется бригадой из R механиков. Поскольку вышедшее из строя средство не может генерировать заявки на обслуживание во время ремонта, в рассматриваемой модели емкость источника требований будем считать ограниченной.

Если обозначить через λ среднюю частоту возникновения поломок (неисправностей) в расчете на одно средство, то будем иметь:

$$\lambda_n = \begin{cases} (K-n)\lambda, & 0 \leq n \leq K; \\ 0, & n \geq K; \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu, & 0 \leq n \leq R \\ R\mu, & R \leq n \leq K. \\ 0, & n > K \end{cases} \quad (18)$$

Подстановка λ_n и μ_n в выражение для p_n дает следующие выражения:

$$p_n = \begin{cases} \left(\frac{K}{n}\right) \rho^n p_0, & 0 \leq n \leq R; \\ \left(\frac{K}{n}\right) \frac{n! \rho^n}{R! R^{n-R}} p_0, & R \leq n \leq K. \end{cases} \quad (19)$$

$$p_0 = \left\{ \sum_{n=0}^R \left(\frac{K}{n}\right) \rho^n + \sum_{n=R+1}^K \left(\frac{K}{n}\right) \frac{n! \rho^n}{R! R^{n-R}} \right\}^{-1}. \quad (20)$$

Для показателей L_q и L_s справедливы следующие выражения:

$$L_q = \sum_{n=R+1}^K (n-R) p_n, \quad R > 1; \quad (21)$$

$$L_s = L_q + (R - \bar{R}) = L_q + \lambda_{эфф} / \mu.$$

где \bar{R} – среднее число бездействующих («простаивающих» из-за отсутствия работы) механиков, равно $\sum_{n=0}^R (R-n) p_n$, а $\lambda_{эфф} = \mu(R - \bar{R}) = \lambda(K - L_s)$.

Выражение для $\lambda_{эфф}$ получено следующим образом. Поскольку частота поступлений заявок на ремонт при наличии в СТО и R n средств вычислительной техники равняется $\lambda(K-n)$, где λ – частота возникновения неисправностей в расчете на один элемент, то при выполнении условий стационарности $\lambda_{эфф} = E\lambda(K-n) = \lambda(K - L_s)$.

Заметим, что все полученные результаты применимы и в случае, когда вместо бригады механиков все ремонтные работы выполняются одним механиком; для этого в приведенных выше формулах достаточно положить $R = 1$. В этом случае получим:

$$L_q = K - (1 + 1/p)(1 - p_0); \quad (22)$$

$$L_s = K - (1 - p_0)/p. \quad (23)$$

Для оценки операционных характеристик исследуемой математической модели СТО и R использовалась программная реализация модели. Процедура анализа включала серию вычислений при различных (постепенно возрастающих) значениях R и оценивание получаемых при этом операционных характеристик СТО и R . Особую ценность представляют результаты поведения W_s при увеличении значения R .

Принятие окончательного решения относительно численности ремонтных бригад зависит от того, какая ситуация будет считаться приемлемой по критерию компромисса

между допустимым числом вышедших из строя (в произвольно взятый момент времени) СВТ и продолжительностью простоев механиков. Для приведенных рассуждений целесообразно рассмотреть варианты стоимостных моделей, позволяющих решать задачи, аналогичные поставленной здесь задаче определения «оптимального» количества механиков, подлежащих включению в состав ремонтной бригады для организации функционирования СТО и Р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
2. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования. – М.: Наука, 1996. – 240 с.
3. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования. – М.: Наука, 1999. – 392 с.
4. Еременко В.Т. Выбор операционных моделей обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики // В.Т. Еременко, А.В. Тютякин, Е.А. Семашко // Информационные системы и технологии, 2011. – № 3. – С. 115-119.
5. Еременко В.Т. Методика выбора характеристик фильтров изображений в системах технической диагностики // В.Т. Еременко, А.В. Тютякин, А.А. Кондрашин // Контроль и диагностика, 2011. – № 11. – С. 46-52.
6. Еременко В.Т., Тютякин А.В. Методологические аспекты выбора профилей сбора и обработки данных в системах неразрушающего контроля и диагностики технических объектов // Контроль. Диагностика, 2013. – № 1. – С. 24-31.
7. Еременко В.Т. Способы и приемы оптимизации процесса оценки вида технического состояния объектов телекоммуникаций / В.Т. Еременко, А.Н. Орешин, Н.А. Орешин, А.М. Лабунец // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2008. – № 6. – С. 40-47.
8. Еременко В.Т. Способы и приемы предотвращения блокировок процессов информационного обмена в сетях передачи данных предприятия / В.Т. Еременко, А.В. Коськин, С.И. Афонин, А.Н. Савенков, В.Е. Фисенко // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2008. – № 12. – С. 38-43.
9. Еременко В.Т. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, С.А. Максаков, А.И. Куленич // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. – № 9. – С. 46-49.
10. Еременко В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, С.А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.

Лазарев Сергей Николаевич
Академия ФСО России, г. Орел
Заместитель начальника кафедры
Тел.: 8 920 280 89 67
E-mail: serg.orel@mail.ru

S.N. LAZAREV (*Deputy Head of the Department*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

MATHEMATICAL MODEL OF PROCESS SERVICING OF COMPUTER EQUIPMENT INDUSTRIAL ENTERPRISES

The paper presents a mathematical model of the process of functioning of system of maintenance service and repair of computer equipment on the basis of the theory of mass service, allowing to increase the quality management of service of computer networks of the industrial enterprises.

Keywords: *system of technical service and repair of computer equipment; service maintenance.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ventcel' E.S. Issledovanie operacij. – M.: Nauka, 1988. – 208 s.
2. Ermol'ev Yu.M. Metody' stoxasticheskogo programmirovaniya. – M.: Nauka, 1996. – 240 s.
3. Yudin D.B. Zadachi i metody' stoxasticheskogo programmirovaniya. – M.: Nauka, 1999. – 392 s.
4. Eryomenko V.T. Vy'bor operacionny'x modelej obrabotki, arxivirovaniya i zashhity' izobrazhenij v raspredelenny'x sistemax texnicheskoj diagnostiki // V.T. Eryomenko, A.V. Tyutyakin, E.A. Semashko // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2011. – № 3. – S. 115-119.
5. Eryomenko V.T. Metodika vy'bora karakteristik fil'trov izobrazhenij v sistemax texnicheskoj diagnostiki // V.T. Eryomenko, A.V. Tyutyakin, A.A. Кондрашин // Kontrol' i diagnostika, 2011. – № 11. – S. 46-52.
6. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V. Metodologicheskie aspekty' vy'bora profilej sbora i obrabotki danny'x v sistemax nerazrushayushhego kontrolya i diagnostiki texnicheskix ob''ektov // Kontrol'. Diagnostika, 2013. – № 1. – S. 24-31.
7. Eryomenko V.T. Sposoby' i priyomy' optimizacii processa ocenki vida texnicheskogo sostoyaniya ob''ektov telekommunikacij / V.T. Eryomenko, A.N. Oreshin, N.A. Oreshin, A.M. Labunecz // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2008. – № 6. – S. 40-47.
8. Eryomenko V.T. Sposoby' i priyomy' predotvrashheniya blokirovok processov informacionnogo obmena v setyax peredachi danny'x predpriyatiya / V.T. Eryomenko, A.V. Kos'kin, S.I. Afonin, A.N. Savenkov, V.E. Fisenko // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2008. – № 12. – S. 38-43.
9. Eryomenko V.T. Optimizaciya resursov i upravlenie processami informacionnogo obmena v setyax ASUTP na osnove polevy'x shin / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, S.A. Maksakov, A.I. Kulenich // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2011. – № 9. – S. 46-49.
10. Eryomenko V.T. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovместimy'x s neblokiruemoj marshrutizaciej / V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, S.A. Cherepkov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2012. – № 4. – S. 38-46.

УДК 681.518:681.515.8]; 665.73 (062)

В.А. ЛОБАНОВА, М.А. ФОКИН, О.М. БОРИСОВ

**МОДЕЛЬ НЕЧЁТКОГО РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ТОПЛИВА
В РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЕ**

В данной статье авторы освещают проблему использования нечётких регуляторов в технологическом процессе ректификации нефти. Применение регуляторов на основе нечёткой логики для процесса дистилляции позволит значительно повысить качество продуктов, производимых в ректификационной колонне.

Ключевые слова: нечёткий регулятор; ректификационная колонна; мини-НПЗ.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

За последние годы реконструкция больших российских НПЗ отсутствует из-за отсутствия инвестиций. Это с одной стороны. С другой стороны, существует проблема потери качества при транспортировке нефтепродуктов 27 больших российских НПЗ на огромную территорию от Балтики до Тихого океана. Текущую ситуацию в нефтепереработке России трудно признать нормальной. Поэтому стихийно на основе экономической необходимости и экономической привлекательности в разных регионах России строятся небольшие и средние НПЗ мощностью от 10000 до 800000 тонн в год. Их число никто не знает точно. Имеется спрос на нефтепродукты и под этот спрос автоматически возникает предложение нефтепродуктов с мини-НПЗ. Российские мини-НПЗ имеют самое различное исполнение – в большом количестве от так называемых «самоваров» до единичных высокотехнологичных современных установок. Качество получаемых первичных продуктов на высокотехнологичных установках ничем не отличается от качества продуктов на больших НПЗ. Качество же продуктов на «самоварах» оставляет желать лучшего. Основная задача мини-НПЗ – получение из сырой нефти хотя бы базовых качественных продуктов – прямогонного бензина, товарного дизельного топлива и мазута и продажа этих продуктов внутри региона.

Нефтеперерабатывающая установка для мини-НПЗ должна отвечать самым строгим требованиям по безопасности ведения процесса, энергетической эффективности и качеству получаемой продукции. Желательно получать необходимые продукты в одну или максимум две ступени ректификации без использования дополнительных источников энергии. Для обеспечения качества выпускаемой продукции наиболее оптимальным вариантом является строительство сравнительно небольших мини-НПЗ, на которых бы производилось высококачественное дизельное топливо. В связи с этим одним из наиболее часто задаваемых заказчиками вопросов является вопрос о возможном выходе светлых фракций на установке. Иными словами, сколько бензина и дизельного топлива может быть получено на предлагаемой установке.

В действительности на такой вопрос трудно дать однозначный ответ, поскольку он разбивается на несколько взаимосвязанных частей.

Во-первых, выход светлых фракций с установки напрямую зависит от фракционного состава сырья. Во-вторых, существует ряд методологических проблем в определении фракционного состава нефти. В-третьих, материальный баланс установки зависит не только от фракционного состава нефти.

На материальный баланс установки, помимо фракционного состава сырья, оказывают влияние такие факторы, как качество исходного сырья и требования к показателям качества получаемых нефтепродуктов. В связи с этим материальный баланс установки может иметь весьма значительное расхождение с фракционным составом исходного сырья. То есть без специальных исследований нельзя однозначно утверждать, что количество светлых фракций, получаемых на установке, будет равно количеству светлых фракций, содержащихся в сырье.

В связи с этим возникает вопрос, как оптимально организовать процесс регулирования сложной ректификационной колонны на основе данных о фракционном составе нефти?

В работах В.А. Лобановой рассмотрены вопросы использования регуляторов на основе нечеткой логики в системах автоматического управления различной конфигурации [1, 2].

Известен способ автоматического регулирования сложной ректификационной колонны путем регулирования расхода орошения по температуре верха простой колонны, входящей в состав сложной колонны, с корректировкой по плотности смежных боковых погонов и разности их плотностей. Экономический эффект достигается за счет повышения четкости отбора и качества целевых продуктов и экономии энергозатрат.

Недостатком является регулирование только верха колонны, что не обеспечивает увеличение отбора светлых нефтепродуктов.

Известен способ управления процессом первичной переработки нефти в сложной ректификационной колонне с выводом боковых погонов нефтепродуктов, в котором по текущим значениям концентраций легких и тяжелых компонентов нефтепродуктов, используя динамическую модель процесса, определяют концентрации легкого компонента в отбираемом выше погоне нефтепродукта и концентрацию тяжелого компонента в отбираемом ниже нефтепродукте, и в зависимости от их значений дополнительно корректируют расходы циркуляционных и острого орошений, расход перегретого пара в низ сложной колонны и величины отборов боковых нефтепродуктов. Способ позволяет уменьшить концентрации нежелательных примесей в боковых погонах нефтепродуктов, например, уменьшить вынос дизельного топлива в мазут и, следовательно, увеличить отбор светлых нефтепродуктов на 0,8%. Однако данный способ может быть использован только при наличии анализаторов качества, которые имеют низкую надежность и значительное время запаздывания.

Наиболее близким техническим решением является способ автоматического регулирования в сложной атмосферной колонне процесса ректификации частично отбензиненной нефти с предварительным нагревом ее в печи, подачей в колонну циркуляционного орошения для съема тепла и в низ колонны водяного пара, отбором бензина, боковых погонов и мазута из куба колонны, включающий регулирование температуры поступающей в колонну нефти изменением расхода топлива в печь и регулирование температуры в зоне орошения изменением его расхода [3]. Способ является достаточно простым и до настоящего времени находит применение в практике. Однако, при изменении состава исходной нефти или при нестабильной работе колонны отбензинивания данный способ не обеспечит при ректификации максимальный отбор светлых нефтепродуктов и четкость их отделения от фракций мазута.

МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ТОПЛИВА

При ректификации нефти в сложной колонне с предварительным нагревом её в печи нефть после колонны отбензинивания содержит некоторое соотношение светлых (в газовой фазе) и темных нефтепродуктов (в жидкой фазе). Эта нефть поступает в печь для подогрева и частичного испарения [4].

Проблема состоит в том, чтобы на выходе из печи поддерживать постоянный оптимальный фазовый состав нагретой нефти.

На выходе из печи установлен датчик перепада давления, который измеряет плотность потока, что фактически отражает соотношение газовой и жидкой фаз в нагретой нефти. Изменение фазового состава осуществляется исполнительным механизмом контура регулирования расхода топлива в печь.

Выработка управляющего воздействия осуществляется нечетким регулятором.

По структуре нечеткий регулятор состоит из следующих блоков: фазификатор, блок правил и дефазификатор.

Выработка управляющего воздействия осуществляется следующим образом:

1. Входная физическая переменная, полученная от датчика давления, преобразуется во входную лингвистическую переменную нечёткого регулятора.
2. Входная логическая переменная обрабатывается согласно лингвистическим правилам регулятора.
3. Преобразование выходной лингвистической переменной регулятора в физическую управляющую переменную для исполнительного механизма.

Синтез регулятора произведём в среде MatLab с помощью пакета «Fuzzy Logic». Модуль fuzzy позволяет строить нечеткие системы двух типов – Мамдани и Сугэно. В системах типа Мамдани значения выходной переменной задаются нечеткими термами, в системах типа Сугэно – как линейная комбинация входных переменных. В нашем случае будем использовать систему Сугэно, т.к. она лучше поддается оптимизации.

Для управления процессом регулирования расхода нефти введём две лингвистические переменные: «ошибка» (по давлению) и «управляющее воздействие» (на расход). Ошибка – входная, управляющее воздействие – выходная переменные. Определим множества терм для этих переменных.

Базовое множество терм для каждой переменной включает в себя нечёткие множества, которые можно обозначить так: отрицательная высокая, отрицательная низкая, нуль, положительная низкая, положительная высокая.

Субъективно определим, что подразумевается под этими термами. Для данного контура регулирования переменную «ошибка» определим так, как показано на рисунке 1.

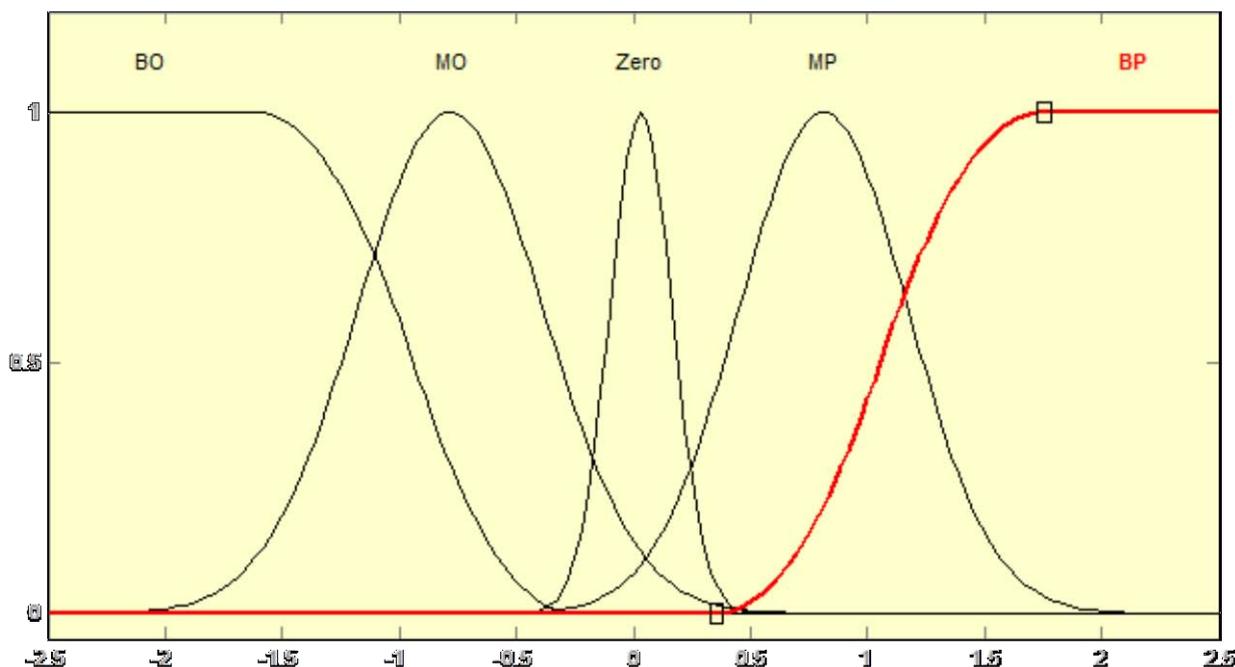


Рисунок 1 – Лингвистическая переменная «ошибка»

Лингвистическая переменная «управление» представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Значения лингвистической переменной «управление»

Функции принадлежности	Большое отрицательное	Малое отрицательное	Нулевое	Малое положительное	Большое положительное
Значение управления	-1	-0.5	0	0.5	1

Последовательность лингвистических правил представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Лингвистические правила

Ошибка	ВО	МО	Zero	MP	BP
Управление	UVO	UMO	UZ	UMP	UBP

2. Составим модель управления расходом топлива в печь. Она представлена на рисунке 2.

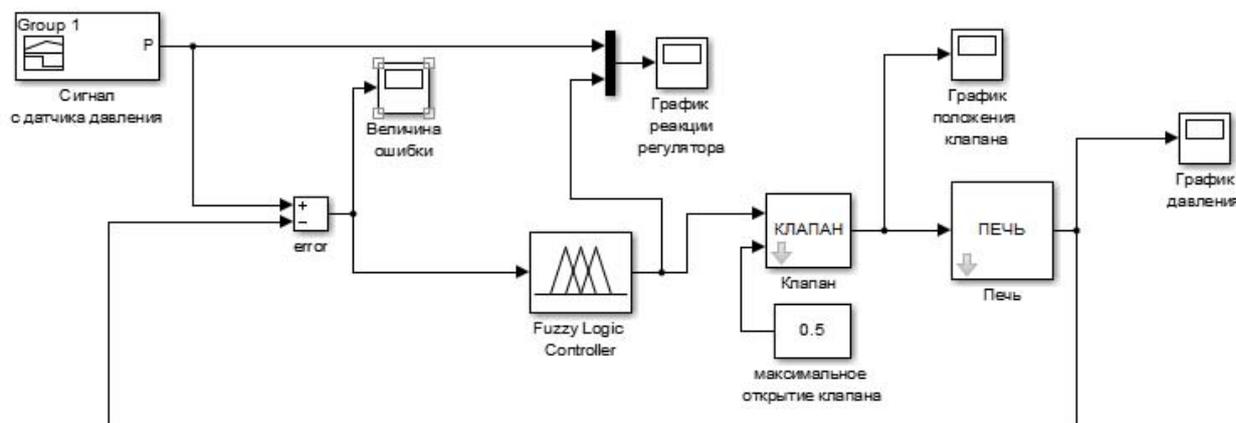


Рисунок 2 – Структурная схема в среде Matlab

Пусть сигнал с датчика давления изменяется так, как показано на рисунке 3.

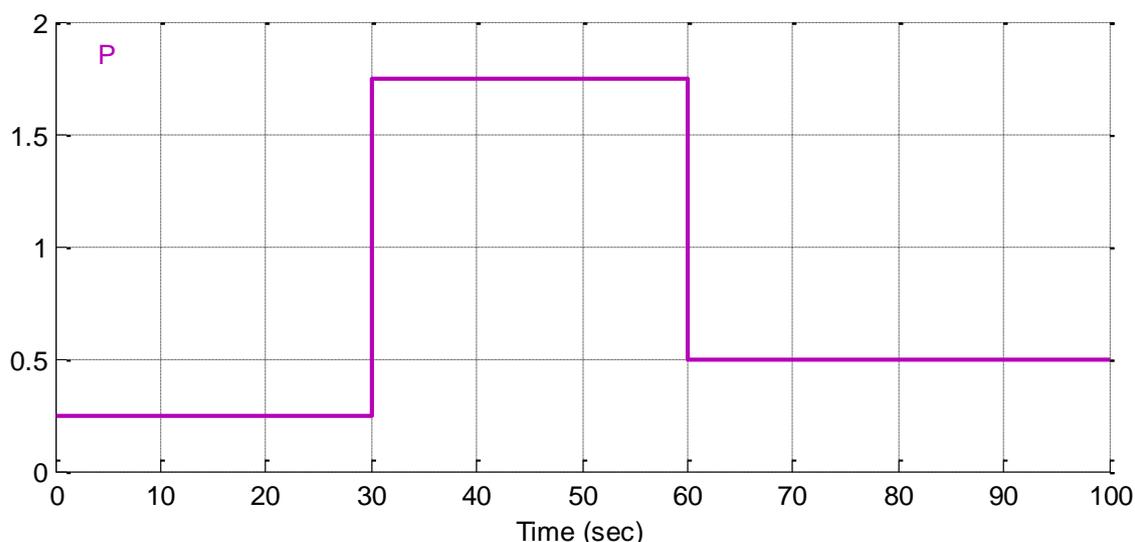


Рисунок 3 – Изменение сигнала датчика давления

В этом случае переходный процесс нечёткого регулятора представлен на рисунке 4.

При данном регулировании положение задвижки исполнительного механизма на входе в печь представлено на рисунке 5.

Анализ характеристик системы управления расходом с синтезированным алгоритмом управления показывает, что они далеки от оптимальных. Объясняется это тем, что параметры функций принадлежности выбирались достаточно произвольно, а в качестве входов регулятора использовалась только величина ошибки. Поэтому актуальной становится задача оптимизации нечеткого регулятора с целью достижения им максимально возможных показателей качества управления.

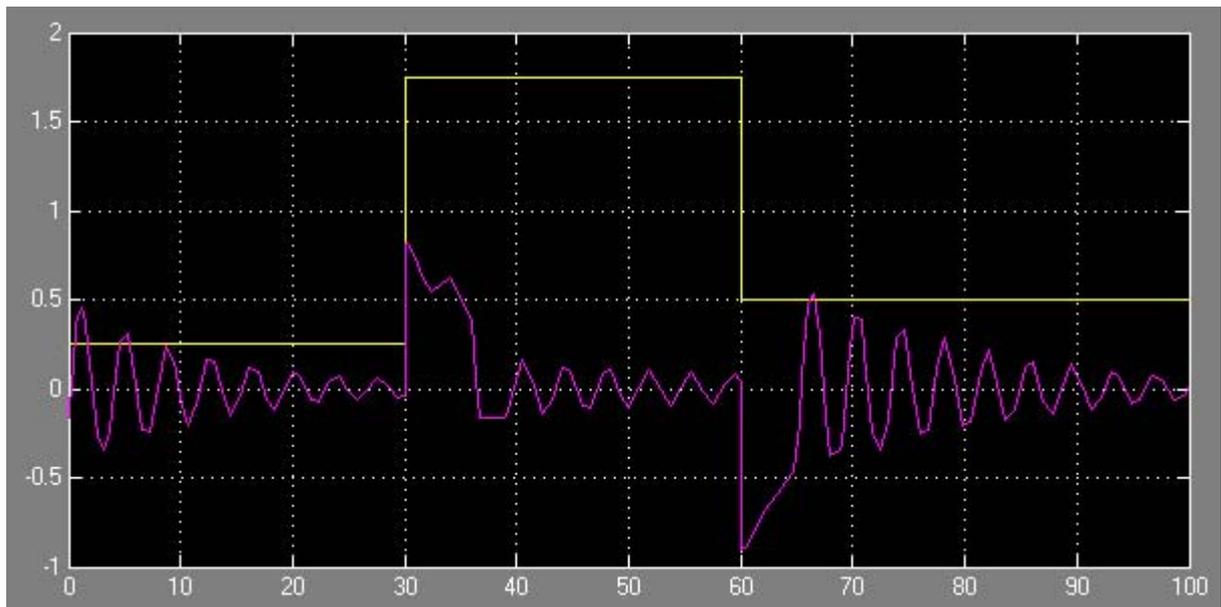


Рисунок 4 – Переходный процесс нечёткого регулятора при заданном входном воздействии

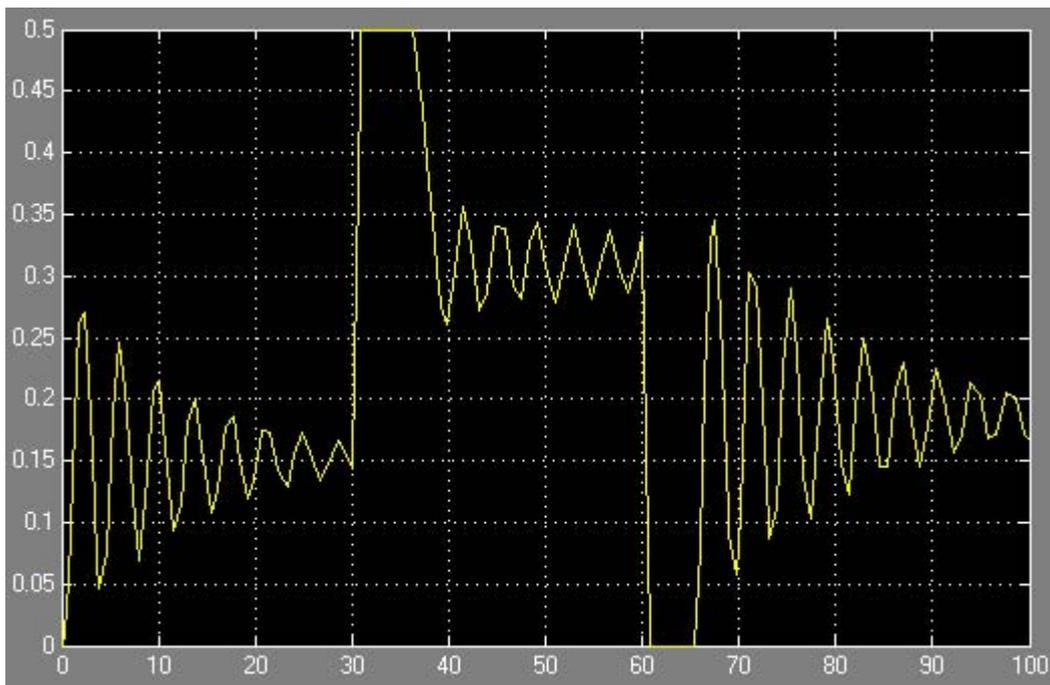


Рисунок 5 – График изменения положения задвижки

Одним из способов улучшения характеристик регулятора может являться увеличение числа его входов. Это сделает регулятор более гибким и улучшит его характеристики.

Добавим еще одну входную лингвистическую переменную – скорость изменения входного сигнала (его производную). В этом случае структурная схема установки представлена на рисунке 6.

Функции принадлежности лингвистических переменных в этом случае приведены на рисунке 7.

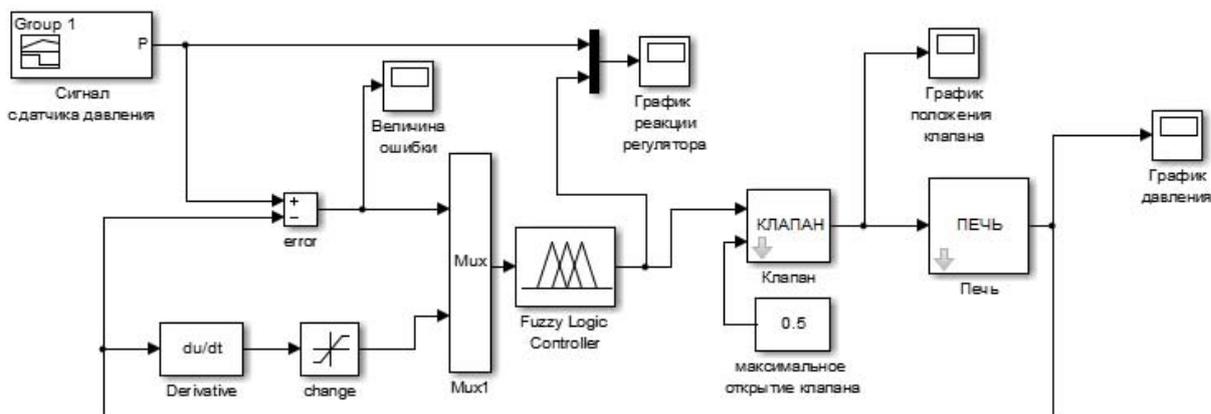


Рисунок 6 – Структурная схема регулирования с двумя входными переменными

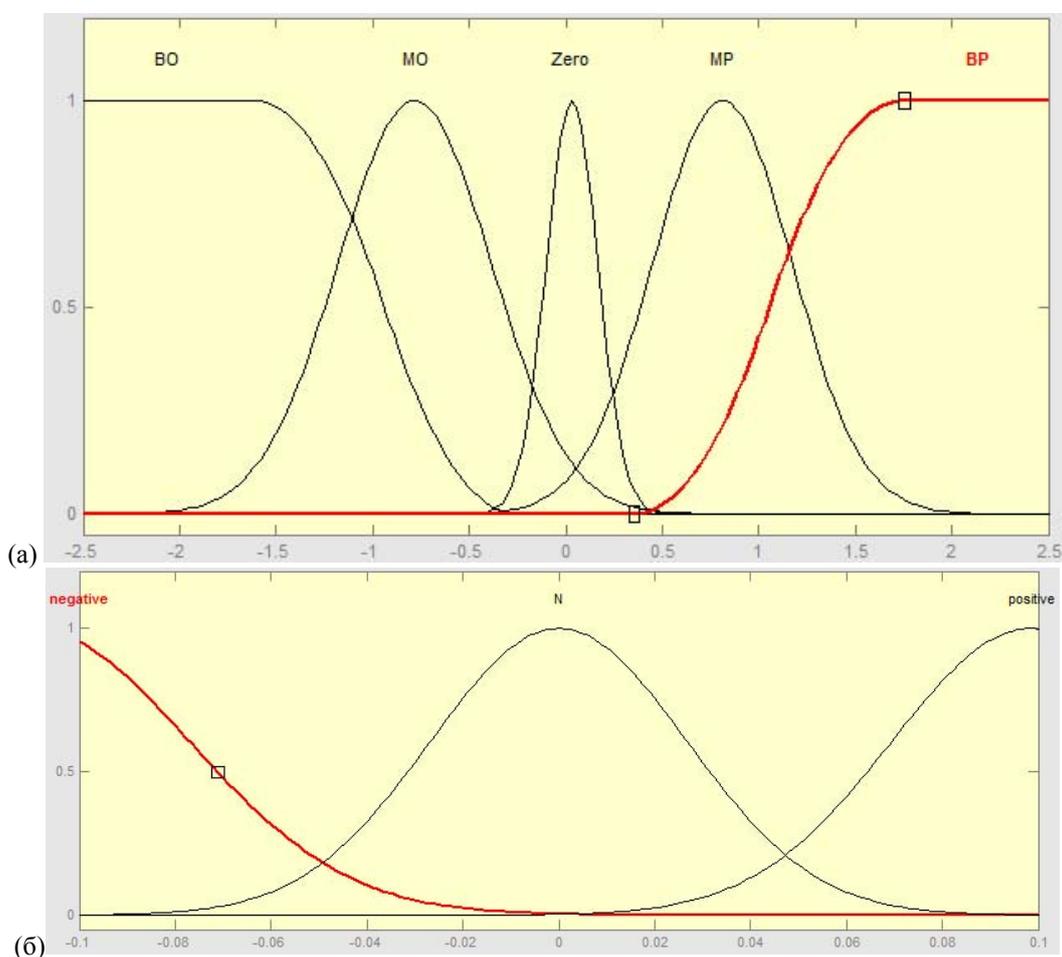


Рисунок 7 – Лингвистическая переменная «ошибка» (а) и «скорость входного сигнала» (б)

В связи с добавлением ещё одной лингвистической переменной количество правил возрастает до 15. Они приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Правила для регулятора с двумя входными переменными

		error				
		BO	MO	Z	MP	BP
rate	negative	BO	BO	MO	MP	BP
	N	BO	MO	Z	MP	BP
	positive	BO	MO	MP	BP	BP

Графики передаточной функции регулятора и изменения положения задвижки в этом случае представлены на рисунке 8.

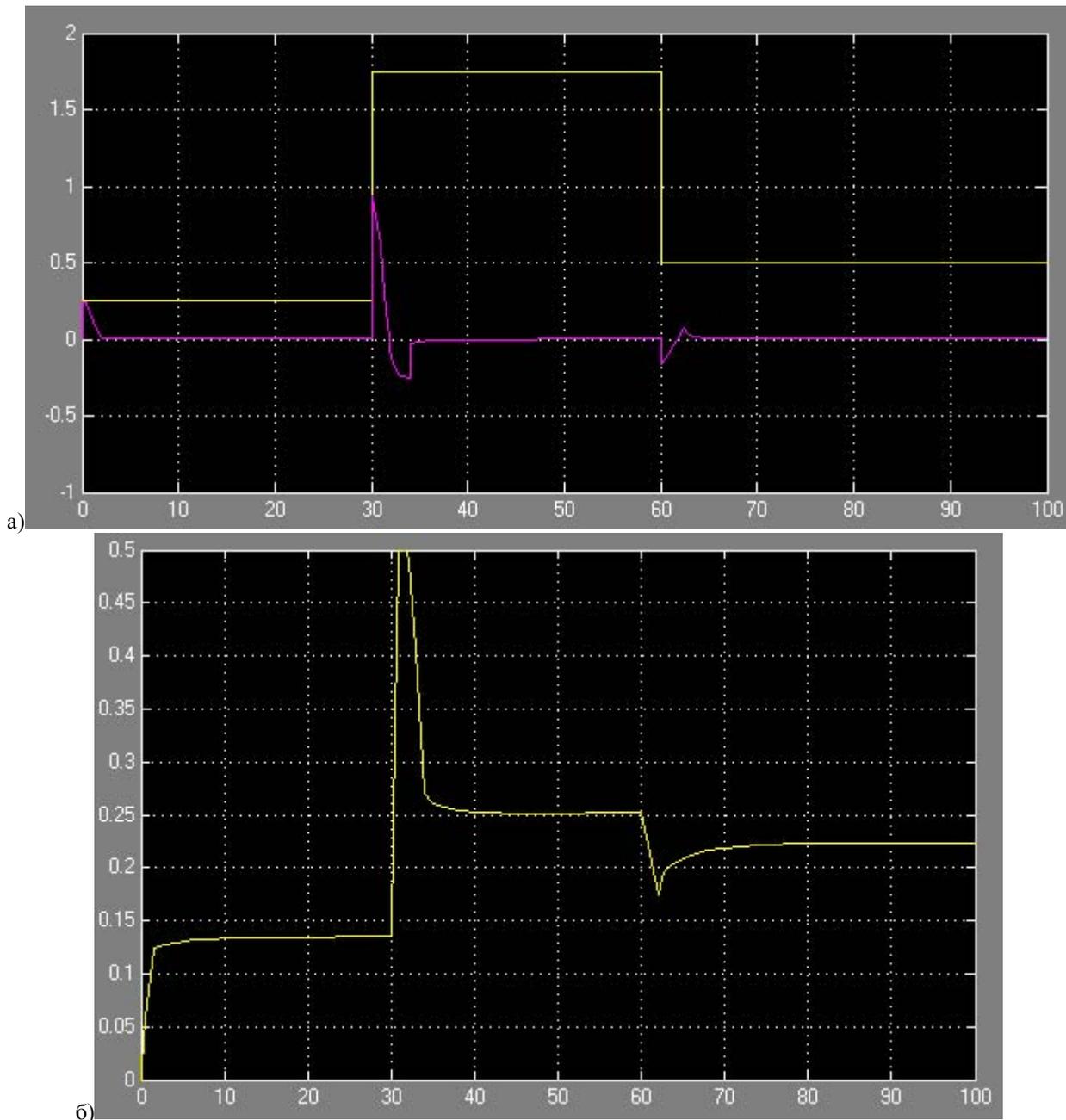


Рисунок 8 – Характеристики регулятора с двумя входными переменными

Из графика переходного процесса для входного воздействия можно видеть, что точность системы значительно возросла, значительно уменьшилось время регулирования, из чего можно сделать вывод о возможности настройки регулятора на нечёткой логике до получения необходимых характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобанова В.А., Воронина О.А. Электронные регуляторы в системах управления технологическими процессами. – Орел: Информационные системы и технологии, 2011. – № 6/270(537). – С. 148-155.
2. Лобанова В.А., Воронина О.А. Электронные и виртуальные средства контроля качества нефтепродуктов. – Орел: Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии // Информационные системы и технологии, 2011. – № 5/269(536). – С. 121-124.
3. Дианов В.Г. Автоматизация процессов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М.: «Химия», 1968. – С. 296-297; с. 299-300.
4. Патент 2096064 РФ, МПК6 В01Д3/42. Способ автоматического регулирования процесса ректификации нефти в сложной колонне / С.И. Глинчак, Ю.А. Егоров, Л.М. Шиб, В.А. Борисов, В.П. Соколов, С.А. Сидоров // Производственное объединение «Горькнефтеоргсинтез». – № 93006597/25; заяв. 30.02.1993; опубл. 20.11.1997.

Лобанова Валентина Андреевна

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Кандидат технических наук, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: Litaliano13@yandex.ru

Фокин Михаил Александрович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант, ассистент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: lvanata@yandex.ru

Борисов Олег Михайлович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант, ассистент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: atomoleg@mail.ru

V.A. LOBANOVA (*Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»*)

M.A. FOKIN (*Post-graduate Student, Assistant Professor of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»*)

O.M. BORISOV (*Post-graduate Student, Assistant Professor of the Department «Electronics, Computer Sciences and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

A MODEL OF FUZZY-LOGIC CONTROLLER OF CRUDE OIL CONSUMPTION IN DISTILLATION COLUMN

In given article authors analyze a problem of using of fuzzy-logic controllers for technological distillation process for oil. Application of fuzzy-logic controllers in distillation process will allow considerably increase the quality of finished products from distillation column.

Keywords: *fuzzy-logic controller; distillation column; mini oil refinery.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lobanova V.A., Voronina O.A. E'lektronny'e regulatory' v sistemax upravleniya texnologicheskimi processami. – Oryol: Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6/270(537). – S. 148-155.

2. Lobanova V.A., Voronina O.A. E'lektronny'e i virtual'ny'e sredstva kontrolya kachestva nefteproduktov. – Oryol: Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texnili i texnologii // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 5/269(536). – S. 121-124.
3. Dianov V.G. Avtomatizaciya processov v neftepererabaty'vayushhej i nefteximicheskoj promy'shennosti. – M.: «Ximiya», 1968. – S. 296-297; s. 299-300.
4. Patent 2096064 RF, MPK6 B01D3/42. Sposob avtmaticeskogo regulirovaniya processa rektifikacii nefti v slozhnoj kolnne / S.I. Glinchak, Yu.A. Egorov, L.M. Shib, V.A. Borisov, V.P. Sokolov, S.A. Sidorov // Proizvodstvennoe ob''edinenie «Gor'knefteorgsintez». – № 93006597/25; zayav. 30.02.1993; opubl. 20.11.1997.

УДК 004.056.53

К.А. МЕГАЕВ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИЙ ПРОТОКОЛОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СРЕДЕ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

В статье предложена математическая модель оптимизации технических возможностей средств информационного обмена на основе целочисленного программирования, отличающаяся использованием ограничений на отдельные сетевые ресурсы и позволяющая предложить для конкретной среды корпоративного портала ограниченное множество технических возможностей.

Ключевые слова: корпоративный портал; технические возможности.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие средств информационного обмена телекоммуникационной среды предприятия осуществляется в направлениях все более полного удовлетворения требований, выдвигаемых пользователями в корпоративных порталах, и улучшения характеристик передачи информации в сквозных трактах от отправителя до получателя [1, 2].

Первое направление проявляется в расширении сферы дополнительных услуг, обеспечиваемых протоколами, которые могут быть созданы для пользователей, обменивающихся информацией в определенном режиме (ДОСТАВКА, ДИАЛОГ, ЗАПРОС – ОТВЕТ). Такими услугами, представляющими наибольшее значение при рассмотрении протоколов среды корпоративного портала, являются:

- образование замкнутых групп пользователей конкретной среды корпоративного портала;
- хранение массивов данных пользователей;
- предварительное согласование между пользователями пропускной способности сквозного тракта передачи информации;
- регулирование доступа к пользователям (получателям информации) или доступа к исходящему трафику;
- обеспечение возможности оплаты (тарификации) за информацию, передаваемую через среду корпоративного портала.

Второе направление проявляется во введении специальных алгоритмов обмена информацией, предназначенных для:

- сокращения времени доставки информационных массивов;
- улучшения степени использования пропускной способности каналов информационного обмена;
- регулирования информационного потока, вводимого в среду корпоративного портала с целью улучшения вероятностно-временных характеристик передачи;
- установления целесообразных параметров обмена – длины поля данных пользователя в информационном массиве, «глубину» тракта передачи, в пределах которого нумеруются массивы, величины цикла нумерации.

Не исключаются факторы, общие для обоих направлений. Например, предварительное согласование пропускной способности косвенно связано с регулированием информационного потока. В практике создания средств информационного обмена корпоративного портала в наибольшей мере проработан комплекс технических возможностей для пользователей при ориентации на принцип коммутации пакетов (КП), что и будет составлять предмет дальнейшего рассмотрения.

Назначение корпоративного портала заключается в предоставлении единой точки доступа к корпоративной информации, корпоративным приложениям и другим источникам данных внутри и вне компании. При этом информация может предоставляться в

персонализированном, интегрированном и агрегированном виде – то есть предоставляться таким образом, чтобы максимально поддерживать процесс принятия бизнес-решений и решений функциональных проблем и задач [3].

Алгоритмы управления и алгоритмы, реализующие услуги для пользователей среды корпоративного портала, выходят за рамки операций, минимально необходимых для организации обмена пакетами. Средством воплощения таких алгоритмов является аппарат факультативных технических возможностей (ТВ), предоставляемых пользователям [4-6].

Согласно принятой терминологии обозначим средства информационного обмена символом DTE, а границу среды корпоративного портала (СКП) – символом DCE. Соответствующие стыки и сквозной тракт изображены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Стыки и сквозной тракт среды корпоративного портала

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОСТОЯННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ВИРТУАЛЬНОГО ВЫЗОВА

Обычно в протоколах информационного обмена ТВ группируются по признаку, определяемому использованием в сети возможных служб передачи пакетов, а именно – служб постоянных виртуальных каналов (ПВК), виртуального вызова (ВВ) и дейтаграммной (ДТ) службы. Службы ПВК и ВВ в СКП вводятся, главным образом, для организации обмена информацией при жестких требованиях ко времени ее доставки (режимы ЗАПРОС – ОТВЕТ, ДИАЛОГ), поэтому назначение ряда ТВ состоит в создании условий, наиболее благоприятных для быстрой доставки пакетов. К ним относятся [7-11]:

1) Переговоры о параметрах управления потоком. Данная ТВ инициируется со стороны DTE в процессе установления ВК, признак ее включается в пакет ЗАПРОС ВЫЗОВА. Ответ DTE содержится в пакете ВЫЗОВ ПРИНЯТ. Параметрами управления потоком в конкретном направлении передачи являются максимальная длина поля пользователя в пакете (размер пакета) и размер окна, определяющего максимальное число неподтвержденных пакетов.

2) Переговоры о классе пропускной способности, также инициируемые при передаче пакета ЗАПРОС ВЫЗОВА. Как и в предыдущем случае, ответная служебная информация может содержаться в пакете ВЫЗОВ ПРИНЯТ, а при ее отсутствии пропускная способность данного направления задается значением, зафиксированным в пакете ЗАПРОС ВЫЗОВА.

3) Нестандартные размеры пакета, принимаемые из ряда значений, согласованных с администрацией среды корпоративного портала. Данная ТВ позволяет согласовывать размер пакета с длиной информационного массива, характерной для конкретной категории обслуживания среды портала.

4) Быстрая избирательная передача. Эта ТВ запрашивается DTE в пакете ЗАПРОС ВЫЗОВА и разрешает включение данных пользователя с длиной поля не выше 128 октетов в пакеты ВЫЗОВ ПРИНЯТ, СОЕДИНЕНИЕ УСТАНОВЛЕНО и ИНДИКАЦИЯ РАЗЪЕДИНЕНИЯ. Включение же данных пользователя в пакет ЗАПРОС ВЫЗОВА допускается в службе ВВ и без обращения к указанной ТВ. Применение ТВ 4) позволяет уменьшить время доставки пакета и сократить время занятия виртуального канала, причем выигрыш, согласно [7], существенно возрастает при введении значительной выдержки времени реакции пользователя среды портала на поступивший пакет. Естественную сферу

применения этой ТВ составляют службы информационного обмена в интерактивных режимах.

5) Принятие алгоритма быстрой избирательной передачи. Данная ТВ позволяет передать в адрес DTE пакет ВХОДЯЩИЙ ВЫЗОВ с признаком этой передачи, если такая возможность реализуется. В противном случае DCE не направляет пакет ВХОДЯЩИЙ ВЫЗОВ.

6) Модификация D-бита. Эта ТВ применима только по отношению к тем DTE, которые используют нумерацию пакетов не на стыке DTE/DCE, а в сквозном тракте среды портала. При помощи указанной ТВ для DTE создаются условия для работы в территориальной сети путем присвоения определенных значений биту первого октета заголовка пакетов, используемых для формирования виртуального канала, и пакетов DTE ДАННЫЕ, DCE ДАННЫЕ. Ряд ТВ предусматривается для применения в службах ПВК, ВВ и ДТ.

7) Повторная передача пакета. Данная ТВ дает DTE право запросить у DCE повторную передачу одного или последовательности пакетом путем передачи через интерфейс DTE/DCE пакета DTE ОТКЛОНЕНИЕ, содержащего признаки логического канала и номер P(R) запрашиваемого пакета. Получив этот пакет, DCE повторно передает пакет (последовательность пакетов), начиная с номера P(R). Могут быть переспрошены любые пакеты, доставка которых контролируется алгоритмом управления информационным потоком.

8) Расширенная нумерация последовательности пакетов. Существующий алгоритм позволяет управлять временем доставки пакета и использованием пропускной способности сквозного тракта DTE/DTE или на стыке DTE/DCE. Сфера применения данной ТВ определяется использованием каналов с большим временем распространения сигналов или высокоскоростных каналов применительно ко всем службам информационного обмена среды портала.

9) Нестандартные размеры окна при обмене пакетами на стыке DTE/DCE или в сквозном тракте DTE/DTE. Сферой целесообразного включения данной технической возможности может являться обмен высокоскоростной видеоинформацией.

10) Назначение классов пропускной способности, может возникнуть при большом спектре объемов информационных массивов для отдельных служб среды портала.

11) Технические возможности 1)-10) в той или иной степени ассоциируются со специальными алгоритмами, направленными на улучшение характеристик обмена в пределах определенной совокупности служб информационного обмена и конкретных режимов передачи информации. Назначение рассматриваемых далее возможностей 11)-17), также предусматриваемых для применения в службах передачи пакетов ПЕК, ВВ и ДТ, состоит в создании услуг для пользователей корпоративного портала.

12) Запрещение входящих вызовов, распространяющееся как на пакеты вызова, так и на пакеты службы ДП (доставки пакетов), следующие в адрес некоторого DTE через стык DCE/DTE из телекоммуникационной среды предприятия.

13) Запрещение исходящих вызовов, распространяющееся на пакеты вызова и доставки пакетов, исходящие из DTE в телекоммуникационную среду предприятия через стык DTE/DCE.

14) Односторонний исходящий логический канал. Данная ТВ ограничивает применение некоторого логического канала только для обслуживания входящих виртуальных вызовов или доставки пакетов.

15) Односторонний входящий логический канал. Данная ТВ ограничивает применение конкретного логического канала только обслуживанием входящих виртуальных вызовов или доставки пакетов.

16) Замкнутая группа пользователей (ЗГП). Эта ТВ предоставляет широкий спектр удобств пользователям средств корпоративного портала, оконечное оборудование которых на сетевом уровне средств информационного обмена функционирует по принципу ПВК или

ВВ. Образование ЗГП является одним из атрибутов верхнего уровня любой службы корпоративного портала.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И РЕСУРСЫ СРЕДЫ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА

ТВ, предоставляемые пользователям портала, реализуются за счет известных затрат сетевых ресурсов. В качестве таких ресурсов рассматриваются [8, 9]:

- пропускная способность каналов информационного обмена на участках среды;
- производительность средств информационного обмена оборудования сети;
- память различных иерархических уровней оборудования среды портала.

Основной причиной потерь пропускной способности каналов являются дополнительные октеты, содержащие признаки ТВ, которые включаются в заголовок пакета. Классы форматов для кодирования признаков ТВ представлены на рисунке 2.

Во всех случаях первый октет поля \tilde{W}_1 битами 8 и 7 определяет класс формата, биты X образуют код \bar{a} конкретной ТВ. Класс \bar{A}_q соответствует полю \tilde{W}_2 параметров ТВ, состоящему из одного октета, \bar{B}_q – двух, \bar{C}_q – трех октетов, класс \bar{D}_q соответствует переменной длине поля \tilde{W}_2 . Указанные дополнительные октеты могут вводиться в заголовки пакетов ЗАПРОС ВЫЗОВА, ВХОДЯЩИЙ ВЫЗОВ, СОЕДИНЕНИЕ УСТАНОВЛЕНО, ЗАПРОС РАЗЪЕДИНЕНИЯ, DCE ДЕЙТАГРАММА И ВСЕ ДЕЙТАГРАММА. Кроме того, в заголовки этих же пакетов включается последовательность \tilde{W}_3 УКАЗАТЕЛЬ ДЛИНЫ ПОЛЯ ТВ для всей совокупности возможностей, реализуемых применительно к данному пакету.

Длина \tilde{L} поля \tilde{W}_2 варьируется в зависимости от содержательности признаков различных ТВ. Поэтому поле \tilde{W}_2 применительно к обеим ТВ целесообразно распределить в различных битах одного октета при общем коде α .

Помимо загрузки каналов информационного обмена, передачей дополнительных служебных октетов, влияние поля технических возможностей при большом числе ТВ и/или значительной суммарной длине полей \tilde{W}_1 , соответствующей всем ТВ, включаемым в пакет, проявляется таким образом, что пакет оказывается необходимым размещать в нескольких кадрах.

Это, в свою очередь, требует введения дополнительных служебных битов с целью реализации алгоритмов разборки и сборки пакета из отдельных кадров. С другой стороны, при использовании ТВ 3)-5), 9), 10) за счет включения в заголовок пакета дополнительных октетов поля ТВ достигается определенное улучшение коэффициента использования пропускной способности. Соотношение между этими противоречивыми факторами зависит от конкретной ТВ и структуры телекоммуникационной среды предприятия (например, числа последовательных участков КП в пределах сквозного тракта, в котором ТВ реализуется).

Затраты производительности вычислительных средств на обработку полей \tilde{W}_1 и \tilde{W}_3 в общем случае имеют место только в DCE, так как в транзитных узлах анализируются лишь признаки заголовка пакета, относящиеся к адресации и номеру логического канала. Следовательно, вес этих затрат в суммарной загрузке вычислительных средств тем выше, чем меньше последовательных участков включает сквозной тракт СКП, и является максимальным, например, при обмене пакетов в ЗГП без выхода в открытую зону сети.

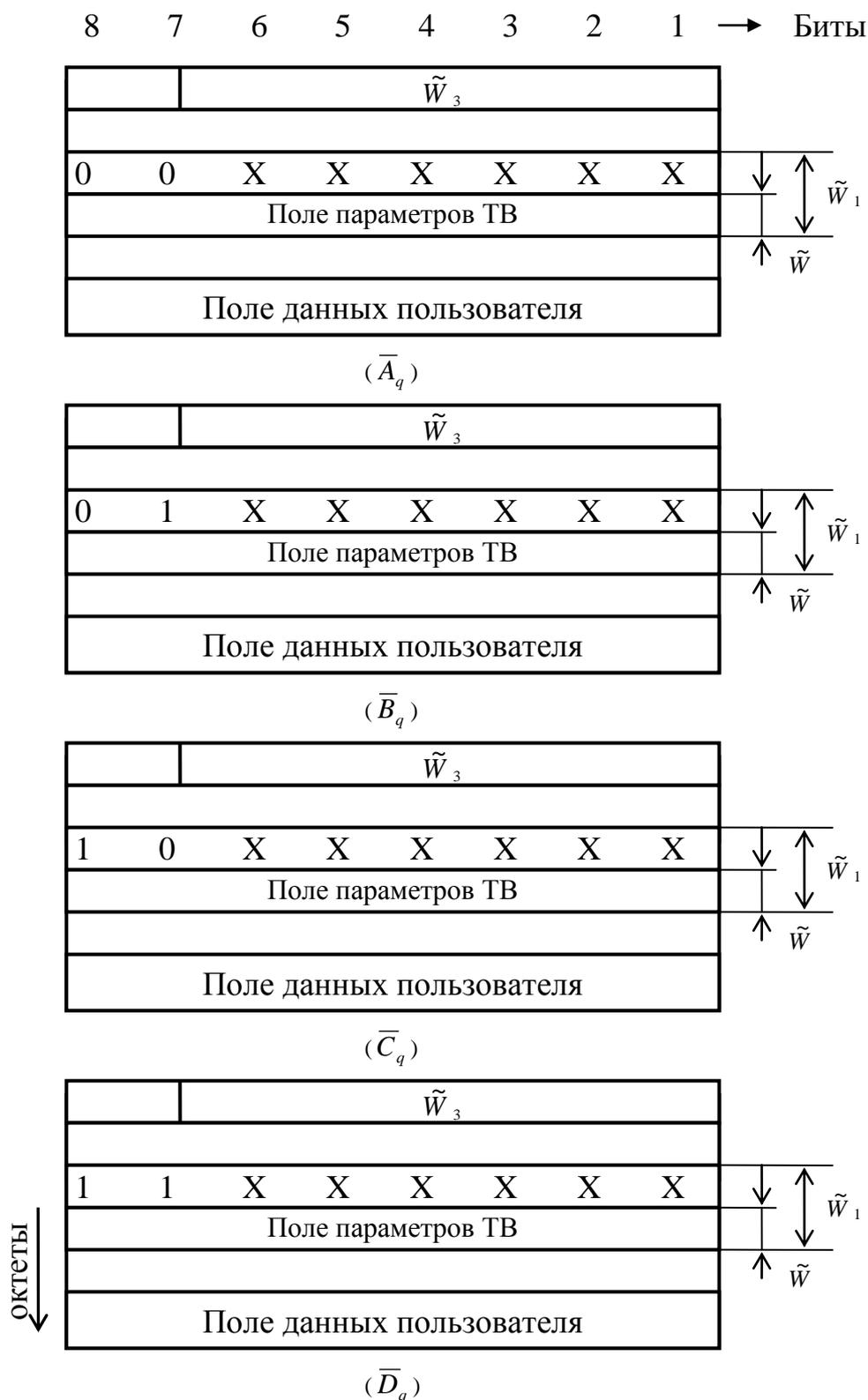


Рисунок 2 – Классы форматов для кодирования признаков ТВ

Будем полагать, что обработка служебной информации, относящейся к ТВ, зафиксированной в пакете, осуществляется по схеме рисунка 3, где i – номер некоторой ТВ, L^0 – длина поля всех ТВ, указанная в последовательности \tilde{W}_3 . Все операции выполняются применительно к битовой форме представления информации, что требует достаточно частых обращений к процессору обработки. Если пакет содержит признаки $TB_1 \dots TB_N$, то среднее

число необходимых команд в единицу времени для данного логического канала в процессоре обработки оценивается как

$$F = 2 \left(\sum_{i=1}^{\bar{N}} \lambda_i \sum_{j=1}^{\bar{k}} f_{ij} \theta_j + F_0 \right), \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность обращений к ТВ $_i$, f_{ij} – среднее число операций (типа $j = 1 \dots \bar{k}$) при обработке признаков ТВ $_i$, θ_j – среднее число команд, необходимых для реализации операции типа j , F_0 – составляющая затрат, обусловленная анализом последовательности \tilde{W}_3 , а также сравнением длины \tilde{L} проанализированной части поля ТВ пакета со значением L^0 .

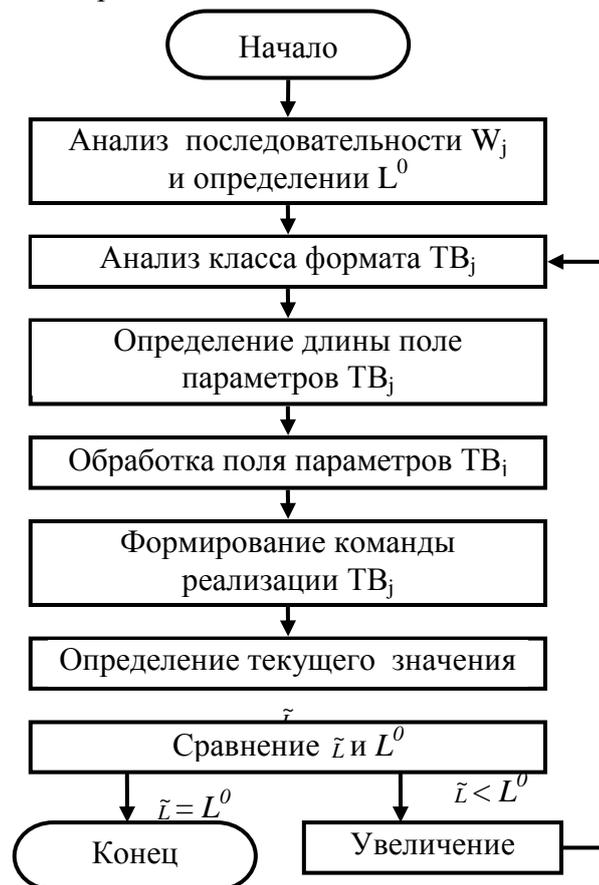


Рисунок 3 – Алгоритм обработки служебной информации

При реализации других ТВ дополнительная память в DCE необходима только для выполнения операций со служебной информацией, содержащейся в поле W_1 каждой ТВ, и для хранения управляющих данных, формируемых после обработки поля W_2 . Этими данными могут быть множество адресов DTE, принадлежащих к некоторой ЗГП, класс пропускной способности для известного логического канала, признак сокращенной адресации и другие признаки ТВ.

Дополнительные затраты всех рассмотренных ресурсов корпоративного портала могут иметь место при искажениях признаков ТВ.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Так как реализация каждой ТВ сопровождается определенными затратами ресурсов, то в практике создания средств информационного обмена в среде корпоративного портала возникает задача оптимизации ряда ТВ с учетом ограничений на отдельные сетевые ресурсы. Рассмотренные ТВ характеризуются широким спектром применения, естественно поставить

задачу для некоторого ограниченного множества ТВ, ориентированных на использование в рамках заданной службы информационного обмена и совокупности атрибутов. Предположим, что данное множество $\{G\}$ содержит \bar{M} возможностей, и введем целевую функцию

$$Z = \sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k \eta_k \tilde{R}_k, \quad (2)$$

где $\tilde{R}_k > 0$ – количественная мера эффективности реализации ТВ_k;

η_k – коэффициент, позволяющий при необходимости привести различные \tilde{R}_k к универсальной мере, характер которой зависит от службы информационного обмена и режима передачи, а также доминирующего требования к алгоритму взаимодействия пользователей среды портала (например, к экономическому критерию эффективности введения ТВ_k) $\beta_k = 0$ или 1.

Задача заключается в нахождении

$$\max_{\{\gamma_1 \dots \gamma_2 \bar{M}-1\}} Z = \max_{\{\gamma_1 \dots \gamma_2 \bar{M}-1\}} \sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k \eta_k \bar{R}_k = \max_{\{\gamma_1 \dots \gamma_2 \bar{M}-1\}} \sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k V_k, \quad (3)$$

где $\gamma_1 \dots \gamma_2 \bar{M}-1$ – ненулевые сочетания ТВ, каждая из которых принадлежит множеству $\{G\}$, при выполнении ограничений вида

$$\sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k \bar{\mu}_k^{-1} \leq \bar{\mu}_0^{-1}, \quad \sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k \bar{\mu}_k^{-2} \leq \bar{\mu}_0^{-2}, \quad \dots, \quad \sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k \bar{\mu}_k^{-\bar{l}} \leq \bar{\mu}_0^{-\bar{l}}, \quad (4)$$

где $\bar{\mu}_k^m$, $m = 1 \dots \bar{l}$ – затраты m-го ресурса среды портала при реализации ТВ_k. Каждому из \bar{l} неравенств соответствует ограничение на определенный ресурс среды портала. Решением задачи является сочетание ненулевых β_k , обеспечивающих условия (3) и (4). ТВ оказываются в анализируемых условиях нереализуемыми, если единственное сочетание образуют $\beta_1 = \dots = \beta_m = 0$.

Для решения поставленной задачи целочисленного программирования целесообразно применить метод ограниченного перебора альтернатив Балаша [6], согласно которому решение включает следующие этапы:

1) размещение коэффициентов V_k в порядке возрастания. Пусть, например, рассматриваются четыре ТВ и возрастающая последовательность имеет вид $V_1 < V_4 < V_2 < V_3$;

2) построение лексикографической последовательности для коэффициентов β_k , в данном случае

$$[\beta_3, \beta_2, \beta_4, \beta_1] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

причем совокупность элементов в каждой строке образует точку в пространстве решений;

3) проверка ограничений для точек $b \in [\beta_3, \beta_2, \beta_4, \beta_1]$, образующих лексикографическую последовательность;

4) выявление точки b_l , удовлетворяющей ограничениям (4);

5) вычисление целевой функции \tilde{Z}_l для точки b_l ;

6) формирование фильтрующего ограничения $\sum_{k=1}^{\bar{M}} \beta_k V_k \geq \tilde{Z}_l$;

- 7) построение новой лексикографической последовательности точек, расположенных выше точки b_1 ;
- 8) проверка основных (3) и фильтрующего ограничений для точек новой лексикографической последовательности;
- 9) нахождение точки b_2 , удовлетворяющей условию $\tilde{Z}_2 > \tilde{Z}_1$;
- 10) повторение действий 6) – 9) до исчерпания всех 2 точек пространства решений о применении ТВ;
- 11) определение точки b_v , соответствующей максимальному значению \tilde{Z}_v при выполнении ограничений (3);
- 12) определение допустимых ТВ, отображаемых ненулевыми координатами точки b_v .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уточнены технические возможности при использовании постоянных виртуальных каналов и виртуального вызова, а также технические возможности применительно к передаче дейтаграмм. Установлено, что основной причиной потерь пропускной способности каналов являются дополнительные октеты, содержащие признаки ТВ, которые включаются в заголовок пакета. Определено, что все операции выполняются применительно к битовой форме представления информации, что требует достаточно частых обращений к процессору обработки.

Предположен алгоритм обработки служебной информации, относящейся к ТВ, зафиксированным в пакете.

Для решения задачи целочисленного программирования применяется метод ограниченного перебора альтернатив Балаша.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпоративные порталы: современная концепция и ее воплощение в продуктах [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.klubok.net/article432.html>.
2. Корпоративные порталы: определение, история развития, цели и средства [Электронный ресурс]. – URL: <http://otherreferats.allbest.ru/marketing/c00175610.html>.
3. Надеин А., Кузнецов В. Корпоративные интернет-порталы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.e-commerce.ru/analytics/analytics-part/analytics15.html>.
4. Еременко В.Т. Математическое моделирование процессов информационного обмена в распределенных управляющих системах: монография / под общ. ред. Константинова И.С. – М.: Машиностроение – 1, 2004. – 224 с.
5. Еременко В.Т. Основное содержание теории функциональной стандартизации протоколов безопасности и принципы ее разработки // Телекоммуникации, 2003. – № 6. – С. 34-38.
6. Еременко В.Т. Концепция обнаружения и коррекции логических ошибок в реализациях профилей протоколов безопасности // Телекоммуникации, 2003. – № 8. – С. 30-35.
7. Еременко В.Т. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Т.М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6. – С. 35-42.
8. Еременко В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина и др. // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1. – С. 78-84.
9. Еременко В.Т. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий / С.И. Афонин, В.Т. Еременко // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.

10. Еременко В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, С.А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.
11. Еременко В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.
12. Васильев К.К., Служивый М.Н. Математическое моделирование систем связи: учеб. пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 170 с.

Мегаев Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВПО Государственный университет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

Тел.: 8 953 619 71 15

E-mail: megaev@mail.ru

K.A. MEGAEV (*Post-graduate Student of the Department «Mechatronics and international engineering»
State University – ESPC, Orel*)

**MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION TECHNICALLY POSSIBLE
IMPLEMENTATIONS OF THE PROTOCOL INFORMATION EXCHANGE AMONG CORPORATE
PORTALS**

In this paper a mathematical model of optimization of the technical capabilities of information exchange based on integer programming, characterized by the constraints of the individual network resources and allows to offer for a specific corporate network a limited number of technical features.

Keywords: corporate portal; technical capabilities.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Korporativny'e portaly': sovremennaya koncepciya i eyo voploshhenie v produktax [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.klubok.net/article432.html>.
2. Korporativny'e portaly': opredelenie, istoriya razvitiya, celi i sredstva [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://otherreferats.allbest.ru/marketing/c00175610.html>.
3. Nadein A., Keznezov V. Korporativny'e internet-portaly' [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.e-commerce.ru/analytics/analytics-part/analytics15.html>.
4. Eryomenko V.T. Matematicheskoe modelirovanie processov informacionnogo obmena v raspredelenny'x upravlyayushhix sistemax: monografiya / pod obshh. red. Konstantinova I.S. – M.: Mashinostroenie – 1, 2004. – 224 s.
5. Eryomenko V.T. Osnovnoe sodержание teorii funkcional'noj standartizacii protokolov bezopasnosti i principy' eyo razrabotki // Telekommunikacii, 2003. – № 6. – S. 34-38.
6. Eryomenko V.T. Koncepciya obnaruzheniya i korrekcii logicheskix oshibok v realizaciyax profilej protokolov bezopasnosti // Telekommunikacii, 2003. – № 8. – S. 30-35.
7. Eryomenko V.T. Modelirovanie informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x integrirovanny'x ASU / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, T.M. Paramoxina, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6. – S. 35-42.
8. Eryomenko V.T. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirovaniya resursov / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina i dr. // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 1. – S. 78-84.
9. Eryomenko V.T. Sozdanie teoreticheskix osnov avtomatizacii i postroeniya texnologicheskoy sostavlyayushhej ASU territorial'no raspredelenny'x predpriyatij / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 2. – S. 99-105.
10. Eryomenko V.T. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovместимы'x s neblokiruemoj marshrutizaciej / V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, S.A. Cherepkov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x nexnologij, 2012. – № 4. – S. 38-46.
11. Eryomenko V.T. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eryomenko, S.V. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 1. – S. 106-112.
12. Vasil'ev K.K., Sluzhivyy'j M.N. Matematicheskoe modelirovanie sistem svyazi: ucheb. posobie. – Ul'yanovsk: UIGTU, 2008. – 170 s.

УДК 621.376.54

Е.Л. ТУСОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КВАЗИЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В статье рассматриваются характеристики моделирования асинхронного двигателя при различных алгоритмах управления плавным пуском. В частности, рассмотрены алгоритмы фазового управления и квазичастотного управления. Проводится сравнительный анализ между рассмотренными алгоритмами.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель; моделирование асинхронного двигателя; фазовое управление; квазичастотное управление.

Предварительно перед проведением эксперимента важно удостовериться в адекватности полученной модели. Для проверки адекватности модели был проведен эксперимент моделирования прямого пуска асинхронного двигателя, а затем проведено сравнение полученных электрических параметров со справочными на выбранный двигатель. В качестве модели выбрана обобщенная линейная модель асинхронной машины [1] и приведена к неподвижной системе координат (α, β) . Таким образом, модель описывается следующей системой уравнений (1):

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \psi_{r\alpha} = -\frac{1}{\tau} \psi_{r\alpha} - p_n \omega_r \psi_{r\beta} + \frac{L_m}{\tau_r} I_{s\alpha} \\ \frac{d}{dt} \psi_{r\beta} = -\frac{1}{\tau} \psi_{r\beta} + p_n \omega_r \psi_{r\alpha} + \frac{L_m}{\tau_r} I_{s\beta} \\ \frac{d}{dt} I_{s\alpha} = \frac{k_r}{\sigma L_s} \left(\frac{1}{\tau_r} \psi_{r\alpha} + p_n \omega_r \psi_{r\beta} \right) - \frac{I_{s\alpha}}{\tau'_\sigma} + \frac{U_{s\alpha}}{\sigma L_s}; \\ \frac{d}{dt} I_{s\beta} = \frac{k_r}{\sigma L_s} \left(\frac{1}{\tau_r} \psi_{r\beta} - p_n \omega_r \psi_{r\alpha} \right) - \frac{I_{s\beta}}{\tau'_\sigma} + \frac{U_{s\beta}}{\sigma L_s} \\ \frac{d}{dt} \omega_r = \frac{M_{эм} - M_c}{J} \end{cases} \quad (1)$$

где

$$k_r = \frac{L_m}{L_r}; \quad \tau_r = \frac{L_r}{R_r}; \quad \sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s \cdot L_r}; \quad \tau'_\sigma = \frac{\sigma L_s}{R_s + k_r^2 \cdot R_r};$$

L_s, L_r, R_s и R_r – индуктивность и сопротивление статора и ротора соответственно;

L_m – взаимная индуктивность статора и ротора;

$I_{s\alpha}, I_{s\beta}, \psi_{r\alpha}$ и $\psi_{r\beta}$ – токи и потокосцепления статора и ротора в неподвижной системе координат (α, β) соответственно;

ω_r – угловая частота вращения ротора;

$M_{эм}$ и M_c – электромагнитный момент и момент сопротивления;

J – момент инерции;

Электромагнитный момент при этом вычисляется по выражению:

$$M_{эм} = \frac{m}{2} p_n k_r (I_{s\beta} \psi_{r\alpha} - I_{s\alpha} \psi_{r\beta}) \quad (2)$$

Для проверки адекватности полученной модели был выбран асинхронный двигатель 4A112M4. Справочные данные на выбранный асинхронный двигатель, необходимые для моделирования, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Справочные данные асинхронного двигателя 4А112М4

М	U _{н.ф.} , В	I _{н.ф.} , А	p _н	L _s , Гн	L _r , Гн	L _m , Гн	R _s , Ом	R _r , Ом	J, кг·м ²
3	220	11,1	4	0,484	0,476	0,447	9,53	5,619	0,0103

В результате моделирования прямого пуска выбранного двигателя со статической нагрузкой равной 2 Н·м получен набор характеристик представленных на рисунках 1-3.

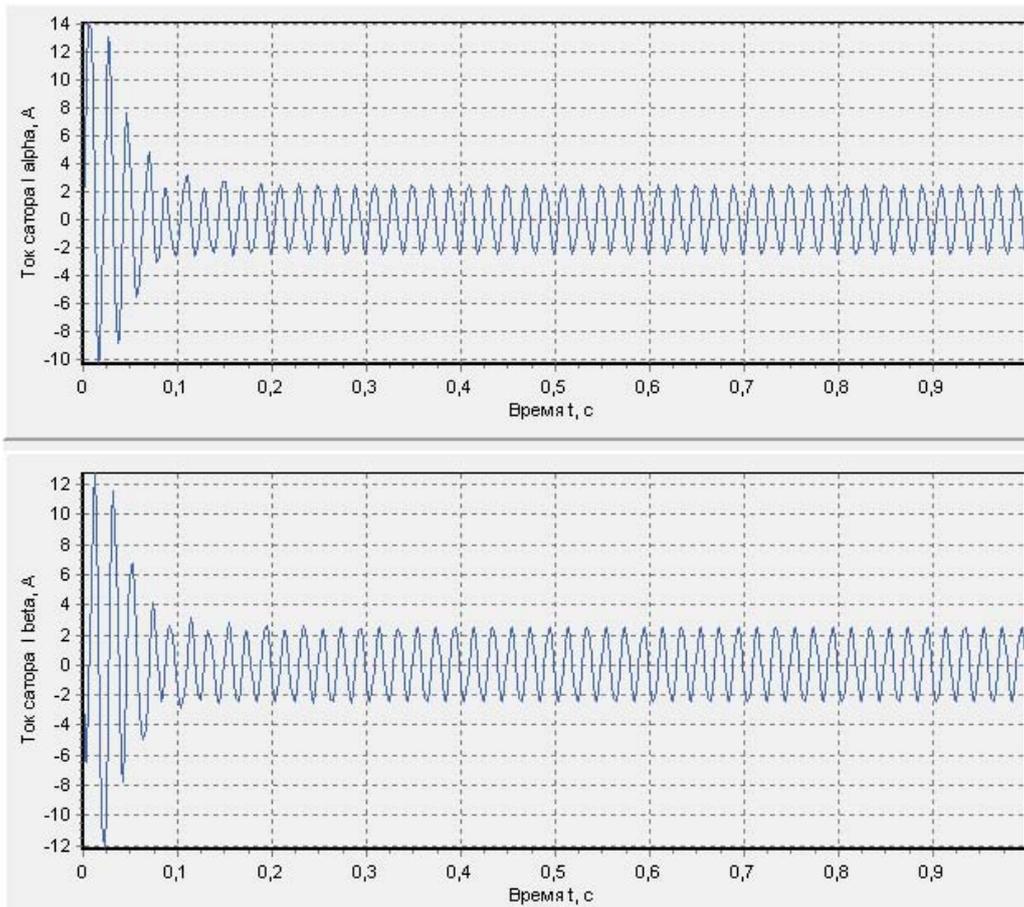


Рисунок 1 – Характеристики тока статора при прямом пуске двигателя 4А112М4 в системе координат (α, β)

По полученным характеристикам можно сделать вывод о том, что модель является адекватной, так как полученные характеристики соответствуют справочным данным на выбранный двигатель.

Далее рассмотрим эксперимент пуска двигателя при пониженном напряжении с той же нагрузкой. Наиболее интересными характеристикам являются характеристики тока статора и электромагнитного момента, поэтому будет предложены только они. Было проведено 2 эксперимента на напряжения 110 и 165 В. Полученные характеристики представлены на следующих рисунках.

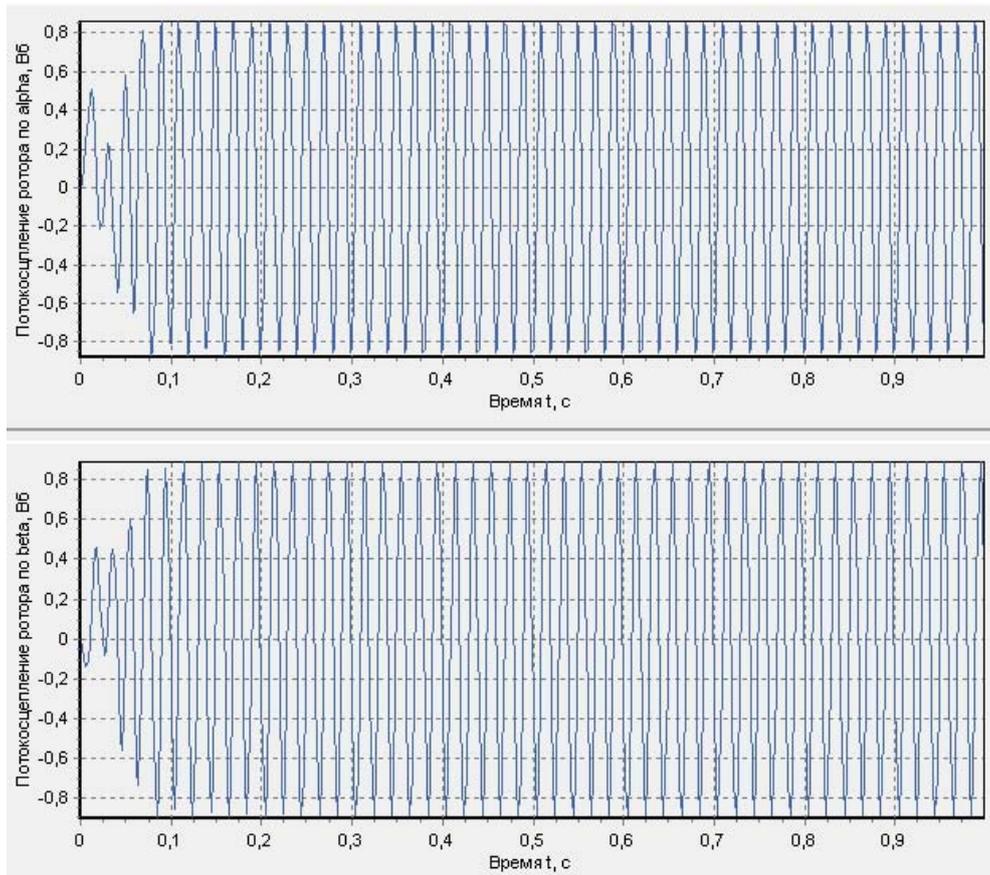


Рисунок 2 – Характеристики потоксцепления ротора при прямом пуске двигателя 4A112M4 в системе координат (α, β)

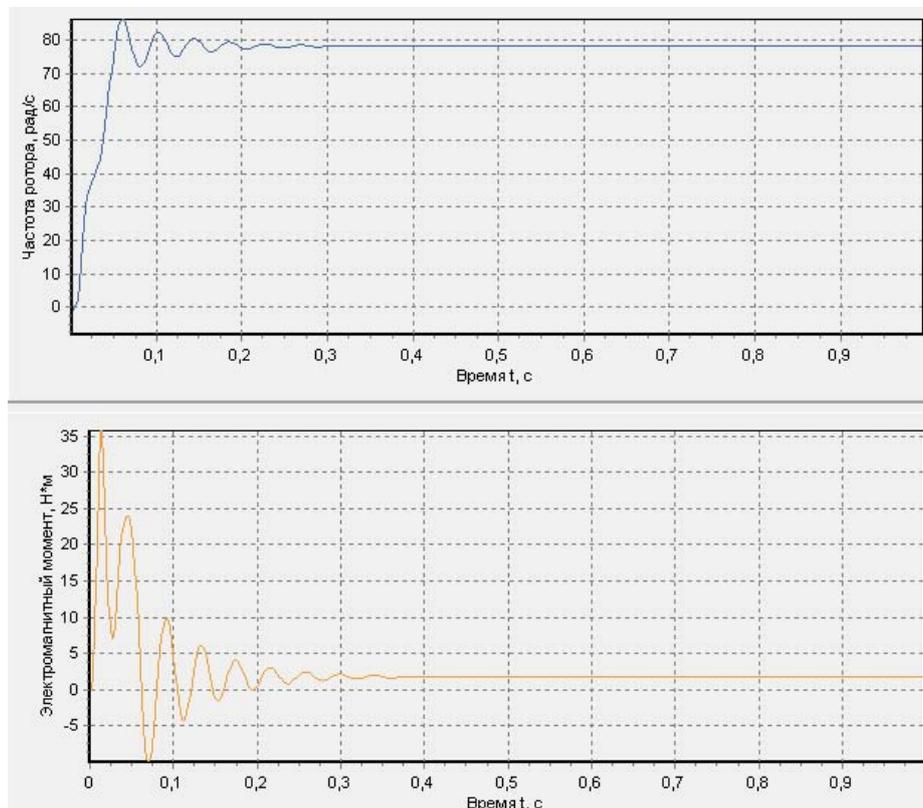


Рисунок 3 – Характеристики частоты ротора электромагнитного момента при прямом пуске двигателя 4A112M4 в системе координат (α, β)

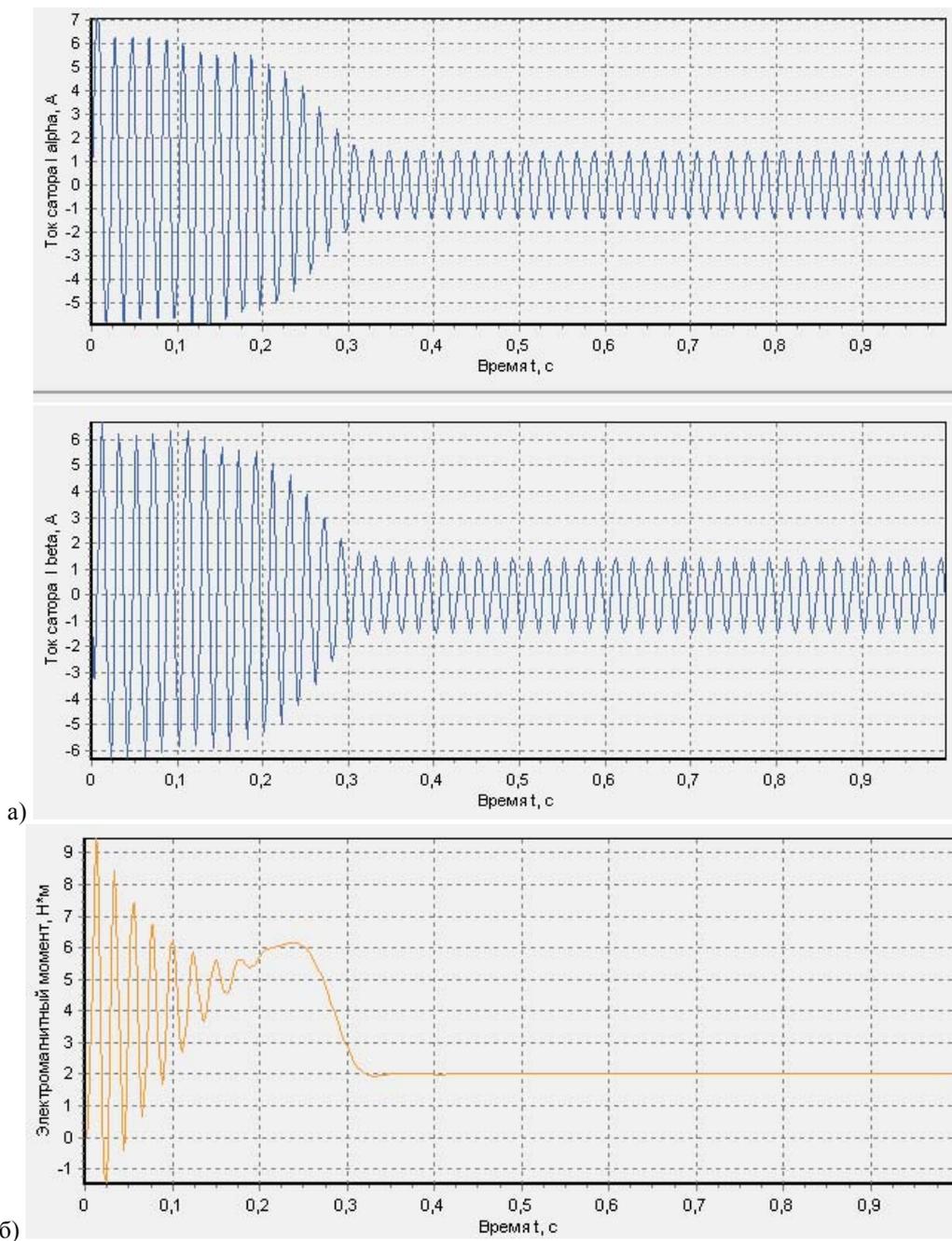


Рисунок 4 – Характеристики двигателя при пуске на напряжение 110 В

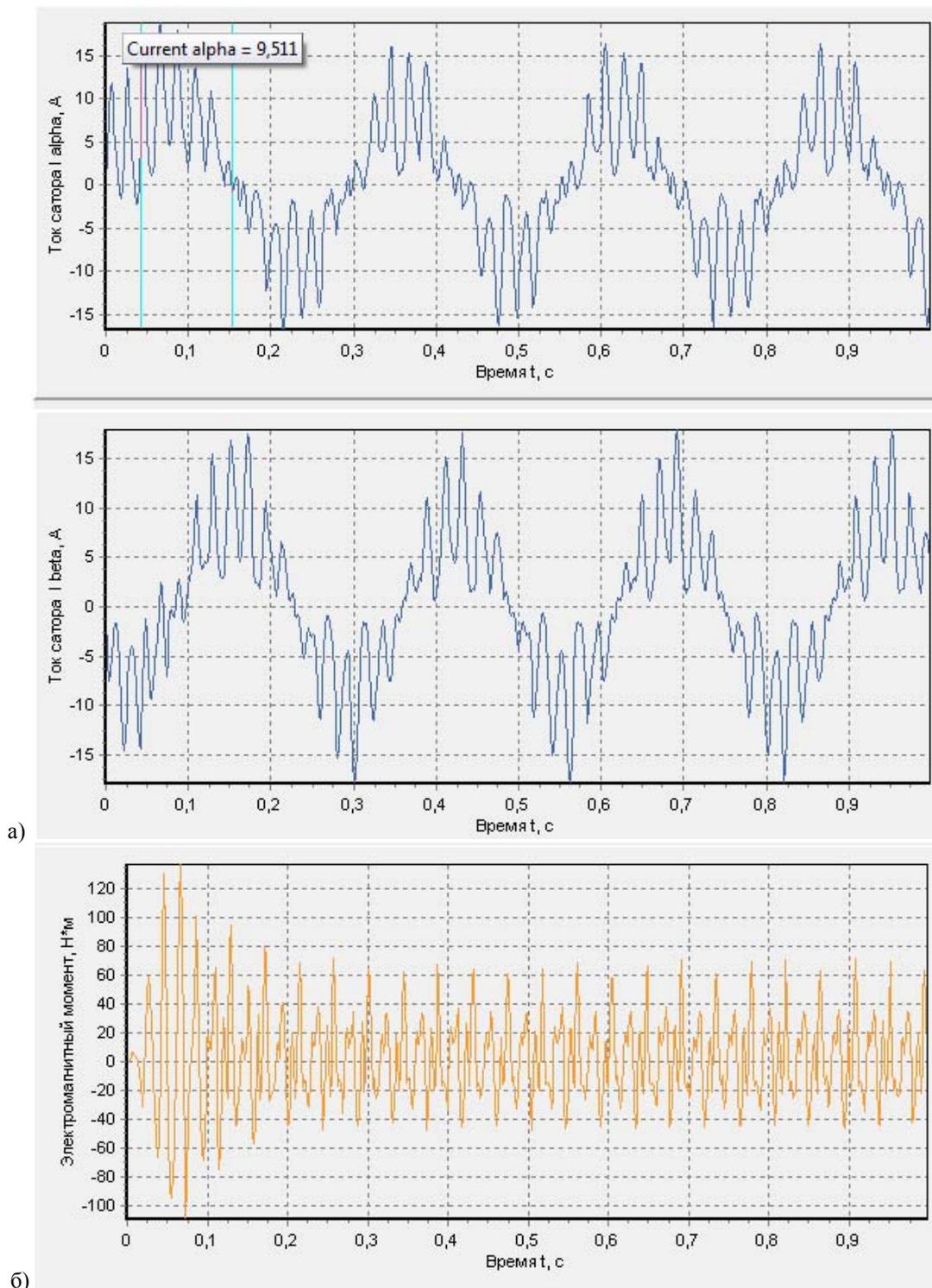


Рисунок 5 – Характеристики двигателя при пуске на напряжение 165 В

Вторым этапом исследования было моделирование пуска двигателя в случае с квазичастотным управлением. Результаты приведены на рисунке 6. Ввиду колебательности получаемого электромагнитного момента приведена усредненная характеристика электромагнитного момента на рисунках 7(б) и 8(б).

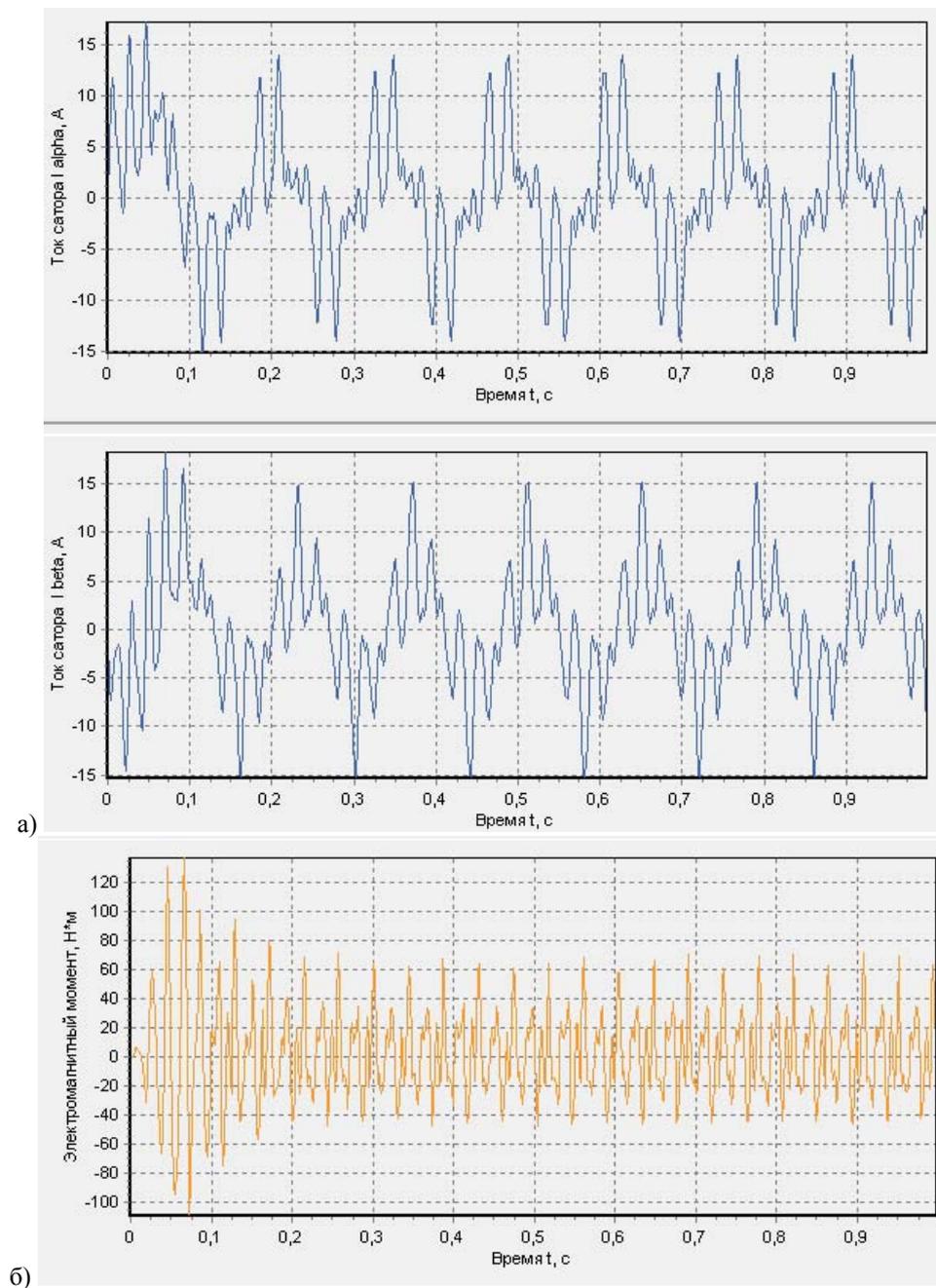


Рисунок 6 – Характеристики двигателя при пуске на модулирующей частоте 3,846 Гц

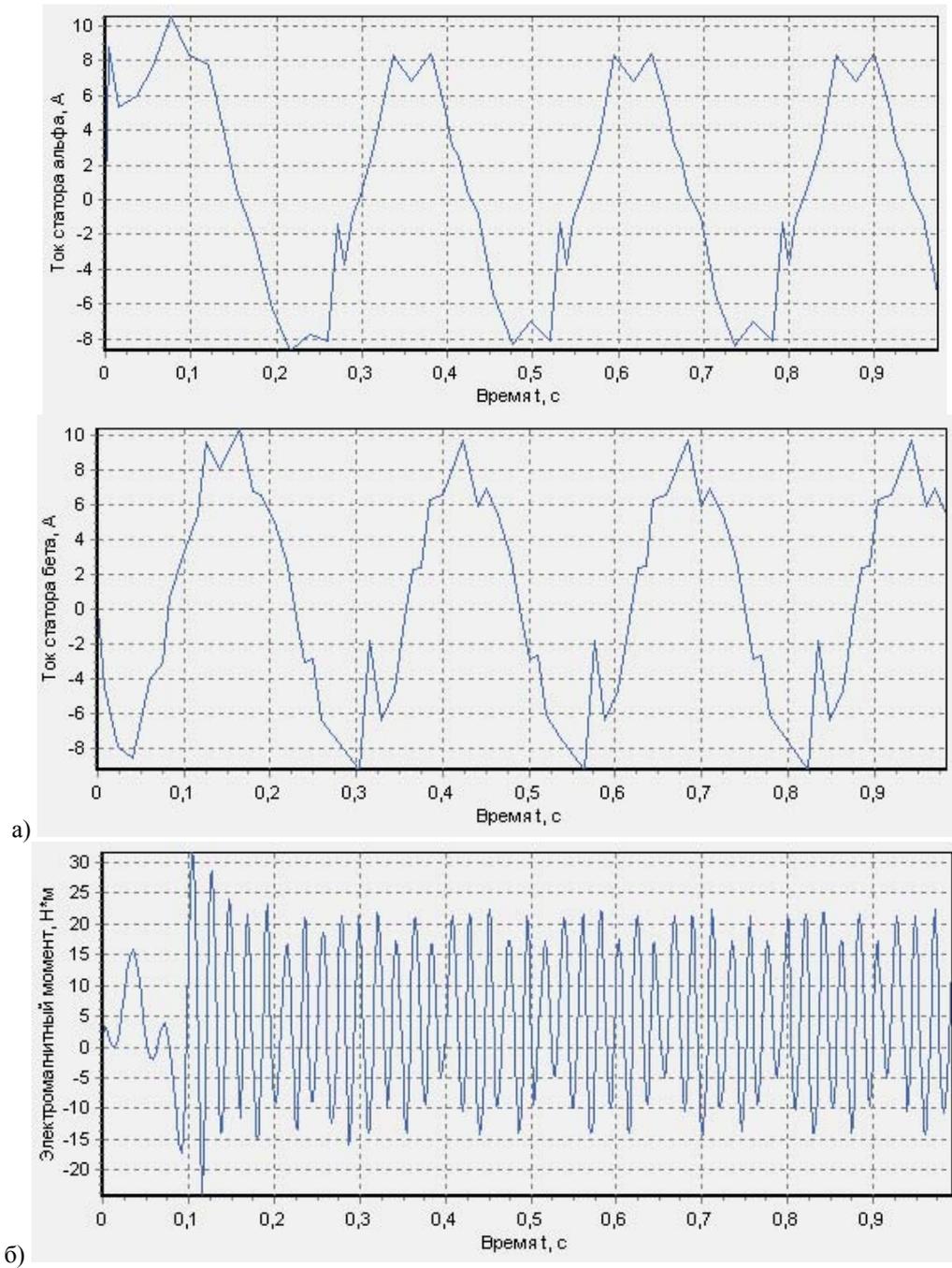
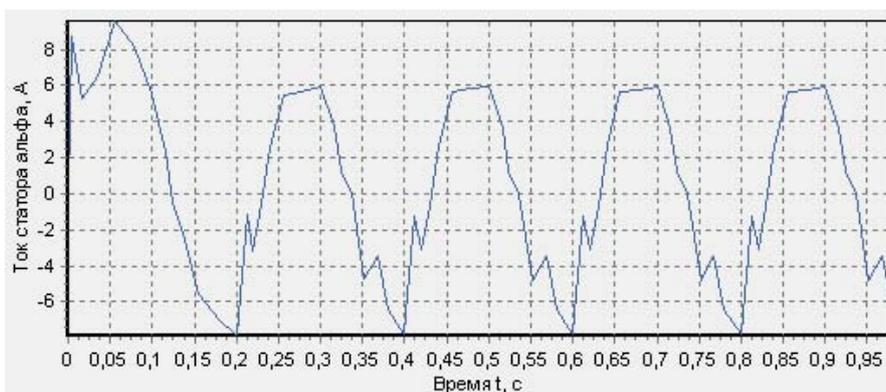


Рисунок 7 – Усредненные характеристики двигателя при пуске на модулирующей частоте 3,846 Гц



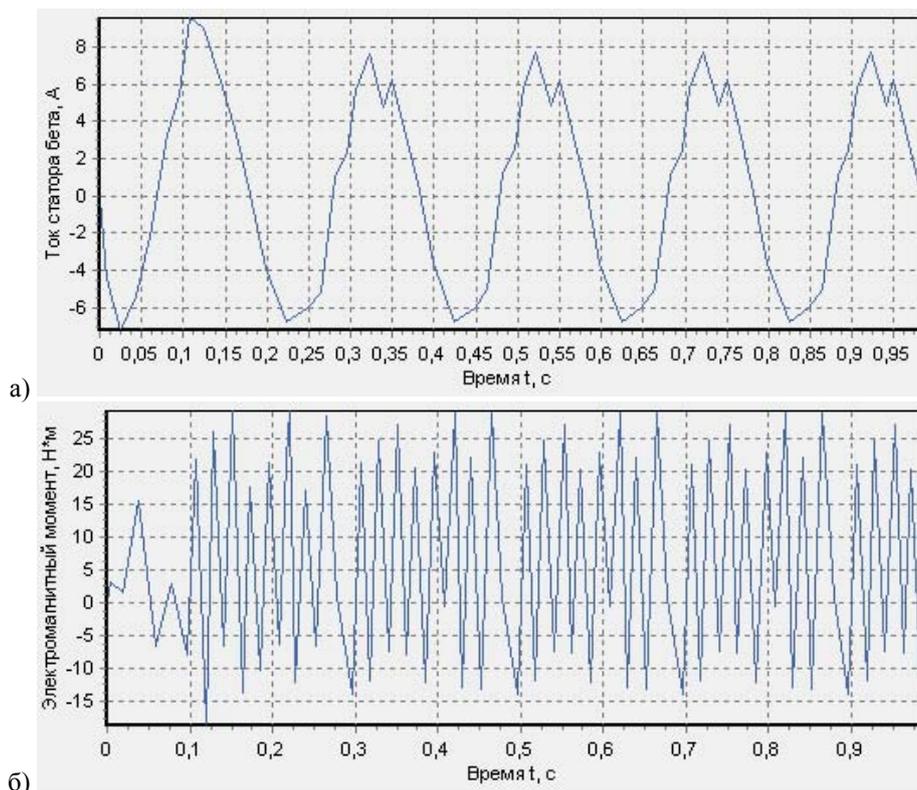


Рисунок 8 – Усредненные характеристики двигателя при пуске на модулирующей частоте 5 Гц

Анализируя полученные данные заметим, что при пуске двигателя по алгоритму квазичастотного пуска при различной частоте модуляции электромагнитный момент асинхронного двигателя остается практически неизменным в отличие от фазового управления. Кроме того, по усредненным характеристикам отметим, что ток в обмотках статора имеет меньшее значение, чем при прямом пуске. Таким образом, изучение алгоритма квазичастотного пуска асинхронного двигателя является перспективным направлением в данной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колоколов Ю.В., Косчинский С.Л. Динамика и синтез регуляторов тока импульсных автоматизированных электроприводов. – М.: Машиностроение – 1, 2006. – 97 с.
2. Масандилов Л.Б., Москаленко В.В. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. – 2-е изд. – М.: Энергия, 1978. – 96 с.
3. Глазенко Т.А., Хрисанов В.И. Полупроводниковые системы импульсного асинхронного электропривода малой мощности. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 176 с.

Тусов Евгений Леонидович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант, ассистент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 920 286 22 64

E-mail: xpro-fair@yandex.ru

E.L. TUSOV (*Post-graduate Student, Assistant Professor of the Department «Electronics, computer engineering and information security»
State University – ESPC, Orel*)

**MODELING OF ASYNCHRONOUS MOTOR START-UP
PROCESSES WITH QUASI FREQUENCY CONTROL**

In this article characteristics of modeling different algorithms of control by the asynchronous motor soft start-up are discussed. In particular, algorithms of phase control and quasi frequency control are considered. A comparative analysis is conducted between the considered algorithms.

Keywords: *the asynchronous electric motor; modeling of asynchronous motor; phase control; quasi frequency control.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kolokolov Yu.V., Koschinskij S.L. Dinamika i sintez regulyatorov toka impul'sny'x avtomatizirovanny'x e'lektrprivodov. – M.: Mashinostroenie – 1, 2006. – 97 s.
2. Masandilov L.B., Moskalenko V.V. Regulirovanie chastoty' vrashheniya asinxronny'x dvigatelej. – 2-e izd. – M.: E'nergiya, 1978. – 96 s.
3. Glazenko T.A., Xrisanov V.I. Poluprovodnikovye sistemy' impul'snogo asinxronnogo e'lektrprivoda maloj moshhnosti. – L.: E'nergoatomizdat, Leningr. otd-nie, 1983. – 176 s.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

В статье приводится обзор программного продукта, разработанного автором для оценки риска деградации такого важного компонента природной системы, как водные ресурсы. Обоснована необходимость пересмотра отношения человека к природной среде и применения новых технологий для ее сохранения и восстановления. Для оценки экологического ущерба применена авторская методика.

Ключевые слова: экологический ущерб; программный продукт; пространственно-временная модель; природная среда; водные ресурсы.

Концепция устойчивого развития, предполагающая более высокие показатели уровня жизни, не предполагает достижение их за счет деградации природной среды, в частности, водных ресурсов. Проблема рационального природопользования, основанного на эколого-экономических компромиссах, не нова, однако отнюдь не утратила своей актуальности. Грамотное, рачительное ведение хозяйства (любых масштабов), рекомендуемое Аристотелем еще со времен античности, вряд ли привело бы к экологическому кризису. Водные ресурсы планеты, в частности, Иркутской области являются одним из наиболее ценных природных богатств, подвергающихся постоянному антропогенному воздействию. Значительное количество данных, трудоемкость расчетов, ведомственные интересы и другие немаловажные факторы свидетельствуют о необходимости разработки специализированных программных средств для прогнозирования эколого-экономического риска ущерба от антропогенного воздействия.

В последние годы для обеспечения задач прогнозирования разработано достаточно много различных библиотек и пакетов прикладных программ. В настоящее время лидирующее место на рынке программных средств в области охраны окружающей среды занимают программные продукты, разработанные фирмой «Интеграл», объединенные в серию «Эколог». Программы серии «Эколог» решают самый широкий спектр задач в области экологии – это задачи, связанные с охраной воздушного бассейна, безопасным размещением отходов производства и потребления и т.д. Большое внимание уделяется программным разработкам для решения региональных задач. С выходом приказа Госкомэкологии РФ «О применении системы сводных расчетов при нормировании выбросов», активное распространение в Российской Федерации получила система экологического мониторинга города (региона) «Эколог-город». Программное обеспечение «Аналитический комплекс с единым программным обеспечением для экологического мониторинга» реализует современные технологии мониторинга химического состава объектов окружающей среды, результаты которого могут быть использованы для прогнозирования состояния окружающей среды.

Однако среди разработанного программного обеспечения для прогнозирования изменений окружающей среды не обнаружено комплексов, которые позволяют осуществлять комплексную оценку природной среды под антропогенной нагрузкой. Общеизвестно, что, оценка риска связана с оценкой ущерба. Чем больше предполагаемый ущерб, тем значительнее риск. В данном случае под эколого-экономическим ущербом, прежде всего, понимается время, необходимое для восстановления природной среды как системы со своими качественными признаками и, как следствие, нанесение вреда здоровью человека.

Программный продукт «Расчет антропогенного воздействия на водные ресурсы по ртути и хлору», в котором реализована оригинальная методика автоматического расчета

антропогенного воздействия промышленных центров Иркутской области на водную среду в местах непосредственного сброса сточных вод с учетом распространения токсикантов на периферию окружающего пространства, позволяет осуществить расчет риска воздействия на водные ресурсы по ртути и хлору. Обусловлено это тем, что ртуть – особо опасный компонент некоторых соединений, характеризующийся значительным периодом распада, а соединения хлора входят во все сточные воды вследствие хлорирования водопроводной воды и обеззараживания сточных вод хлором.

Для систематизации и обработки данных по расчету риска загрязнения водных ресурсов выбран язык программирования Visual Basic for Applications для MS Excel, позволяющий быстро и удобно разработать эффективные приложения с использованием пакета MS Office (рис. 1, 2) [1, 2].

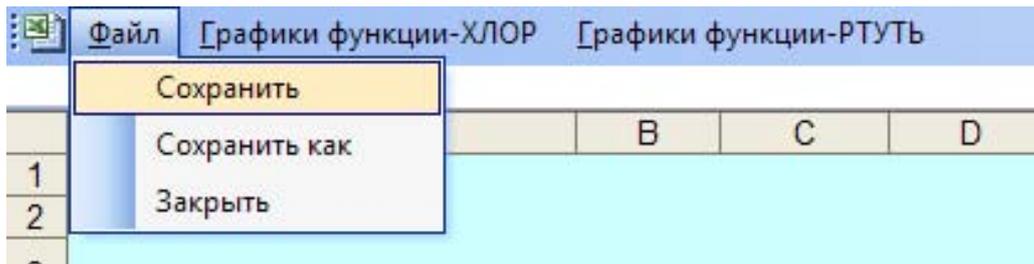


Рисунок 1 – Меню «Файл»

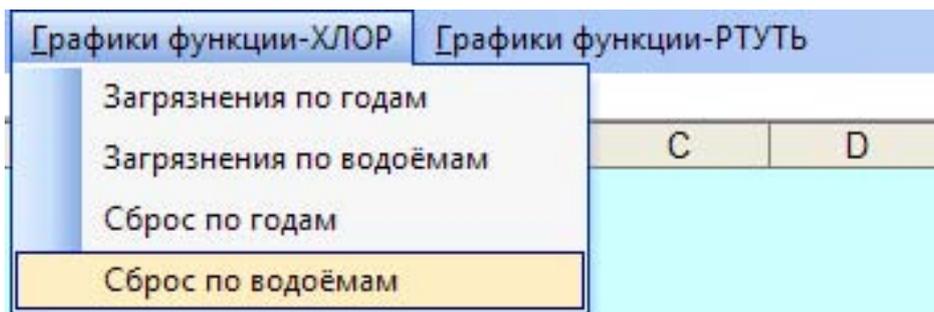


Рисунок 2 – Меню «Графики функции»

Программный продукт «Расчет антропогенного воздействия на водные ресурсы по хлору и ртути» характеризуется следующей функциональной спецификацией:

- хранение данных о загрязнении некоторых рек и водоемов Иркутской области хлором и ртутью (рис. 3) с подключением функции защиты постоянных исходных данных и с функцией санкционированного изменения постоянных исходных данных (рис. 4);
- расчет ущерба по авторской методике (рис. 5);
- графическое представление воздействия на водную среду по годам (рис. 6) либо по водоемам (рис. 7);
- графическое представление ущерба водной среде по годам (рис. 8) и сбросов сточных вод по водоемам (рис. 9);
- прогнозирование возможного воздействия на водную среду.

	A	B	C	D	E	F
1	Const					
2			Площадь			
3			785 382	3141526,54	12566106,16	
4			Объем			
5	Водоем	Глубина	1 Уровень	2 Уровень	3 Уровень	
6	Ангара	4,65	3652024,603	14608098,41	58432393,64	
7	Байкал	730	573328593,6	2293314374	9173257497	
8	Олха	1,3	1020996,126	4083984,502	16335938,01	
9	Вихорева	1,5	1178072,453	4712289,81	18849159,24	
10	Бирюса	1,6	1256610,616	5026442,464	20105769,86	
11	Ока	1,5	1178072,453	4712289,81	18849159,24	
12	Лена	2,5	1963454,088	7853816,35	31415265,4	
13	Ия	1,5	1178072,453	4712289,81	18849159,24	
14	Сухой Лог	150	117807245,3	471228981	1884915924	
15	Рассоха	1,2	942457,962	3769831,848	15079327,39	
16	Илим	1,7	1335148,78	5340595,118	21362380,47	
17	Коршуниха	1,4	1099534,289	4398137,156	17592548,62	
18	Усть-Илимское вдх	100	78538163,5	314152654	1256610616	
19						

Рисунок 3 – Лист «Const», содержащий постоянные исходные данные

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Const										
2			Площадь								
3			785 382	3141526,54	12566106,16						
4			Объем								
5	Водоем	Глубина	1 Уровень	2 Уровень	3 Уровень						
6	Ангара	4,65	3652024,603	14608098,41	58432393,64						
7	Байкал	730	573328593,6	2293314374	9173257497						
8	Олха	1,3	1020996,126	4083984,502	16335938,01						
9	Вихорева	1,5	1178072,453	4712289,81	18849159,24						
10	Бирюса	1,6	1256610,616	5026442,464	20105769,86						
11	Ока	1,5	1178072,453	4712289,81	18849159,24						
12	Лена	2,5	1963454,088	7853816,35	31415265,4						
13	Ия	1,5	1178072,453	4712289,81	18849159,24						
14	Сухой Лог	150	117807245,3	471228981	1884915924						
15	Рассоха	1,2	942457,962	3769831,848	15079327,39						
16	Илим	1,7	1335148,78	5340595,118	21362380,47						
17	Коршуниха	1,4	1099534,289	4398137,156	17592548,62						
18	Усть-Илимское вдх	100	78538163,5	314152654	1256610616						
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											

Const X

Радиусы загрязнения	Площадь загрязнения
1 уровень <input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="785381,635"/>
2 уровень <input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="3141526,54"/>
3 уровень <input type="text" value="2000"/>	<input type="text" value="12566106,16"/>

Глубина, м

<input type="text" value="4,65"/>	Ангара
<input type="text" value="730"/>	Байкал
<input type="text" value="1,3"/>	Олха
<input type="text" value="1,5"/>	Вихорева
<input type="text" value="1,6"/>	Бирюса
<input type="text" value="1,5"/>	Ока
<input type="text" value="2,5"/>	Лена
<input type="text" value="1,5"/>	Ия
<input type="text" value="150"/>	Сухой Лог
<input type="text" value="1,2"/>	Рассоха
<input type="text" value="1,7"/>	Илим
<input type="text" value="1,4"/>	Коршуниха
<input type="text" value="100"/>	Усть-Илимское ВДХ

Рисунок 4 – Окно «Const» для изменения постоянных исходных данных

Источник/Год	1993г				1994г					
	Уровни загрязнения			Итого по уровням	Уровни загрязнения			Итого по уровням		
	Тонны	1-й	2-й		3-й	Тонны	1-й		2-й	3-й
8 Ангара ВКХ Иркутск	3551,7	583,517427	58,3517427	5,83517427	647,704344	3660	601,3102974	60,13103	6,013102974	667,45443
9 Байкал	6653,1	6,96260407	0,69626041	0,06962604	7,72849052	6171	6,458076645	0,6458077	0,064580776	7,1684651
10 Олха	221,5	130,166997	13,0166997	1,30166997	144,485367	219,6	129,0504408	12,905044	1,290504408	143,24699
11 АнгарскНефтеОргСинтез	2068	339,756747	33,9756747	3,39756747	377,129989	1800	295,7263758	29,572638	2,957263758	328,25628
12 Ангара ТЭЦ 10	14,5	2,38224025	0,23822402	0,0238224	2,64428668	15,3	2,513674194	0,2513674	0,025136742	2,7901784
13 Ангара ТЭЦ 9	26	4,27160321	0,42716032	0,04271603	4,74147956		0	0	0	0
14 Ангара БВК	74,3	12,2069276	1,22069276	0,12206928	13,5496897	35,8	5,881669029	0,5881669	0,058816669	6,5286526
15 Ангара АЭЖК		0	0	0	0		0	0	0	0
16 Ангара СибНеаэтив		0	0	0	0		0	0	0	0
17 Бирюса Шпалопр.з.		0	0	0	0	28	13,36929657	3,3423241	0,046001881	16,757623
18 Бирюса Гидрол.з.	340,7	162,675691	16,2675691	1,62675691	180,570017	249,5	119,1299819	11,912998	1,191299819	132,23428
19 Ия ВКХ Тулун		0	0	0	0		0	0	0	0
20 Ия Гидролизн. З.	331	168,580463	16,8580463	1,68580463	187,124314	253,3	129,0073456	12,900735	1,290073456	143,19815
21 Ока СаянскХимПром	17150	8734,60709	873,460709	87,3460709	9695,41387	16383	8343,96898	834,3969	83,4396898	9261,8056
22 Ока Гидрол. З.	300	152,791961	15,2791961	1,52791961	169,599077	233	118,6684229	11,866842	1,186684229	131,72195
23 Ангара ВКХ Черемхово	578,5	95,0431713	9,50431713	0,95043171	105,49792	541,4	88,94792213	8,8947922	0,889479221	98,732194
24 Ангара УсольехимПром	90640,3	14891,5152	1489,15152	148,915152	16529,5819	58853,4	9669,168158	966,91682	96,69168158	10732,777
25 Ангара ВКХ Усолье	4831,6	793,79531	79,379531	7,9379531	881,112794	3401,7	558,8735625	55,887356	5,588735625	620,34965
26 Байкал ВКХ Слюдянка		0	0	0	0		0	0	0	0
27 Байкал Перевал		0	0	0	0	7,68	0,008037276	0,008037	8,03728E-05	0,0089214
28 Ангара ВКХ Усть-Илимск	198	32,5299013	3,25299013	0,32529901	36,1081905	172,8	28,38973207	2,8389732	0,283897321	31,512603
29 Ангара Усть-Ил. ЛПК	13461,5	2211,62256	221,162256	22,1162256	2454,90104	13055	2144,837686	214,48377	21,44837686	2380,7698
30 Сух. Лог ВКХ Братск		0	0	0	0		0	0	0	0
31 Ангара ВКХ Братск	787,8	129,429577	12,9429577	1,29429577	143,666831	1175,8	193,1750404	19,317504	1,931750404	214,42429
32 Вихорева ВКХ Братск	1000,8	509,713981	50,9713981	5,09713981	565,782519	451,7	230,0537623	23,005376	2,300537623	255,35968
33 Сух. Лог ЛПК Братск	1651	8,40865091	0,84086509	0,08408651	9,33360251	1100	5,602371897	0,5602372	0,056023719	6,2186328
34 Вихорева ЛПК Братск	37073	18881,5212	1888,15212	188,815212	20958,4885	33100	16858,04634	1685,8046	168,5804634	18712,431
35 Ангара Иркут		0	0	0	0		0	0	0	0
36 Бирюса ВКХ Тайшет		0	0	0	0		0	0	0	0
37 Корш. ГОК Рассоха		0	0	0	0		0	0	0	0
38 Корш. ГОК Илим		0	0	0	0		0	0	0	0
39 Корш. ГОК Усть-Ил.вдхр.		0	0	0	0		0	0	0	0
40 Корш. ГОК Коршуниха		0	0	0	0		0	0	0	0
41 Ия разрез Азейский		0	0	0	0		0	0	0	0
42 Лена ВКХ Бодайбо		0	0	0	0	53	16,19594785	1,6195948	0,161959478	17,977502
43 Лена ВКХ Усть-Кут		0	0	0	0		0	0	0	0
44 Лена Осетр. Реч. Порт		0	0	0	0		0	0	0	0
Итого		47851,4993	4785,14993	478,514993			39558,38312	3957,8437	395,4961402	

Рисунок 5 – Лист «ХЛОР» – данные по загрязнению хлором и расчет ущерба

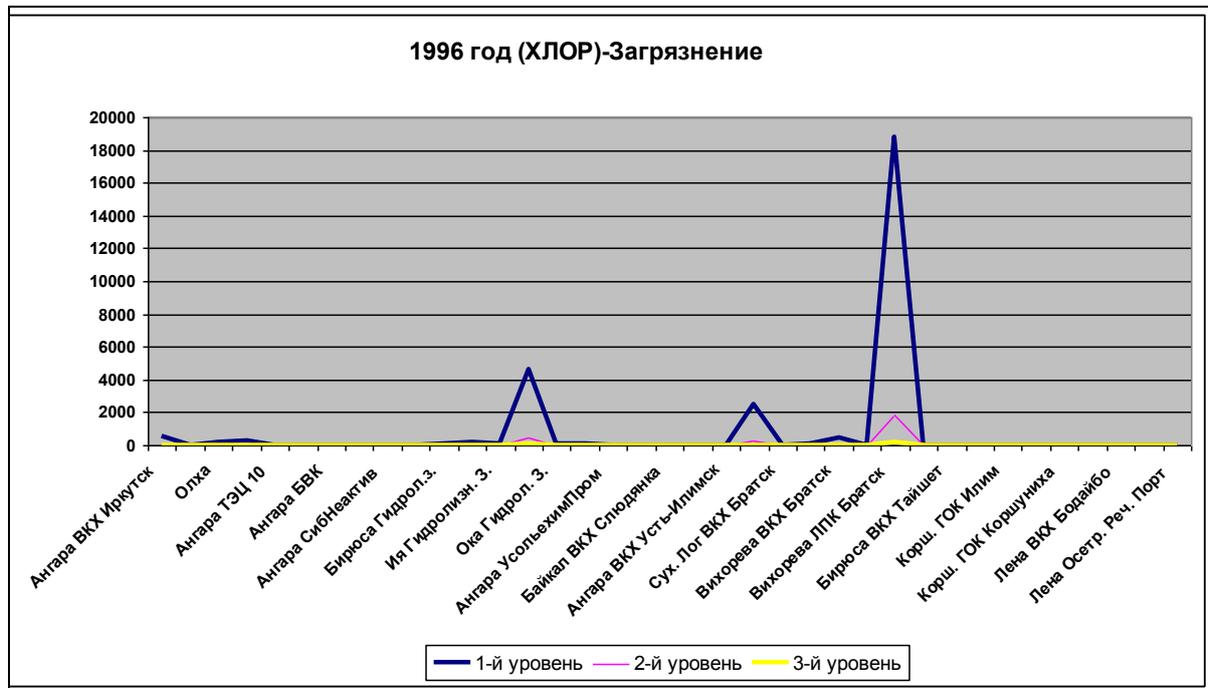


Рисунок 6 – Пример графика функции – ущерб по годам

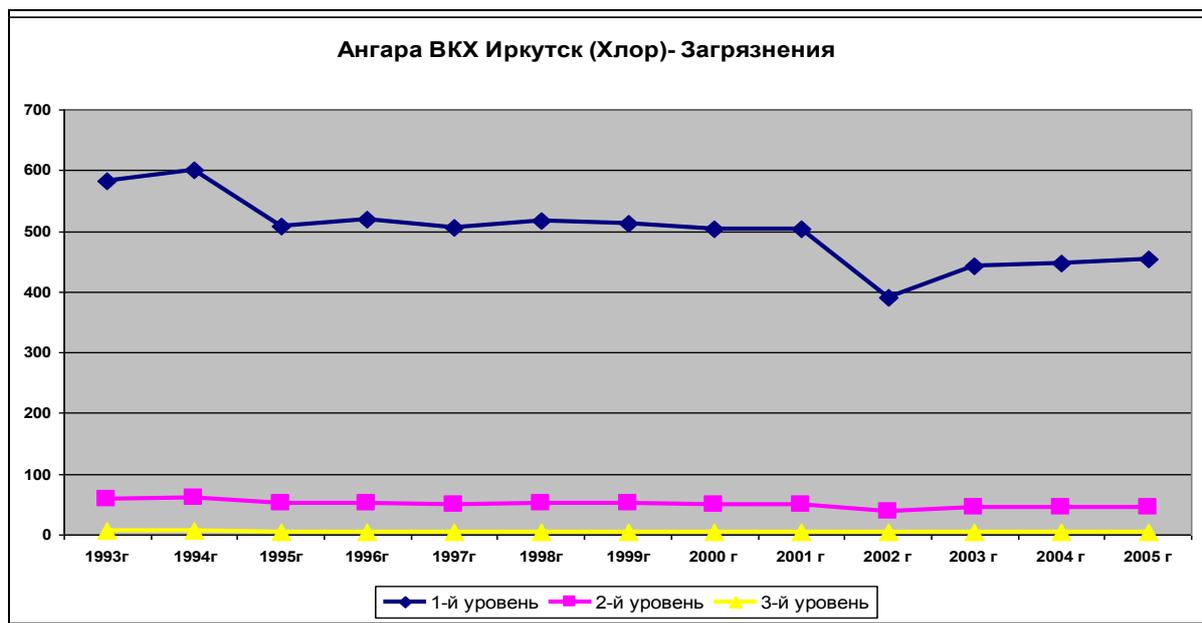


Рисунок 7 – Пример графика функции – ущерб по водоемам

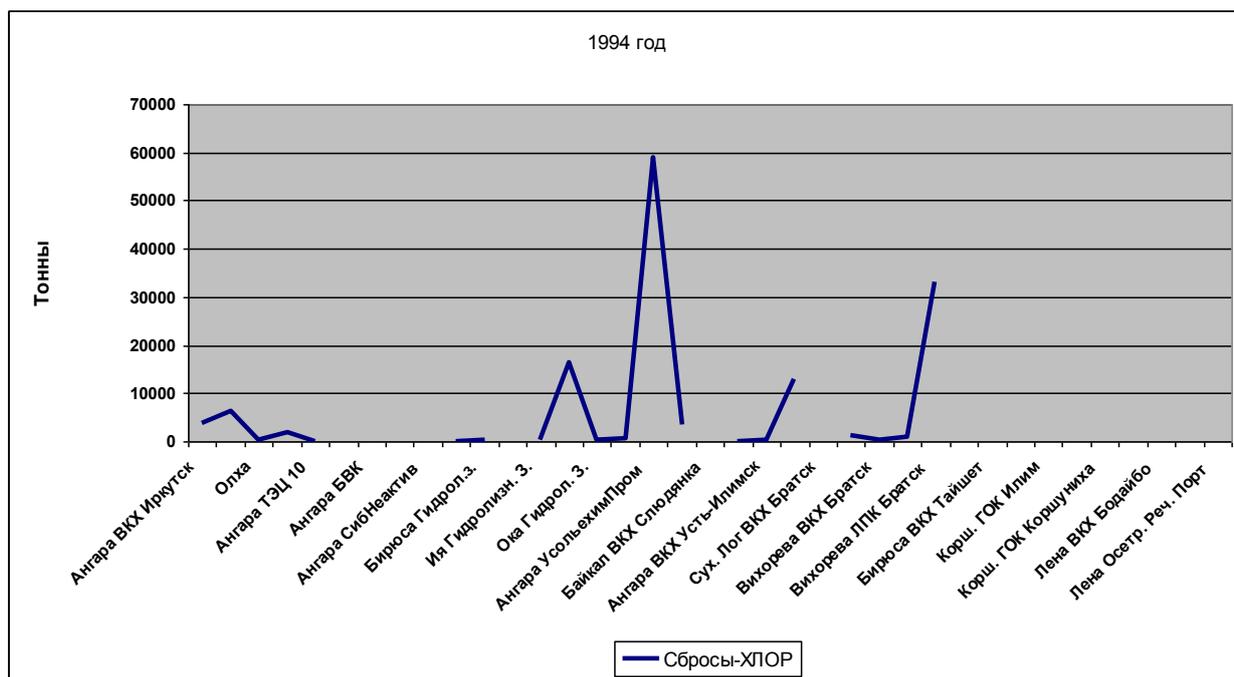


Рисунок 8 – Пример графика функции – сбросы по годам

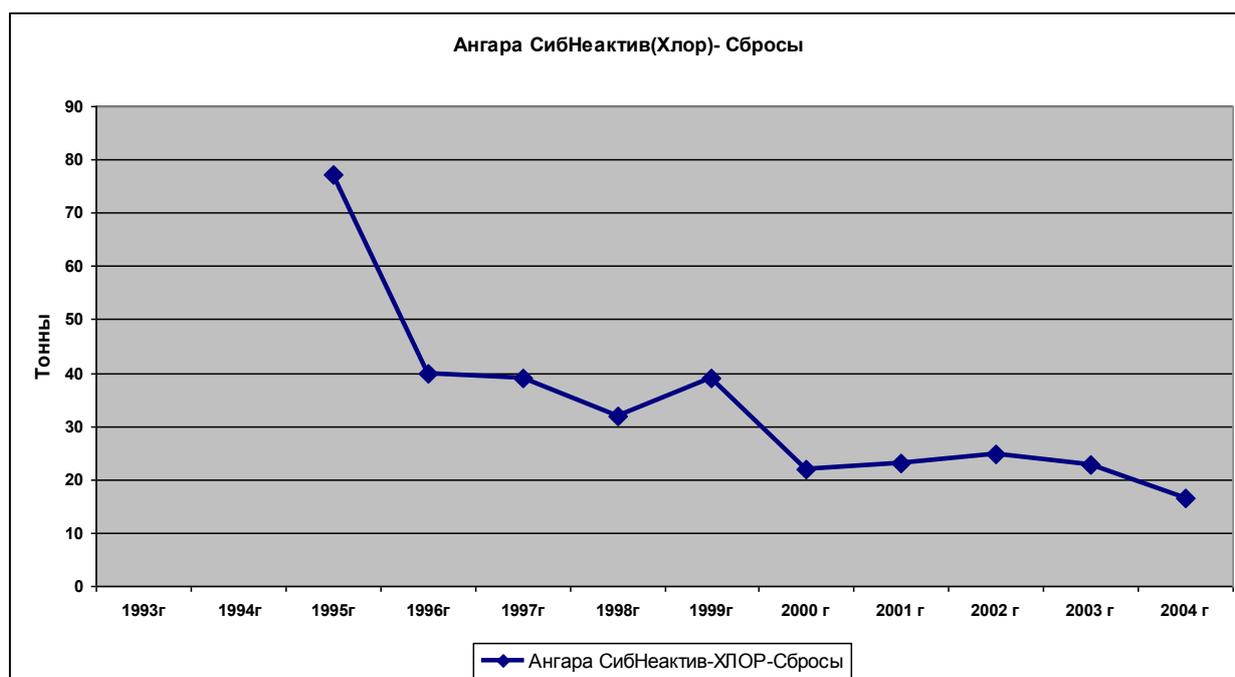


Рисунок 9 – Пример графика функции – сбросы по водоемам

По результатам автоматизированного расчета по промышленной зоне, представленной территориями городов Ангарска, Иркутска и Шелехова, прослеживается стабильное и довольно значительное загрязнение сточных вод хлором. Загрязнение водных объектов, расположенных на территории г. Братска, стабильно и практически на порядок превышает общее загрязнение водных объектов промзоны (рис. 10).

Таким образом, прогнозируемый риск общего ущерба водным ресурсам территории (по всем трем уровням) составит от минимального по г. Шелехову – 150 лет – до максимального по г. Иркутску периоду в 550 лет в случае естественного восстановления природной системы. Всего же водной среде территории промышленной зоны для преодоления нанесенного воздействия понадобится период в 550 лет, а водным объектам территории г. Братска – в 25000 лет (рис. 11). Области предполагаемого ущерба (возможного риска) представлены на рисунке 12. Очевидно, что самостоятельное восстановление природной среды как системы в прежнем качестве не представляется возможным вследствие произошедших в ней качественных изменений.

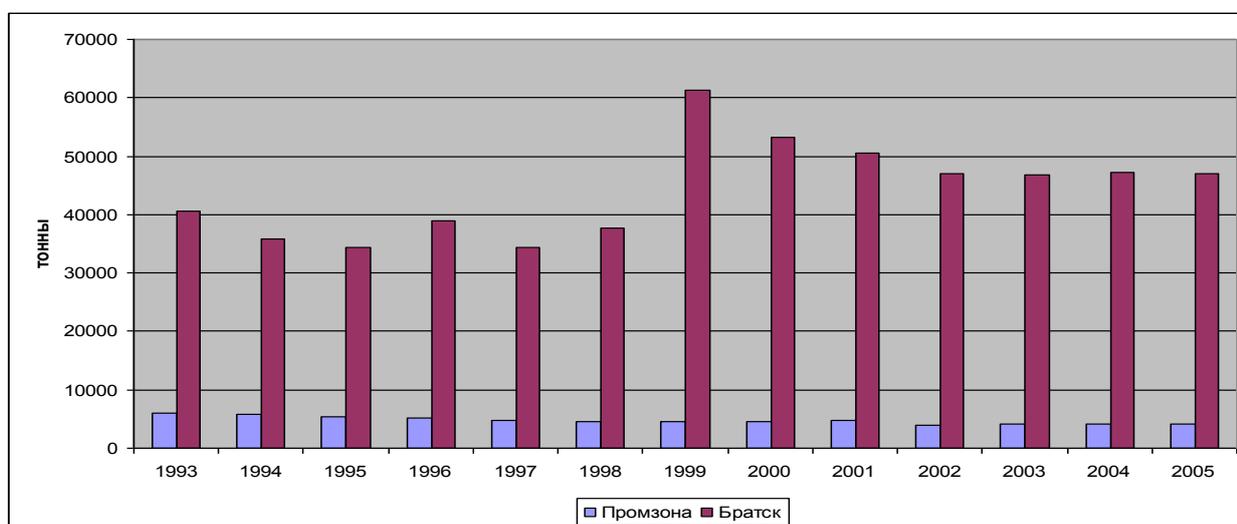


Рисунок 10 – Загрязнение водных объектов хлором по промзоне и г. Братску

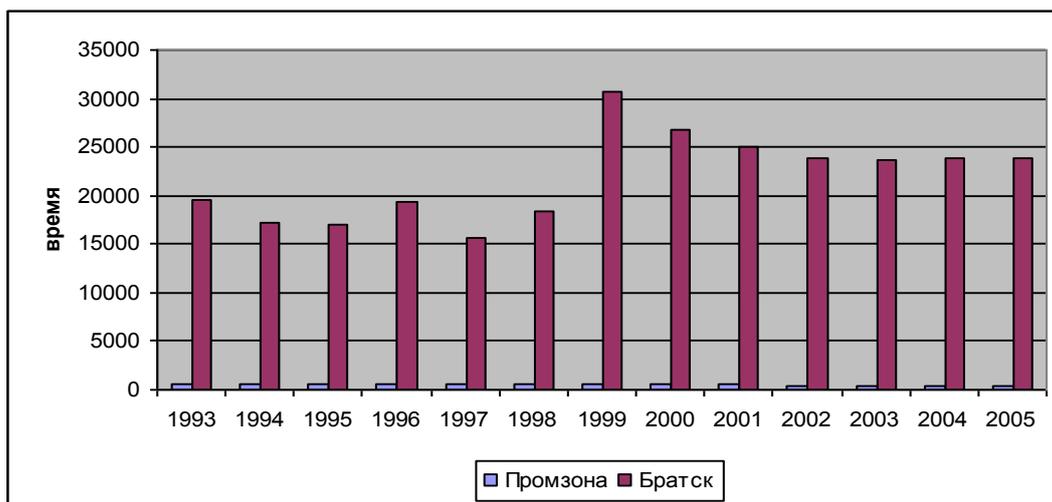


Рисунок 11 – Общий риск ущерба по промзоне и г. Братску

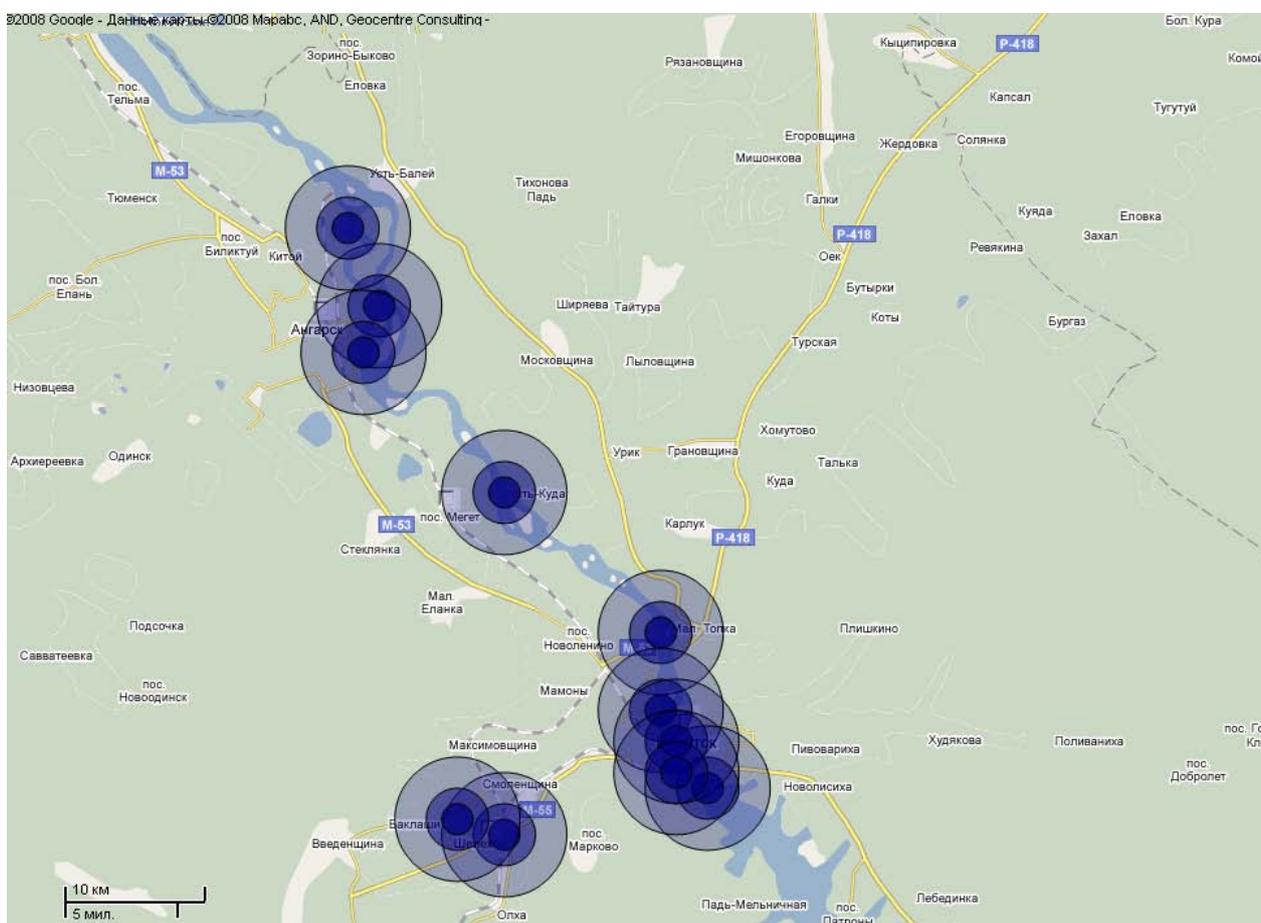


Рисунок 12 – Визуализация областей риска антропогенного воздействия на водные ресурсы городов промзоны

Аналогичным образом производится расчет по загрязнению ртутью с целью прогнозирования риска антропогенного воздействия. Разработка и внедрение программного продукта оценки ущерба позволяет значительно упростить и ускорить процессы обработки и анализа данных, повысить достоверность математических расчетов и избежать возможного влияния чьих-либо интересов (в т.ч. ведомственных) на принятие решений. В качестве математической основы разработанного программного продукта взята структурно-иерархическая пространственно-временная модель воздействия горных работ с учетом

распространения влияния от антропогенного воздействия на периферию окружающего пространства [3].

На данный программный продукт имеется авторское Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ за № 2010615261 [4]. Программный продукт ориентирован на прогнозирование рисков воздействия токсикантов на водные ресурсы территории Иркутской области от ртути и хлора с возможностью адаптации на любую другую территорию. Разработанный программный продукт планируется в дальнейшем включить в программный комплекс, предназначенный для реальной оценки эколого-экономического ущерба, наносимого окружающей среде антропогенным воздействием. В результате такой оценки человек сможет реально оценить масштабы своих действий по отношению к природной среде, что, в свою очередь, поспособствует более рациональному, более бережному использованию природных ресурсов. Требуется остановить экологическую деградацию территорий с помощью исследования, анализа и построения адекватных моделей существующих и прогнозируемых изменений в глобальной экосистеме с целью сохранения продуктивности природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ARCREVIEW: современные геоинформационные технологии / глав. ред. А.В. Орлов. – № 4, 2004.
2. Маккарти Д., Маккарти М. Правила разработки программного обеспечения: пер. с англ. – СПб.: Питер, 2007.
3. Мусихина Е.А. Методологический аспект технологии комплексной оценки экологической емкости территорий. – М.: Издательство «Академия Естествознания», 2009. – 137 с.
4. Мусихина Е.А. Расчет антропогенного воздействия на водные ресурсы по ртути и хлору // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010615261 от 13 августа 2010 г. РОСПАТЕНТ.

Мусихина Елена Алексеевна

Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Кандидат технических наук, профессор

Тел.: 8 914 905 70 99

E-mail: elena.science@yandex.ru

E.A. MUSIXINA (*Candidate of Engineering Science, Professor*)
Irkutsk State Technical University, Irkutsk

FORECAST OF ANTHROPOGENIC PRESSURE AT THE WATER RESOURCES

In the article the review of computer application developed by author for assessment of risk of degradation of such important natural system component as water resources is presented. The necessity of revision of mankind's relationship with its environment and of application of new technologies for saving and restoring the environment is proved. The author's technique has been applied for ecological damage evaluation.

Keywords: *ecological damage; computer application; space-time model; environment; water resources.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. ARCREVIEW: sovremenny'e geoinformacionny'e texnologii / glav. red. A.V. Orlov. – № 4, 2004.
2. Makkarti D., Makkarti M. Pravila razrabotki programmnogo obespecheniya: per. s angl. – SPb.: Piter, 2007.
3. Musixina E.A. Metodologicheskij aspekt texnologii kompleksnoj ocenki e'kologicheskoy yomkosti territorij. – M.: Izdatel'stvo «Akademiya Estestvoznaniya», 2009. – 137 s.
4. Musixina E.A. Raschyot antropogennogo vozdejstviya na vodny'e resursy' po rtuti i xloru // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy' dlya E'VM № 2010615261 ot 13 avgusta 2010 g. ROSPATENT.

УДК 62-503.55

В.И. АВЕРЧЕНКОВ, Л.Б. ФИЛИППОВА

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ КОРРЕКЦИИ НА ИНСТРУМЕНТ
В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ИНСТРУМЕНТА
КОНТАКТНОГО ТИПА**

Рассмотрены основные методы настройки инструмента для современных станков с ЧПУ и особенности настройки оборудования с ЧПУ на примере вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV154EL с датчиком активного контроля контактного типа Renishaw TS27R при организации производства новых партий деталей. Разработана диаграмма прецедентов процесса измерения. Проведен ряд экспериментов, направленных на определение погрешностей при измерении инструмента и настройке оборудования. Предложена новая методика определения геометрических параметров инструмента при использовании оборудования с ЧПУ. Описана структурно-функциональная схема программного комплекса определения величины коррекции на инструмент для обрабатывающих центров.

Ключевые слова: датчики контактного типа; погрешность измерения; инструмент для фрезерной обработки; систематическая погрешность; современные станки с ЧПУ.

С каждым годом в машиностроении повышаются требования к качеству выпускаемых изделий: повышаются требования по точности и качеству получаемых поверхностей, а парк металлорежущего оборудования большинства предприятий существенно отстает по технологическому оснащению. Многие организации не имеют возможности для приобретения очень дорогостоящего оборудования с ЧПУ, но возможность оснастить производство станками среднего класса у большинства из них есть. Станки этой группы представляют собой небольшие обрабатывающие центры с ЧПУ с точностью позиционирования до 1 мкм. Данное оборудование оснащают датчиками активного контроля инструмента контактного типа, позволяющими сократить время настройки инструмента для обработки новой партии изделий. Датчики, в свою очередь, характеризуются такой величиной, как повторяемость результатов измерений – характеристика результатов испытаний, определяемая близостью результатов испытаний одного и того же объекта по одной и той же методике в соответствии с требованиями одного и того же нормативного документа в одной и той же лаборатории одним и тем же оператором с использованием одного и того же экземпляра оборудования в течение короткого промежутка времени [ГОСТ Р 51672], обозначаемая как g и измеряемая в миллиметрах. У большей части таких устройств значение данной характеристики колеблется от 1 до 5 мкм, соответственно, и точность изделия с учетом суммарной погрешности обработки будет составлять не менее, чем 0,05...0,75 мм.

На сегодняшний день выделяют следующие методы настройки инструмента для станков с ЧПУ:

- по пробным деталям;
- по эталонам;
- по индикаторам;
- с использованием специальных датчиков контактного типа, оптических и других приборов [1].

Был проведен анализ указанных методов настройки инструмента.

Метод наладки по пробным деталям заключается в том, что необходимо предварительно рассчитать настроечный размер, а затем после обработки проверять его при измерении первых 3-5 обработанных на данном оборудовании деталей. Если среднее арифметическое значение заданного размера попадает в заданный интервал, то настройка признается правильной. Недостатком данного метода является то, что требуется значительное количество времени на расчет размера пробных деталей и настроечного размера [5].

Метод наладки по эталону используется при наличии уже готового изделия. Согласно данному методу, готовое изделие-эталон устанавливается на неработающем станке так, чтобы инструмент мог соприкоснуться с ним.

Метод настройки инструмента на размер по индикаторам предполагает настройку инструмента на оборудовании, расположенном вне станка (на внешнем оборудовании) [3]. В этом случае инструмент закрепляется в специальном приспособлении и выставляется с использованием вертикальных и горизонтальных индикаторов на заданный размер. Недостатком данного метода является потеря рабочего времени при наладке станка.

Четвертый рассматриваемый метод, широко применяемый на современном оборудовании с ЧПУ – автоматизированная настройка инструмента с помощью специального оборудования внутри станка с ЧПУ с использованием датчиков контактного типа, оптических, лазерных и т.п. Применение этих устройств активного контроля инструмента позволяет в достаточно короткий срок определить геометрические параметры инструментов, находящихся в магазине станка [2]. Принцип работы этого метода таков. На станке с ЧПУ запускается программа, в которой заранее задается, какие параметры инструмента необходимо определить (диаметр, вылет инструмента или и то, и другое одновременно). Как только инструмент касается датчика (или лазерного луча), данные об инструменте фиксируются и заносятся в соответствующую ячейку памяти числового программного управления. Далее при запуске программы обработки изделия используется информация, полученная в результате описанных измерений. Недостатком данного метода является ограничение на настройку инструмента измерительными возможностями датчиков.

Первые три метода настройки инструмента являются более трудоемкими по сравнению с последним из выше перечисленных. Практика показывает, что на большей части современного оборудования с числовым программным управлением стоят датчики активного контроля инструмента контактного типа. Возникает вопрос: как на имеющемся оборудовании с минимальными затратами получить изделия более высокой точности?

Для решения этой проблемы был проведен ряд исследований на примере вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV154EL (рис. 1) с датчиком активного контроля контактного типа Renishaw TS27R (рис. 2).



Рисунок 1 – Фрезерный обрабатывающий центр Quaser MV154

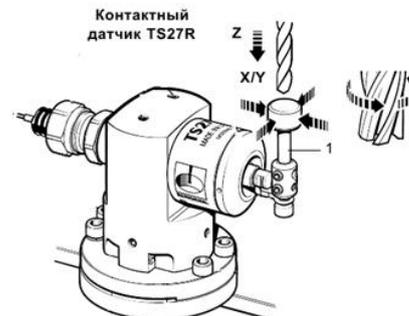


Рисунок 2 – Измерительная система с контактным датчиком TS27R

В используемом устройстве инструмент подводится к щупу 1 датчика по оси Z для измерения вылета инструмента. Диаметр инструмента измеряется при его вращении по осям

X и Y. Данные от щупа в виде электрического сигнала передаются в интерфейсный блок и затем в обработанной форме в память числового программного управления станка.

Целью данного исследования являлось построение и исследование математической модели, позволяющей определять погрешность при формировании точности настройки режущего инструмента на станках с ЧПУ. Для этого был проведен анализ величин, влияющих на оценку точности настройки режущего инструмента, и разработана на основе полученных данных алгоритмическая структура программного комплекса с формированием отдельных модулей математической модели системы.

В рамках исследования была разработана диаграмма прецедентов, показывающая взаимосвязь основных участников процесса измерения инструмента на оборудовании с ЧПУ с датчиками активного контроля инструмента контактного типа (рис. 3). Первым этапом является снятие и обработка сигналов, поступающих с датчика из зоны резания, который собирает данные о геометрических параметрах инструмента и составляет OFFSET таблицу. На втором этапе происходит предварительная обработка сигналов. Осуществляется интерпретация значений из стойки ЧПУ в основное тело программы и запись в массив данных. На третьем этапе – выполнение алгоритма расчета истинного значения вылета инструмента. На основании расчетов формируются управляющие сигналы, которые в дальнейшем передаются в систему ЧПУ.



Рисунок 3 – Структурно-функциональная схема работы программного комплекса

Для достижения этих результатов в рамках исследования был проведен ряд экспериментов, направленных на выявление погрешностей при измерении инструмента и настройке оборудования с ЧПУ. На первом этапе работы был создан план эксперимента и определены статистические методы анализа результатов измерений.

В условиях производства этот процесс представлял собой следующую последовательность действий:

1. В патроне закрепляется инструмент заданного диаметра.
2. Затем патрон закрепляется в шпинделе станка, измеряется предварительный вылет инструмента.

3. В стойке станка выбирается специализированная управляющая программа O8005, где задаются в специальных параметрах:

- количество показателей инструмента, которые необходимо измерить (диаметр, вылет инструмента или и диаметр, и вылет) в инструментальном магазине;
- номер ячейки из таблицы коррекции Offset, где хранится информация о предварительном вылете инструмента;
- номинальный диаметр инструмента, мм.

4. После этого программа запускается. Инструмент подводится в автоматическом режиме по соответствующим направлениям относительно датчика контактного типа. После касания инструментом датчика данные измерения передаются в таблицу коррекции Offset в соответствующую ячейку памяти, указанную в управляющей программе.

Планирование экспериментов в данном направлении позволило минимизировать число необходимых измерений, условия проведения испытаний в зависимости от заданной точности результатов измерений включали в себя ряд этапов с учетом следующих ограничений:

1. Установление предмета исследования. В данном опыте исследуются такие физические величины, как диаметр (d) и вылет инструмент (h), которые относятся к классу качественных характеристик объекта исследования, а единицей измерения служат миллиметры.

Целью эксперимента является:

1) Определение погрешности измерения датчиком активного контроля режущего инструмента контактного типа Renishaw TS27R, установленного на вертикальном обрабатывающем центре Quaser MV154EL, диаметра и вылета инструмента.

2) Определение разброса значений при измерении вылета и действительного диаметра инструмента.

2. Исследования проводились в условиях лаборатории на базе Инновационного центра высоких технологий в машиностроении Брянского государственного технического университета, оснащенного современным высокотехнологичным оборудованием с ЧПУ, где были задействованы:

- вертикальный обрабатывающий центр Quaser MV154EL;
- датчик активного контроля режущего инструмента контактного типа Renishaw TS27R, установленный на столе вышеуказанного центра;
- фрезы и сверла из твердого и быстрорежущего сплава, а также со сменными пластинами.

На рабочем столе вертикального обрабатывающего центра Quaser MV154EL был установлен датчик активного контроля инструмента Renishaw TS27R.

Контактный датчик TS27R фирмы RENISHAW используется для наладки инструмента на обрабатывающих центрах с ЧПУ. Для выполнения измерений длины инструмента и обнаружения неисправного инструмента инструмент подводится к шупу датчика по оси Z. Параметры вращающегося инструмента могут быть фиксированы по оси X и Y для коррекции на радиус инструмента (для определения истинного положения центра инструмента). Интерфейсный блок рассматриваемого устройства обеспечивает обработку сигналов между датчиком и системой ЧПУ[1].

3. Входными параметрами являются: диаметр инструмента, измеряемый при помощи микрометра или декларируемый производителем инструмента согласно маркировке, и вылет инструмента, измеряемый при помощи специального устройства с точностью измерения до 0,001 мм.

4. Выходными данными будут выступать данные из таблицы коррекции Offset, снятые после запуска управляющей программы O8005 из соответствующих ячеек памяти. Полученные данные являются в исследовании регистрируемыми, но не управляемыми. Точность измерений характеризуется тысячными долями миллиметра. Более точные данные будут получены после проведения статистического анализа.

Каждый параметр измерялся не менее 100 раз.

5. План проведения эксперимента

В качестве измеряемого инструмента выступали: фрезы, сверла, фрезы со сменными пластинами, сверла со сменными пластинами.

Последовательность действий при проведении исследований:

1) Инструмент монолитный и концевой устанавливался для проведения каждого измерения ($n=100$) поочередно в цанговый, силовой и трехкулачковый патрон. После закрепления инструмента в патроне измерялся на внешнем измеряющем устройстве вылет инструмента, а затем устанавливался в шпиндель. Полученные первоначальные данные записываются как исходные:

$d_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр, мм;

$H_{\text{ном}}$ – номинальный вылет инструмента, мм.

Полученные данные о вылете и диаметре инструмента заносятся в таблицу Offset.

2) Для определения более точных данных с использованием датчика активного контроля инструмента контактного типа запускается программа O8005, при этом указывается номер инструмента в магазине, номер ячеек, куда до этого внесли предварительные данные об инструменте.

3) Затем запускается программа. Полученные после измерения данные заносятся автоматически в таблицу Offset, в те ячейки памяти, что и использовались для хранения первичной информации об инструменте.

4) После окончания работы программы результаты записываются в таблицу экспериментальных данных (информация из соответствующих ячеек памяти таблицы коррекции Offset) (значения диаметра и вылета измеряемого инструмента).

5) Пункты 3 и 4 повторяем до тех пор, пока таблица экспериментальных данных не будет заполнена для данного инструмента полностью.

6) Затем меняется тип закрепления и повторяются пункты 1-5.

7) Выбирается следующий инструмент и повторяются пункты 1-6 для всех инструментов, кроме инструментов со сменными пластинами. В этом случае устанавливаем инструмент и выполняем j -ое количество раз последовательность действий 1-4.

Результаты наблюдений описаны с помощью линейной статистической модели:

$$d_{ij} = d_n + \Delta_{ij} + \theta_i, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 100,$$

где d_n – номинальный размер измеряемой величины; Δ_{ij} – i -я случайная погрешность измерения; θ_i – i -я систематическая погрешность измерения; d_{ij} – среднее значение измеряемой величины.

Для анализа полученных данных использовался однофакторный дисперсионный анализ, согласно которому сравнение идет по n различным уровням одного фактора, в данном исследовании по виду закрепления. Числа в этой таблице d_{ij} – результат j -измерения при i -исследовании.

Согласно эксперименту количество обработок $k=9$ задано изначально, поэтому сначала проверяется гипотеза относительно θ_i , а затем произведена его оценка. Такая модель носит название модели постоянных эффектов или модели с фиксированными уровнями факторов [4].

Эффект обработок θ_i определяется как отклонение от общего среднего $\bar{\theta}_i$, поэтому выполняется свойство:

$$\sum_{i=1}^n \theta_i = 0.$$

Обозначаем $d_{i\cdot}$ – сумма наблюдений, полученных при i -ой обработке; $\bar{d}_{i\cdot}$ – среднее арифметическое наблюдений для i -ой обработки; d_{\cdot} – общая сумма всех наблюдений и \bar{d}_{\cdot} – общее среднее (оценка) всех наблюдений. Тогда соответствующие формулы будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} d_i &= \sum_{j=1}^n d_{ij}; \bar{d}_i = \frac{d_{i.}}{k}, i = 1, 2, \dots, k; \\ d_{..} &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n d_{ij}; \bar{d}_{..} = \frac{d_{..}}{N}, \end{aligned} \right\}$$

где $N=kn$ – общее число наблюдений.

Применение данного анализа позволяет проверить гипотезу H_0 о том, зависит ли величина d от типа закрепления, т.е. всегда ли одинакова величина систематической погрешности при измерении

$$H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_k.$$

Таким образом, если выдвинутая гипотеза справедлива, то каждое наблюдение складывается из математического ожидания общего среднего и реализации случайной ошибки. Соответствующая процедура проверки этой гипотезы, основанной на дисперсионном анализе, согласно которому дальнейшие вычисления будут производиться по формулам (1), (2):

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (d_{ij} - \bar{d}_{..})^2 = n \sum_{i=1}^k (\bar{d}_i - \bar{d}_{..})^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (d_{ij} - \bar{d}_i)^2. \quad (1)$$

Это соотношение показывает, что общую изменчивость данных, характеризуемую общей скорректированной суммой квадратов, можно разбить на сумму квадратов отклонений средних по обработкам от общего среднего и суммы квадратов отклонений наблюдений при каждой обработке от своего среднего. При этом отклонения средних по обработкам от общего среднего характеризуют различия между обработками, в то время как отклонения наблюдений внутри обработки от своего среднего могут быть обусловлены только случайной ошибкой. Тогда соотношение (1) принимает следующий символический вид:

$$SS_{\text{общ}} = SS_{\text{обр}} + SS_{\text{ом}}. \quad (2)$$

В таблице 2 представлены результаты измерений фрезы из твердого сплава номинальным диаметром 6 мм (d_6) с количеством зубьев, равным 4(n_4).

Таблица 2 – Результаты экспериментальных измерений фрезы диаметром 6 мм на вертикальном фрезерном обрабатывающем центре Quaser MV154EL с использованием датчика Renishaw TS27R, мм

Тип закрепления фрезы	Номер измерения	Измеряемый параметр	Условия измерения (вынимаем или нет инструмент из шпинделя)	Результаты измерений				
				1	2	...	9	10
Цанговый патрон	1	d	Не изменяя	6,002	6,004	...	6,003	6,003
	2	d	Вручную	6,002	6,005	...	6,003	6,003
	3	d	Автоматически	6,003	6,005	...	6,003	6,003
	1	h	Не изменяя	87,062	87,064	...	87,063	87,063
	2	h	Вручную	87,062	87,065	...	87,063	87,063
	3	h	Автоматически	87,063	87,065	...	87,063	87,063
Силовой патрон	4	d	Не изменяя	6,002	6,004	...	6,003	6,003
	5	d	Вручную	6,002	6,004	...	6,003	6,003

	6	d	Автоматически	6,003	6,004	...	6,003	6,003
	4	h	Не изменяя	87,06	7,062	...	8,7061	87,061
	5	h	Вручную	87,06	8,7063	...	8,7061	87,061
	6	h	Автоматически	87,062	8,7063	...	8,7061	87,061
	Трехкулачковый патрон	7	d	Не изменяя	6,002	6,004	...	6,003
8		d	Вручную	6,002	6,005	...	6,003	6,003
9		d	Автоматически	6,003	6,005	...	6,003	6,003
7		h	Не изменяя	108,463	1,08463	...	10,8463	108,462
8		h	Вручную	108,461	1,08464	...	10,8463	108,462
9		h	Автоматически	108,461	1,08463	...	10,8463	108,462

По результатам экспериментальных измерений был составлен ряд таблиц данных. Для анализа этих данных использовался вышеописанный метод анализа экспериментальных данных, согласно которому было доказано, что погрешность при измерении диаметра инструмента датчиком контактного типа вычисляется следующим образом:

$$\theta_d = \bar{d} - d_n, \quad (3)$$

где θ_d – систематическая погрешность измерения датчика контактного типа; \bar{x} – среднее значение диаметра измеряемого инструмента; d_n – номинальный диаметр инструмента.

Из полученных результатов следует, что погрешность является постоянной систематической. Были проведены дополнительные расчеты для вычисления величины этой погрешности (при этом достаточно 3-5 измерений одного инструмента). При последующей настройке инструмента на вертикальном обрабатывающем центре Quaser MV154EL с датчиком активного контроля режущего инструмента контактного типа Renishaw TS27R было достаточно одного измерения, затем разработанный программный комплекс корректирует установленное значение с учетом ранее полученных результатов исследований.

После анализа погрешности измерения инструмента при подготовке оборудования с ЧПУ с датчиком активного контроля инструмента контактного типа к последующей работе была создана структурно-функциональная схема программного комплекса (рис. 4), позволяющего автоматически рассчитывать величину коррекции для конкретного измерительного устройства и вносить требуемую коррекцию на измеряемые геометрические параметры инструмента.

Согласно этой схеме созданный программный комплекс, установленный на персональном компьютере, взаимодействует с числовым управлением станка через OPC-сервер. Для передачи данных с компьютера на стойку ЧПУ через него необходимо его открыть, что и делается на начальном этапе алгоритма.

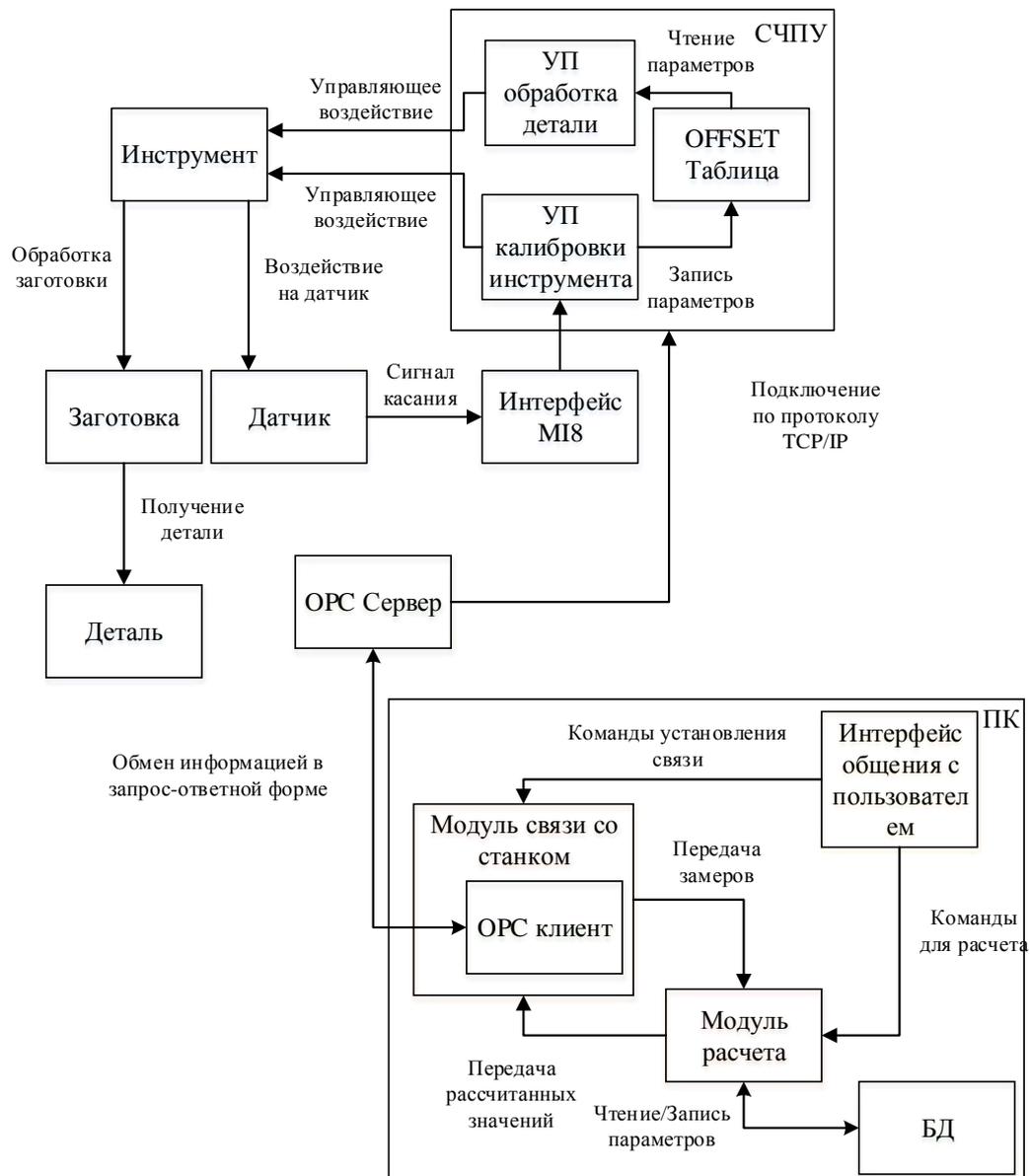


Рисунок 4 – Структурно-функциональная схема программы

Для надежности использования программного комплекса в условиях предприятия соединение персонального компьютера со станком ЧПУ осуществляется при помощи подключения к OPC серверу предприятия. Использование OPC-сервера делает программу универсальной по отношению к оборудованию и надежной, с учетом безопасности передачи данных. OPC клиент может подключаться к серверу, находящемуся на этом же компьютере или компьютере в сети на операционной системе Windows, или на программируемом логическом контроллере с ОС WindowsCE. Интуитивно понятный интерфейс диалогового типа, предназначенный для управления модулями расчета и связи, позволяет полностью контролировать процессы подключения, сбора, расчета и передачи параметров на станок и со станка. Использование базы данных позволит сохранять параметры для последующего анализа износа инструмента с течением времени

Созданная система позволяет для конкретных видов измерительных устройств вычислять коррекцию на инструмент, учитывающую различные факторы и влияющую на формирование погрешностей, и вносить определенную коррекцию управляющих программ для станков с ЧПУ, оснащенных системами активного контроля режущего инструмента.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1) При измерении инструмента датчиками активного контроля типа Renishaw существует систематическая погрешность, значение которой можно установить эмпирическим путем.

2) В результате проведенных исследований повышается точность измерения инструмента с помощью датчиков контактного типа на оборудовании с ЧПУ на 3 мкм, при этом значение погрешности является постоянной.

3) Созданная на основе разработанной методики автоматизированная система позволяет управлять точностью обработки изделий, сократить количество бракованных деталей, уменьшить время настройки при запуске новой партии изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченков В.И. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ: учеб. пособие для ВУЗов / В.И. Аверченков, А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, В.А. Шкаберин, М.В. Терехов, Л.Б. Левкина. – Брянск: БГТУ, 2010. – Ч. 2. – 213 с.
2. Аверченков В.И. Исследование точности позиционирования объектов при оптической микроскопии с управлением через Интернет / В.И. Аверченков, В.В. Спасенников, Р.А. Филиппов. – Брянск: Вестник БГТУ, 2012. – Выпуск № 1. – С. 125-130.
3. Аверченков В.И., Филиппова Л.Б. Оценка точности автоматизированной настройки режущего инструмента при обработке на станках с ЧПУ // Материалы 11-й Международной научно-технической конференции «Инженерия поверхности и реновация изделий». – Ялта, 2011. – С. 6-8.
4. Монтгомери Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных: пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с., ил.
5. Аверьянов О.И., Клепиков В.В. Технология фрезерования изделий машиностроения: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ, 2008. – 432 с.

Аверченков Владимир Иванович

Брянский государственный технический университет, г. Брянск
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии и системы», проректор по информатизации и международному сотрудничеству БГТУ
Тел.: 8 (4832) 58-82-06
E-mail: aver@tu-bryansk.ru

Филиппова Людмила Борисовна

Брянский государственный технический университет, г. Брянск
Аспирант кафедры «Компьютерные технологии и системы»
Тел.: 8 (4832) 58-82-06
E-mail: libv88@mail.ru

V.I. AVERChENKOV (Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Department «Computer Technologies and Systems», Prorektor for Information and International Cooperation BSTU)

L.B. FILLIPOVA (Post-graduate Student of the Department «Computer Technologies and Systems») Bryansk State Technical University, Bryansk

DETERMINATION OF AUTOMATION TOOL COMPENSATION VALUES IN THE PREPARATION OF PRODUCTION OF THE USE OF ACTIVE SENSOR CONTROL TOOL TYPE OF CONTACT

The basic methods of setting tool for modern CNC machine tools and customization features of CNC equipment, the example of vertical milling machining center Quaser MV154EL the sensor active monitoring of the contact type Renishaw TS27R in the organization of production of a new batch of products were examined. An use case diagram of the measurement process was developed. A number of experiments aimed at detecting errors in the measurement instrument and setting up equipment. A new method of determining the geometric parameters of the tool

when using this type of equipment is proposed. Established structure-function diagram software package determining the value of the tool offset for machining centers is described.

Keywords: contact type sensors; measurement error; tool for milling applications; the systematic error; the CNC.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Averchenkov V.I. Avtomatizaciya podgotovki upravlyayushhix programm dlya stankov s ChPU: ucheb. posobie dlya VUZov / V.I. Averchenkov, A.A. Zholobov, Zh.A. Mrochek, A.V. Averchenkov, V.A. Shkaberin, M.V. Terexov, L.B. Lyovkina. – Bryansk: BGTU, 2010. – Ch. 2. – 213 s.
2. Averchenkov V.I. Issledovanie tochnosti pozicionirovaniya ob'ektov pri opticheskoy mikroskopii s upravleniem cherez Internet / V.I. Averchenkov, V.V. Spasennikov, R.A. Phillipov. – Bryansk: Vestnik BGTU, 2012. – Vy'pusk № 1. – S. 125-130.
3. Averchenkov V.I., Phillipova L.B. Ocenka tochnosti avtomatizirovannoj nastrojki rezhushhego instrumenta pri obrabotke na stankax s ChPU // Materialy' 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Inzheneriya poverxnosti i renovaciya izdekij». – Yalta, 2011. – S. 6-8.
4. Montgomeri D.K. Planirovanie e'ksperimenta i analiz dannyx: per. s angl. – L.: Sudostroenie, 1980. – 384 s., il.
5. Aver'yanov O.I., Klepikov V.V. Texnologiya frezerovaniya izdelij mashinostroeniya: ucheb. posobie. – M.: FORUM, 2008. – 432 s.

МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА БИНАРНЫХ ВСТАВОК В ИСХОДНЫХ ТЕКСТАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В статье рассматривается необходимость автоматизации поиска бинарных вставок в исходных текстах программного обеспечения в рамках проведения сертификационных испытаний. Рассмотрен существующий подход к решению проблемы автоматизации, а также предложены метод и типовой алгоритм поиска бинарных вставок в файлах, устраняющие недостатки существующего подхода. Показаны потенциальные возможности метода на примере множества файлов исходных текстов ядра операционной системы Linux.

Ключевые слова: сертификационные испытания; исходные тексты; бинарные вставки; автоматизация поиска.

ВВЕДЕНИЕ

Проведение сертификационных испытаний программного обеспечения на наличие недеklarированных возможностей служит целям обеспечения информационной безопасности систем специального информационного обеспечения. В соответствии с руководящим документом [1] при осуществлении контроля недеklarированных возможностей программного обеспечения все процедуры, кроме контроля состава и содержания документации, выполняются при наличии исходных текстов исследуемого программного обеспечения. Тем не менее, даже программное обеспечение с открытыми исходными текстами может содержать в своём составе бинарные вставки или «блобы» [2]. В частности, большинство популярных дистрибутивов операционной системы Linux содержат проприетарные (коммерческие) компоненты, которые могут включать в себя микропрограммные прошивки или зашифрованные драйверы для различных периферийных устройств без публично опубликованных исходных текстов. Пример подобной вставки, взятой из исходных текстов ядра операционной системы Linux, представлен на рисунке 1.

```
static int radeon_do_cleanup_cp(drm_device_t * dev);  
  
/* CP microcode (from ATI) */  
static const u32 R200_cp_microcode[][2] = {  
    {0x21007000, 0000000000},  
    {0x20007000, 0000000000},  
    {0x000000ab, 0x00000004},  
    {0x000000af, 0x00000004},  
    {0x66544a49, 0000000000},  
    {0x49494174, 0000000000},  
    {0x54517d83, 0000000000},  
    {0x498d8b64, 0000000000},  
    {0x49494949, 0000000000},  
    {0x49da493c, 0000000000},  
    {0x49989898, 0000000000},  
    {0xd34949d5, 0000000000},  
    {0x9dc90e11, 0000000000},  
    {0xce9b9b9b, 0000000000},  
    {0x000f0000, 0x00000016},  
};
```

Рисунок 1 – Пример бинарной вставки в исходном тексте

Бинарные вставки также могут содержаться в исходных текстах, которые подверглись специфическим запутывающим преобразованиям (обфускации), вследствие которых затрудняется анализ и понимание алгоритмов работы при полном сохранении функциональности. Кроме того, вредоносное программное обеспечение, эксплуатирующее уязвимости типа «переполнения буфера», для выполнения определённого набора команд может использовать бинарные вставки.

Подобные вставки, как правило, оформляются в виде массивов, содержащих заранее скомпилированный код и дополнительные служебные данные, например, о положении и

размере этого кода в памяти. Существующие на данный момент сертифицированные средства статического анализа не содержат в себе функционал для обнаружения и анализа бинарных вставок, поскольку код фактически представлен в виде обычных данных. По аналогичным причинам средства динамического анализа также неэффективны, поскольку нет предпосылок и возможностей для вставки датчиков в тело бинарной вставки. Таким образом, при наличии в исходных текстах программного обеспечения бинарных вставок, результатов практического характера, полученных в ходе проведения сертификационных испытаний, может быть недостаточно для получения обоснованных гарантий отсутствия недеklarированных возможностей. Необходимость проведения дополнительных исследований с учетом привлечения труда экспертов и значительных, как правило, объемов исходных текстов определяют актуальность настоящей работы.

Цель работы состоит в повышении эффективности проведения сертификационных испытаний. Её частными задачами являются исследование и разработка методов и программных средств, автоматизирующих процессы поиска и анализа бинарных вставок в исходных текстах и ориентированных на применение в ходе проведения статического анализа программного обеспечения на наличие недеklarированных возможностей.

Практическая значимость заключается в применении созданного программного продукта в процессе проведения сертификационных испытаний программного обеспечения.

МЕТОД ПОИСКА БИНАРНЫХ ВСТАВОК

В результате проведённого анализа было выявлено, что существующие методы поиска бинарных вставок рассчитаны либо на использование шаблонов с помощью регулярных выражений, либо на наличие априорных знаний о существовании и содержании бинарных вставок. Например, Фондом свободного программного обеспечения выпущен проект Libre Linux под лицензией GNU, являющийся модифицированной версией ядра Linux [3-4]. Модификация заключалась в удалении из исходных текстов бинарных вставок, поставляющихся в закрытом виде, с помощью специального скрипта `deblob-main`. При этом для проверки исходных текстов на наличие бинарных вставок используется скрипт `deblob-check`, включающий в себя список конкретных файлов из множества исходных текстов с определенными конструкциями для поиска, заданными в виде регулярных выражений, например:

```
blobna '[/][*][^]**\([[*]\+[^/*][^*]*\)*[*]*PCA-200E[[]firmware[[]*][/]'
```

```
drivers/atm/fore200e_mkfirm.c
```

Достоинствами подобного метода являются высокая скорость поиска и пренебрежительно малые вероятности ошибок, обусловленные высокой формализацией условий поиска. Однако ряд существенных недостатков делают данный метод неприменимым в ходе проведения сертификационных испытаний. Такими недостатками являются:

- ориентированность на проверку серийных образцов программного обеспечения;
- необходимость привлечения экспертов на начальном этапе при составлении шаблонов поиска;
- необходимость перепроверки экспертами шаблонов поиска при внесении изменений в исходные тексты исследуемого программного обеспечения.

В ходе анализа бинарных вставок было установлено, что даже для одного языка программирования содержание и синтаксис оформления бинарных вставок отличаются существенным многообразием, а используемые типы данных зачастую не являются стандартными для языка программирования. Вследствие этого дальнейшее усложнение метода поиска, основанного на шаблонных регулярных выражениях, признано нецелесообразным.

Было также отмечено, что для большинства бинарных вставок действует следующее предположение: подмножество элементов алфавита бинарной вставки в несколько раз меньше множества элементов алфавита языка программирования. В частности, для языка

программирования C++ бинарные вставки характеризуются большим количеством последовательно идущих цифр, служебных символов и некоторых букв (при использовании шестнадцатеричной системы счисления), в то время как обычные исходные тексты содержат в основном информацию в виде символов алфавита английского языка. Эти обстоятельства определяют особую актуальность вопроса создания метода поиска бинарных вставок, который, с одной стороны, не требовал бы наличия априорных знаний о вставках и привлечения экспертов на начальном этапе, а с другой стороны, сохранял эффективность поиска в различных условиях с учётом большинства распространённых языков программирования. В основу такого метода можно положить алгоритм, работающий по принципу сбора и обработки статистической информации символов алфавита файла с исходными текстами, реализация которого предполагает выбор оцениваемых параметров и методов их оценки. Типовой алгоритм можно представить в виде, показанном на рисунке 2.

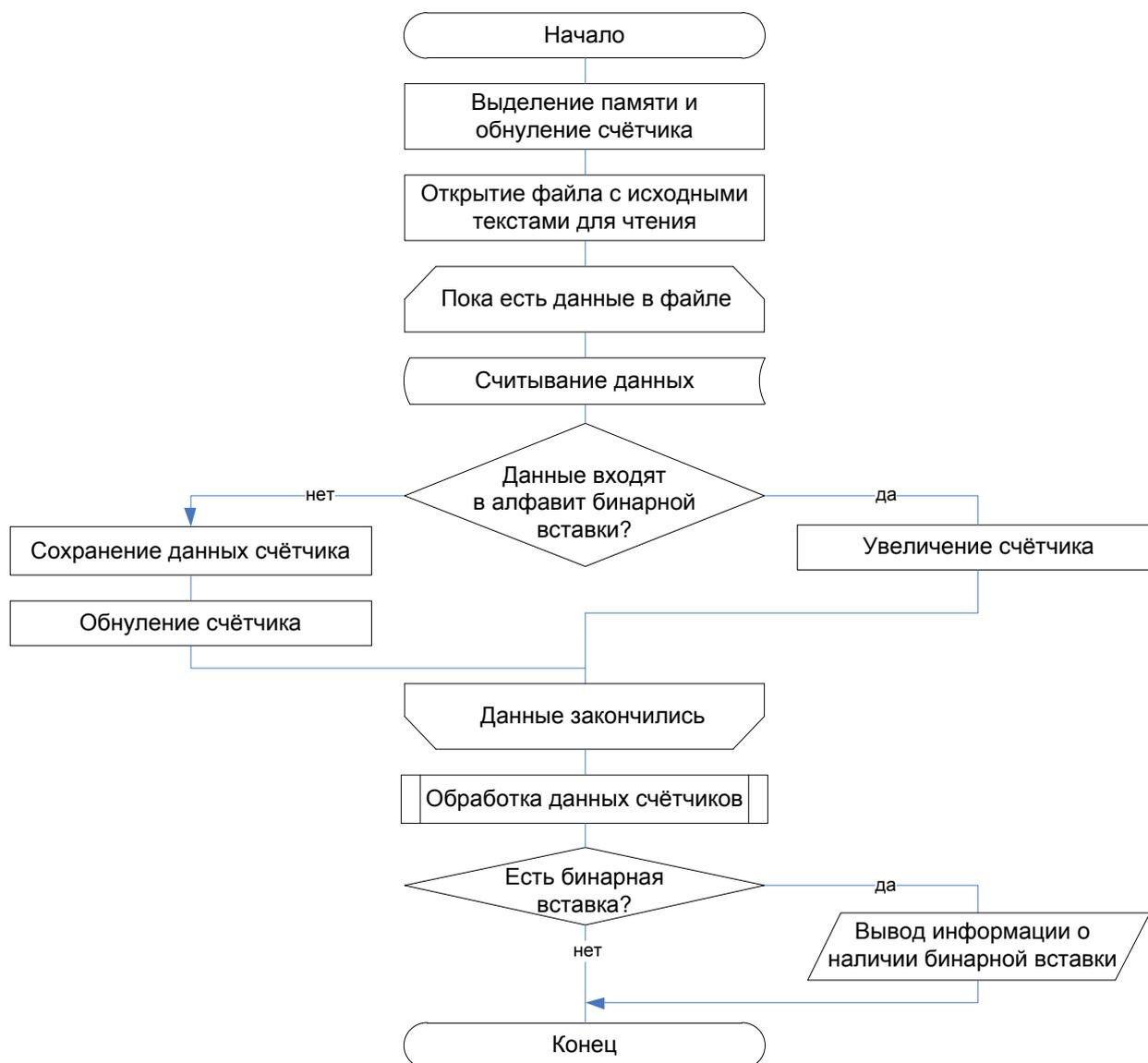


Рисунок 2 – Алгоритм поиска бинарных вставок в исходных текстах

Данный метод предполагает однократное выделение экспертным путём подмножества элементов алфавита бинарных вставок для большинства типичных языков программирования и степень влияния элементов на значение счётчика.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О НАЛИЧИИ БИНАРНОЙ ВСТАВКИ

При решении задачи автоматизации поиска бинарных вставок должны учитываться оцениваемые параметры счётчиков и методы их оценки. Поэтому эффективность метода в основном будет зависеть от оптимальности подобранных параметров и их граничных условий, определяющих наличие или отсутствие бинарных вставок.

Потенциальные возможности метода проверены на исходных текстах ядра операционной системы Linux версии 3.6.8. В процессе тестовых испытаний в качестве параметров были выбраны среднее арифметическое значение счётчиков, а также значение максимального счётчика во всём файле исходных текстов, граничные условия для параметров подобраны экспериментальным путём. Результаты поиска бинарных вставок по заданному алгоритму среди 31823 файлов, входящих в состав исходных текстов ядра, приведены в таблице 1. Объём исходных текстов составляет 436 МБ, время поиска указано для конфигурации Intel Core i5-2500, ОЗУ 8Гб.

Таблица 1 – Результаты поиска бинарных вставок в исходных текстах ядра ОС Linux

Принятое решение	Количество файлов	Ср. ар. значение всех счётчиков	Ср. ар. значение максимальных значений счётчиков	Время поиска
нет	31392	2,567866366	21,0324605	~ 6 минут
есть	431	160,4465	6722,049	

Полученные результаты показывают, что даже с использованием малого набора параметров при правильном подборе граничных условий можно минимизировать вероятности ошибок поиска. В качестве недостатка необходимо отметить достаточно большое количество файлов с исходными текстами, по которым некорректно принято положительное решение о наличии бинарных вставок. Это обусловлено наличием в них больших массивов данных, например, такие массивы встречаются в исходных текстах, описывающих кодовые страницы, алгоритмы контрольного суммирования, шрифты или отдельные части криптоалгоритмов (таблицы замены или подстановки). На данный момент из-за идентичности представления массивов данных и бинарных вставок дальнейший семантический анализ проводится экспертным путём, при этом для рассмотренного примера подмножество анализируемых файлов уменьшено почти на 2 порядка по сравнению с общим количеством файлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложен метод поиска бинарных вставок в исходных текстах программного обеспечения, который позволяет существенно повысить эффективность проведения сертификационных испытаний за счёт автоматизации поиска и снижения трудозатрат экспертов. Достоинство представленного метода заключается в возможности его применения к большому множеству исходных текстов, написанных на различных языках программирования.

Дальнейшее совершенствование предложенного метода будет проводиться в части, касающейся оптимального, возможно, адаптивного выбора параметров поиска и граничных условий принятия решения на основе выбранных параметров, а также оптимизации влияния элементов подмножества алфавита бинарных вставок на значение счётчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководящий документ. Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей. – М.: Гостехкомиссия России, 1999.

2. [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Блоб>.
3. Alexandre Oliva. GNU Linux-libre and the prisoners' dilemma, 2012.
4. Free Software Foundation. Linux Libre <http://www.fsfla.org/ikiwiki/selibre/linux-libre/>.

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: vladimir@orel.ru

Рябокоть Владимир Владимирович

Академия ФСО России, г. Орел

Научный сотрудник

Тел.: 8 910 261 79 78

E-mail: mimicria@mail.ru

V.T. ERYOMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»*)
State University –ESPC, Orel

V.V. RYABOKON' (*Research Associate*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

**AUTOMATION OF SEARCHING BINARY OBJECTS
IN SOFTWARE SOURCE CODE**

The necessity of computer-assisted searching of binary objects (blobs) in software source codes as a part of the certification tests is considered. The current approach to the problem of automation is considered, a method with an algorithm of binary object searching with eliminating the shortcomings of the current approach is proposed. The potential of proposed method applied to a set of Linux kernel source files is shown.

Keywords: *certification tests; source codes; binary objects; computer-assisted searching.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Rukovodyashhij dokument. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Chast' 1. Programmnoe obespechenie sredstv zashhity' informacii. Klassifikaciya po urovnyu kontrolya otsutstviya nedeklarirovanny'x vozmozhnostej. – М.: Gostexkomissiya Rossii, 1999.
2. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Блоб>.
3. Alexandre Oliva. GNU Linux-libre and the prisoners' dilemma, 2012.
4. Free Software Foundation. Linux Libre <http://www.fsfla.org/ikiwiki/selibre/linux-libre/>.

УДК 621.391

А.В. КОРОЛЕВ, С.А. КОРНИЛОВ,
А.М. ГРИГОРЬЕВ**ОБОСНОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ
СЕТЕЙ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

В статье проводится сравнительный анализ двух основных подходов к построению сетей следующего поколения. Первый из них основывается на архитектуре гибкого коммутатора, второй – на архитектуре мультимедийной IP-подсистемы. В результате анализа определяются общие черты и принципиальные различия, достоинства и недостатки каждого из рассматриваемых подходов, а также перспективы их дальнейшего развития. Для обоснования архитектуры сети следующего поколения предлагается методический аппарат для расчета основного оборудования ее типового фрагмента на основе гибкого коммутатора.

Ключевые слова: сеть следующего поколения; гибкий коммутатор; мультимедийная IP-подсистема; управление вызовами.

Идеология NGN предоставляет широкие возможности по реализации необходимых для модернизации сетей доступа, транспортных сетей, средств создания и предоставления услуг, что создает основу для планомерного технического перевооружения сетей связи [1-4].

В настоящее время существует два основных подхода к построению NGN: первый подход базируется на использовании архитектуры гибкого коммутатора (softswitch), второй – на архитектуре мультимедийной IP-подсистемы (IMS – IP Multimedia Subsystem) [5-10]. Поэтому справедливо встает вопрос о том, какой из подходов является более выигрышным при модернизации существующих и построении новых сетей связи на основе принципов NGN.

Если сравнить эти два подхода, то очевидно, что в архитектуре softswitch определена физическая структура (типы оборудования (устройств)), а в IMS более детально проработана функциональная структура (функциональные модули). При этом обе архитектуры имеют трехуровневое деление, причем границы уровней совпадают (рис. 1, 2). Общей является сама идея предоставления всех услуг на базе IP-сети, а также разделения функций управления вызовами и коммутации. Архитектура IMS по своей сути является дальнейшим развитием softswitch, а именно, к уже известным функциям гибкого коммутатора добавляются функции открытого доступа к услугам (OSA – Open Service Access / Parlay) и сервера домашних абонентов (HSS – Home Subscriber Server), что упрощает адаптацию услуг для разных абонентских устройств и предоставление унифицированных услуг.

Несмотря на некоторую внешнюю схожесть обеих архитектур, представленных на рисунках 1 и 2, при более детальном их рассмотрении становится очевидным тот факт, что они идентичны только лишь в архитектурном смысле, а содержание каждой из функций имеет существенные различия. Если в первой архитектуре функции имеют довольно условное деление и описание, то во второй дается довольно точное описание функций и процедур их взаимодействия, а также определены и стандартизированы интерфейсы между функциями системы. Так, например, из описания функции управления вызовами и сеансами (CSCF – Call Session Control Function) в документах IMS видно отличие от аналогичных функций в softswitch.

В архитектуре IMS функция CSCF разделена между несколькими специализированными серверами и включает три основные подфункции:

– P-CSCF (Proху (доступа) CSCF), через которую в систему IMS поступает весь пользовательский трафик;

– I-CSCF (Interrogating (запрашивающая) CSCF), которая представляет собой точку соединения с домашней сетью и обращается к HSS, чтобы найти S-CSCF для конкретного абонента;

– S-CSCF (Serving (обслуживающая) CSCF), которая обрабатывает все SIP-сообщения, которыми обмениваются оконечные устройства.

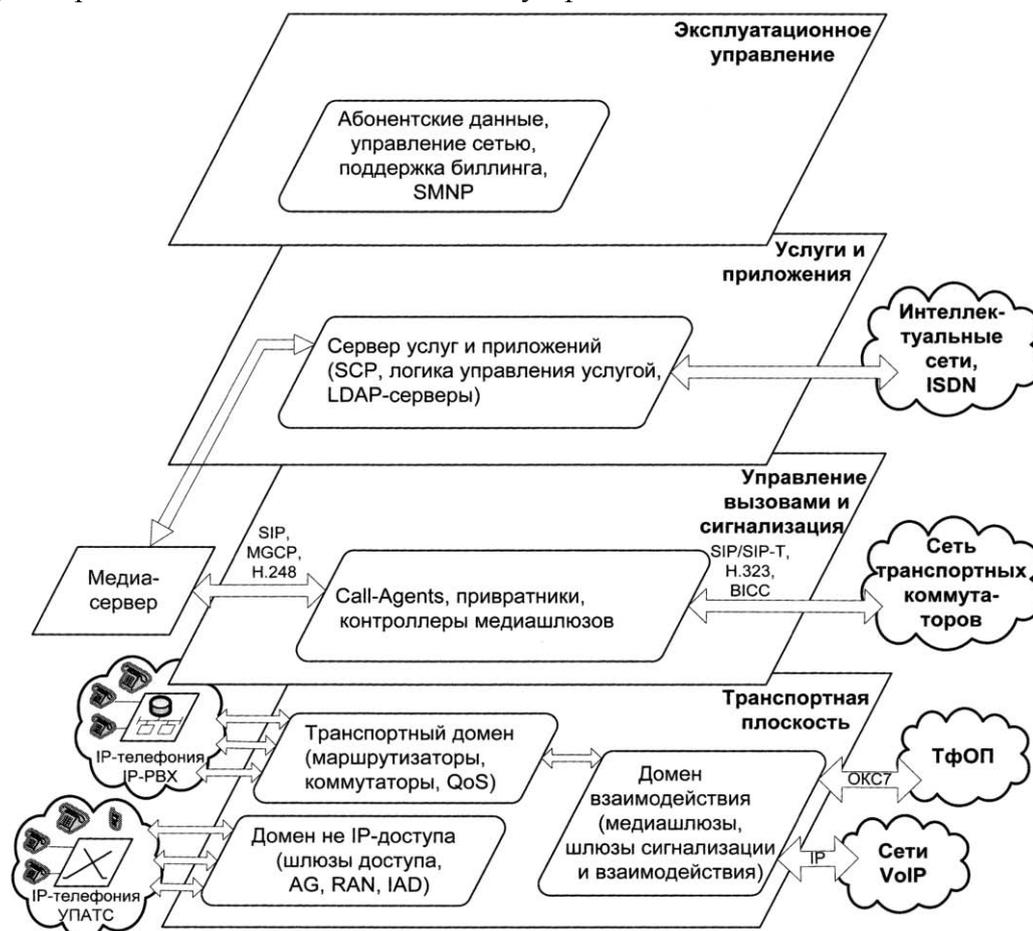


Рисунок 1 – Архитектура гибкого коммутатора:

MGCP (Media Gateway Control Protocol) – протокол контроля медиа-шлюзов; SCP (от англ. secure copy) – протокол копирования файлов; SNMP (Simple Network Management Protocol) – протокол простого управления сетями; SIP (Session Initiation Protocol) – протокол установления сессии; BICC (Bearer Independent Call Control) – протокол управления вызовами; LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) – облегченный протокол доступа к каталогам (упрощенный DAP); AG (Access Gateways) – шлюз для подключения УПАТС, аналоговых кабельных модемов, линий xDSL; RAN – шлюз для мобильной сети радиодоступа стандарта GSM/3G; IAD (Integrated Access Devices) – средства интегрированного абонентского доступа

Платформа IMS является первой стандартной архитектурой, которая поддерживает открытые интерфейсы ко всем данным пользователя. Их наличие позволяет различным серверам приложений использовать информацию об абоненте (например, статус присутствия) совместно. В этой части основным отличием архитектуры IMS от более ранних архитектур NGN, в том числе на основе softswitch, является введение сервера HSS. В этом сервере, являющемся аналогом регистра HLR (регистр положения или домашний регистр) в сетях сотовой связи, размещается база абонентов фиксированного и мобильного сегмента, в которой централизованно хранятся уникальные сервисные профили абонентов, а также информация об оконечном оборудовании. Именно он обеспечивает широкие возможности для внедрения новых инфокоммуникационных услуг на базе архитектуры IMS.

Кроме того, в отличие от архитектуры гибкого коммутатора в IMS достаточно сложной является функциональность уровня приложений, но ключевым моментом здесь является высокая гибкость при создании новых и интеграции с традиционными приложениями. Например, среда пересылки сообщений может интегрировать традиционные свойства телефонного вызова, в частности, обратный вызов и ожидание вызова, с вызовом

сети Internet. Чтобы сделать это, архитектура IMS позволяет запустить множество услуг и управлять транзакциями между ними.

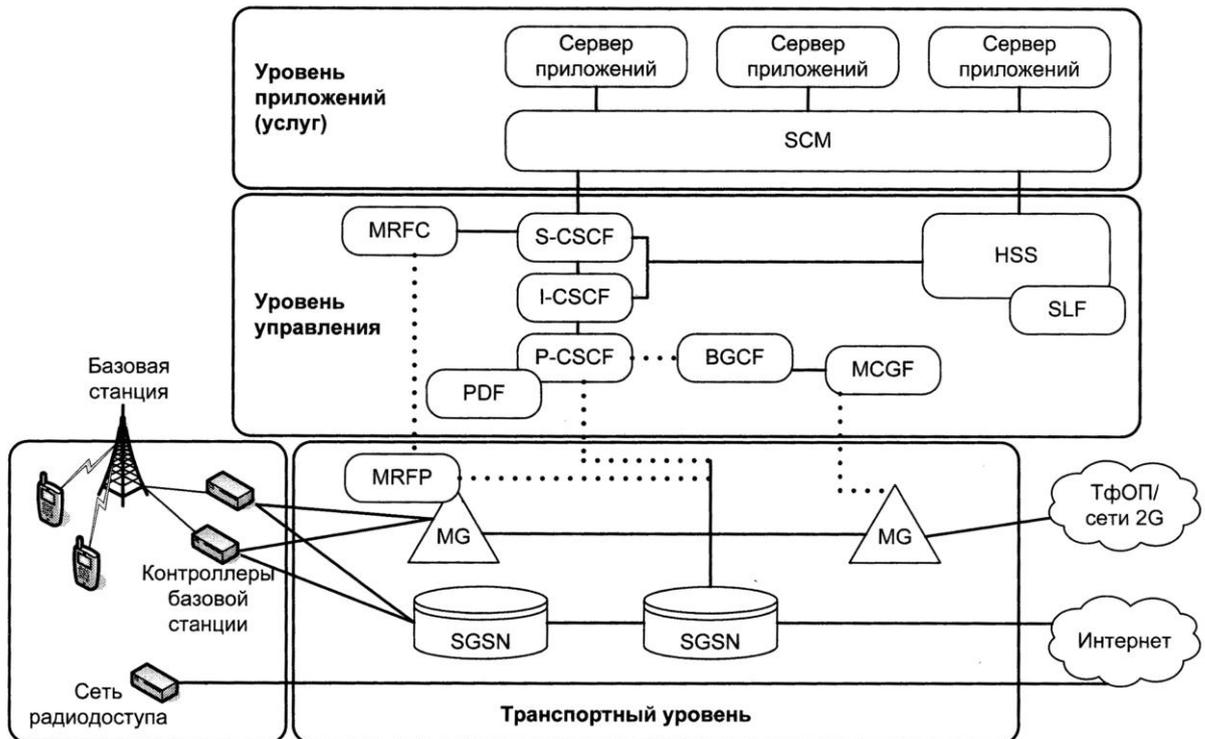


Рисунок 2 – Архитектура мультимедийной IP-подсистемы

MRFP (Multimedia Resource Function Processor) – процессор мультимедийных ресурсов; MRFC (Media Resource Function Controller) – контроллер функции мультимедийных ресурсов MGCF (Media Gateway Control Function) – функция управление медиашлюзами; BGCF (Breakout Gateway Control Function) – функция управления шлюзом взаимодействия с внешней сетью. CSCF (Call Session Control Function) – функция управления вызовами и сеансами; PDF (Policy Decision Function) – функция выбора политики обслуживания и параметров сеанса; SGSN (Serving GPRS Support Node) – узел обслуживания абонентов GPRS; SCIM (Service Capability Interaction Manager) – сервис-брокер управления взаимодействием плоскости приложений и ядра IMS; HSS (Home Subscriber Server) – сервер домашних абонентов; SLF (Subscription Locator Function) – функция определения положения базы данных, содержащей данные конкретного абонента по запросу от модуля I-CSCF или от сервера приложений; MG – транспортные шлюзы

В рамках архитектуры softswitch функции напротив определены достаточно свободно, что позволяет рассматривать IMS как мобильный гибкий коммутатор. Иными словами, расширить возможности гибких коммутаторов для сетей мобильной связи.

Основное различие здесь заключается в самой концепции систем. Гибкий коммутатор – это, в первую очередь, оборудование конвергентных сетей, предназначенное для полного контроля процесса установления любого соединения вне зависимости от того, пользователь какой сети является инициатором этого процесса, и от того, кто будет вызываемым абонентом. Для этого он должен поддерживать все используемые системы сигнализации, обеспечивать взаимодействие между устройствами, работающими по разным протоколам, и одновременно управлять и телефонной сетью (ТФС) с коммутацией каналов (КК), и сетью передачи данных (СПД) с коммутацией пакетов (КП). Однако при этом каждая из этих сетей будет воспринимать гибкий коммутатор по-своему. Для ТФС softswitch будет одновременно пунктом сигнализации ОКС № 7 (SP или STP) и транзитным коммутатором, поддерживающим другие системы сигнализации (E-DSS1, 2BCK, R1,5 и др.), для СПД – устройством управления транспортными шлюзами (MGC) и/или контроллером сигнализации, будет выполнять функции привратника H.323 и функции сервера SIP. Очевидно, что функция управления шлюзами и соответствующие ей протоколы (MGCP/Megaco) являются здесь доминирующими (протокол SIP используется в основном

для взаимодействия двух устройств softswitch или MGC). Такая структура позволяет использовать единый программный интеллект обработки вызовов для сетей различных типов (традиционных, пакетных, гибридных) с разными форматами речевых пакетов и с разным физическим транспортом, что, в свою очередь, дает возможность применять стандартные компьютерные платформы, операционные системы и среды разработки.

IMS проектировалась в рамках сети 3G, полностью базирующейся на IP. Основным ее протоколом является SIP, позволяющий устанавливать одноранговые сессии между абонентами и использовать IMS лишь как систему, предоставляющую сервисные функции по безопасности, авторизации, доступа к услугам и т.д. Функция управления шлюзами (MGCF – Media Gateway Controll Function) и сам медиашлюз здесь лишь средство для связи абонентов 3G с абонентами фиксированных сетей. Причем имеются в виду лишь телефонная сеть общего пользования. Для взаимодействия абонентов 3G с абонентами фиксированных VoIP-сетей, ISDN, других сетей NGN архитектура IMS предусматривает реализацию функции межсетевых шлюзов (Security Gateway Function), которую реализуют пограничные контроллеры сессий (SBC – Session Border Controller).

Также к особенностям IMS относится ориентированность на протокол IPv6. Многие специалисты считают, что популярность IMS послужит толчком к затянувшемуся внедрению шестой версии протокола IP. Но пока это представляет собой некоторую проблему, поскольку сети UMTS поддерживают как IPv4, так и IPv6, в то время как IMS – только IPv6. Поэтому на входе в IMS-сеть необходимо наличие шлюзов, преобразующих формат заголовков и адресную информацию. Эта проблема присуща не только IMS, но и всем сетям на основе IPv6.

Отдельно следует указать на то, что протокол SIP разработан и специфицирован комитетом IETF, но для использования в IMS он был частично доработан и изменен. В результате может возникнуть ситуация, когда при получении запросов SIP или отправке их во внешние сети подфункция S-CSCF может обнаружить отсутствие поддержки соответствующих расширений протокола SIP и/или отказать в установлении соединения, а также обработать его некорректно.

Производители, как правило, делают акцент на нескольких ключевых отличиях IMS от предыдущих конвергентных решений. Для начала специалисты отмечают, что основное преимущество и отличие концепции IMS от других технологий NGN заключается в возможности мультистандартного доступа к услугам, когда одни и те же услуги можно получать при помощи разных сетей доступа – от широкополосной xDSL до Wi-Fi или UMTS. При этом смена сетей доступа происходит незаметно. Для потребителя услуг переход на IMS обеспечит внедрение персонализированных услуг, основанных на передаче речи, текста, графики и видео в любой комбинации, создание новых сервисов, а также объединение и совершенствование существующих.

Ориентированность решений гибких коммутаторов на голосовые услуги перестает отвечать потребностям развивающегося рынка. Сейчас все большим спросом пользуются конвергентные решения, позволяющие развивать сети NGN. Все крупные вендоры заявили о том, что востребованные на сегодняшний день рынком приложения должны реализовываться именно на базе IMS-концепции. По их мнению, архитектура IMS должна решить проблему стыковки сетей. В этой связи на российском рынке сегодня предлагается ряд IMS услуг, в частности, создание конвергированного терминала. Одним из коммерческих приложений является роуминг между фиксированной и мобильной сетями, а также точками доступа Wi-Fi. Еще одно предложение – создание объединенной сети, когда мобильный телефон абонента работает параллельно с телефонным аппаратом на его рабочем столе, в том числе и дома. В этом случае абонент имеет общую адресную книгу, общий файловый обмен при звонках с мобильного и фиксированного терминалов, один и тот же телефонный номер, может выполнять настройки для двух терминалов одновременно. В итоге абонент получает возможность быть постоянно на связи и самостоятельно управлять входящими вызовами, что позволяет контролировать свою доступность.

Одним из неоспоримых достоинств подхода на базе softswitch – это его широкое использование в нашей стране и за рубежом. В настоящее время существует большое количество сетей, получивших развитие на основе этого подхода, мировым сообществом в области телекоммуникаций накоплен значительный опыт по внедрению softswitch-архитектур. Широкая номенклатура поддерживаемых технологий дает возможность подобрать оборудование, наиболее отвечающее требованиям заказчика и позволяющее оптимальным образом взаимодействовать с уже имеющимися сетевыми ресурсами. Softswitch-решения относительно легко масштабируются и адаптируются под нужды как небольших сетевых структур корпоративного сектора, так и крупномасштабных проектов межрегионального оператора. Гибкость архитектуры softswitch позволяет минимизировать первоначальные вложения в сеть NGN, при этом использовать новые сетевые ресурсы сразу по мере установки оборудования.

Несмотря на отмеченные достоинства у решения на базе гибкого коммутатора есть и слабые стороны. Многообразие представленного в данном сегменте рынка оборудования порождает проблему его совместимости. Это также порождает более широкую проблему взаимодействия операторов друг с другом и сводит на нет предусмотренные многими технологиями возможности по обеспечению мобильности пользователя и мобильности услуг. Системы управления сетью большинства производителей оборудования являются фирменными, не всегда корректно и полноценно работают с оборудованием сторонних поставщиков при его интеграции в сеть оператора, поскольку имеются отличия не только в реализации, но и в функциональности многих систем.

Подход на базе подсистемы IMS, напротив, выгодно отличается наличием стандартов, которые дают возможность иметь единообразные и потому способные эффективно взаимодействовать сети. При этом частично сглаживаются проблемы совместимости оборудования, поскольку взаимодействие функциональных модулей регулируется стандартами. Новый подход к предоставлению услуг обеспечил роуминг услуг через различные виды доступа мобильных и фиксированных сетей, что позволяет оператору получить дополнительную прибыль. Использование в проводных сетях NGN и мобильных сетях 3G единообразной системы IMS позволяет обеспечить в перспективе реальную конвергенцию фиксированных и мобильных сетей. Эта идея все больше набирает популярность по всему миру, подтверждением чему является постоянное увеличение участников международного объединения крупнейших операторов связи FMCA (Fixed-Mobile Convergence Alliance).

Проблемы, которые возникнут при применении подхода IMS, пока не так просто сформулировать, ведь нет достаточного опыта реализации, однако вряд ли стоит надеяться на их отсутствие. Конечно, с точки зрения глобальной сети в подходе IMS более предпочтительно выглядит продуманная архитектура, а не просто завязанное на устройство управления решение, каким представляется подход на базе гибкого коммутатора. Но в настоящее время достаточно сложно однозначно определить, нужен ли всем подход IMS. А вот сети NGN на базе гибкого коммутатора – уже вполне привычное решение на сетях операторов связи ЕСЭ России.

Таким образом, оба подхода, по сути, имеют одну и ту же уровневую структуру. Как в том, так и в другом случае необходим единый мультисервисный абонентский доступ и единый IP-транспорт, акцент делается на услуги для абонента, поэтому при выборе стратегии построения NGN необходимо исходить, прежде всего, из планируемого набора услуг. Несмотря на то, что технология IMS продвигается производителями и отраслевыми консорциумами как способ решения целого ряда проблем современных телекоммуникаций, пока можно говорить лишь о ее тестовой эксплуатации. Поэтому сегодня еще не рекомендуется строить сети для предоставления базовых услуг на основе технологии IMS. Есть гораздо более отработанные пакетные технологии фиксированных и мобильных softswitch, которые позволяют реализовать основные задачи, а в дальнейшем становятся ресурсами IMS. Архитектурное подобие позволяет строить и те, и другие сети, используя

общее оборудование, отличаться будет лишь программное обеспечение этого оборудования либо только некоторые элементы систем. Это еще не IMS сети, но существует возможность их плавного перехода в комплексное решение IMS.

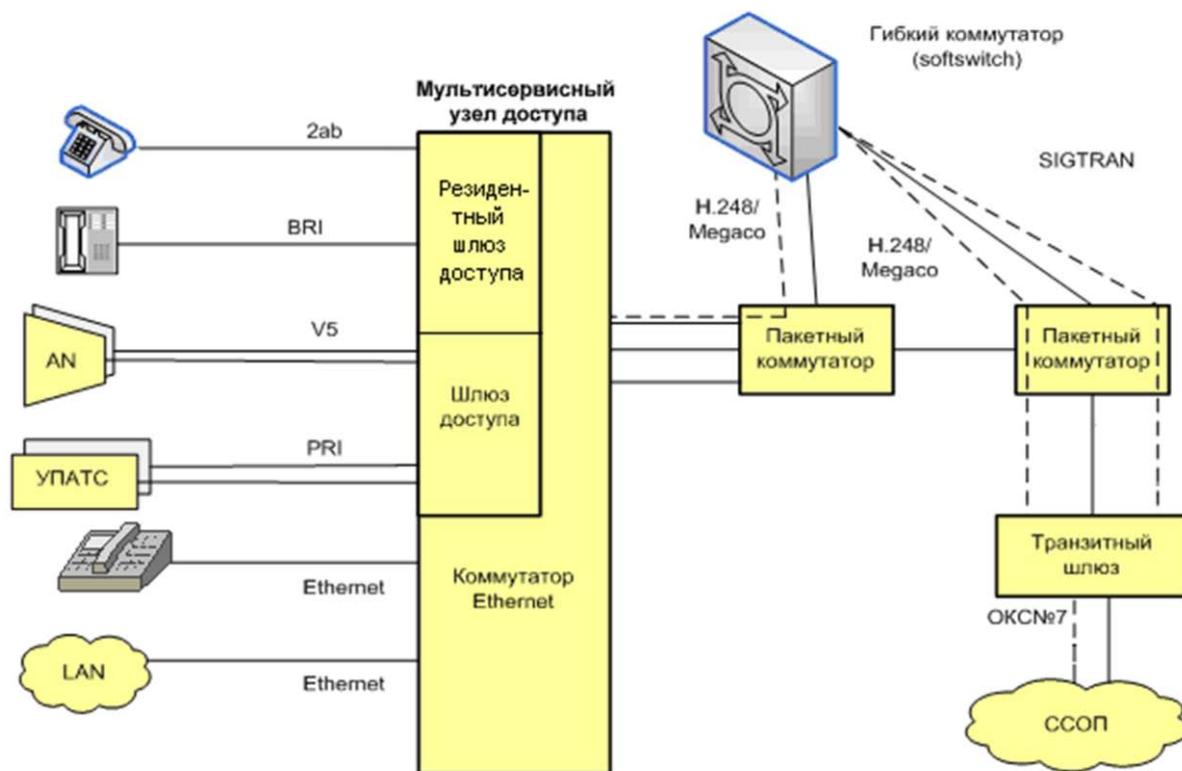


Рисунок 3 – Фрагмент сети следующего поколения на основе Softswitch

С учетом известных подходов к изучению NGN [8–10] разработаны методика анализа и алгоритм оптимизации архитектуры сети следующего поколения, построенной на основе технологии softswitch. Фрагмент такой сети представлен на рисунке 3. Решение задачи с использованием разработанного научно-методического аппарата предполагает выполнение последовательности следующих основных шагов (рис. 4):

Шаг 1. Формирование и ввод исходных данных (ИД). Множество используемых ИД включает количество и деление пользователей по категориям, структурные параметры систем распределения информации, параметры входной нагрузки, пропускные способности направлений связи, требования к качеству обслуживания вызовов и затратам.

Шаг 2. Расчет нагрузок на мультисервисный узел доступа и транзитный шлюз.

Шаг 3. Расчет общей интенсивности вызовов, поступающих на гибкий коммутатор от источников всех типов услуг (категорий).

Шаг 4. Определение нижнего предела производительности гибкого коммутатора по обслуживанию потока вызовов с полученной интенсивностью.

Шаг 5. Расчет транспортного ресурса для передачи сигнальной информации, необходимого softswitch для обслуживания вызовов в инфраструктуре абонентского концентратора при подключении к пакетной сети связи общего пользования.

Шаг 6. Расчет суммарного транспортного потока мультисервисного узла доступа, к которому подключаются все типы источников нагрузки.

Шаг 7. Расчет суммарного транспортного потока транзитного шлюза для подключения к пакетной сети связи общего пользования.

Шаг 8. Проверка соответствия полученных результатов расчета заданным требованиям. Если достигаемые значения показателей не соответствуют нормам, то рассматривается возможность корректировки ИД (например, увеличения затрат ресурсов, изменения количества категорий пользователей или перераспределения их численного состава и т.д.).

Последовательность шагов может повторяться необходимое количество раз в зависимости от характера решаемой задачи исследования, исходя из практических соображений с проверкой выполнения указанных выше требований. В результате многомерного зондирования в пространстве варьируемых параметров определяется наиболее приемлемое в рассматриваемых условиях решение. После нахождения такого решения могут делаться различные акценты, например, поиск пути к снижению затрат сетевых ресурсов или стоимости оборудования, обеспечение резерва сетевых ресурсов в определенных направлениях связи и т.д.

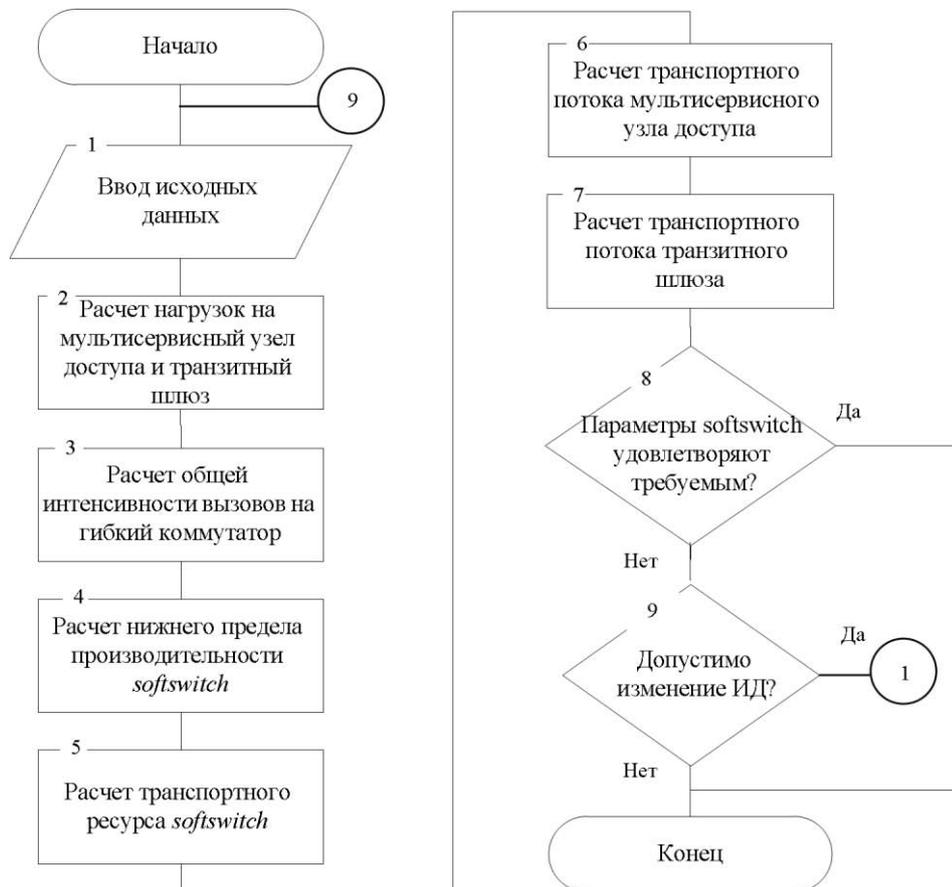


Рисунок 4 – Основные шаги обоснования архитектуры сети следующего поколения на основе гибкого коммутатора

Применение разработанного научно-методического аппарата не гарантирует получения глобально-оптимального решения. Тем не менее, он дает возможность исследовать различные варианты построения и возможности сетей следующего поколения, подойти к определению их основных структурно-функциональных характеристик строго, то есть научно обосновать их. Получаемый при этом результат, как показывают многочисленные исследования и моделирование, практически всегда оказывается приемлемым для практики.

ВЫВОДЫ

Предлагаемый научно-методический аппарат позволяет численно определить требования к наиболее значимым характеристикам softswitch, а значит, научно обосновать решение по выбору класса гибкого коммутатора, типов и объема его основного оборудования для построения сети следующего поколения. В дальнейшем авторами предполагается совершенствовать методику и алгоритм для учета особенностей архитектуры IMS. Также планируется доведение результатов исследования до программной реализации, что позволит применить их для обоснования принимаемых решений на этапах планирования

и эксплуатации сетей следующего поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. – М.: Министерство связи РФ, 2001. – 34 с.
2. РТМ «Принципы построения мультисервисных местных сетей электросвязи», 2005.
3. РТМ «Модернизация сетей доступа», 2005.
4. РД 45.433-2002 «Оборудование связи, реализующее функции гибкого коммутатора (softswitch). Технические требования» // Министерство связи РФ, 2002.
5. Яновский Г.Г. IP Multimedia Subsystem: принципы, стандарты и архитектура // Вестник связи, 2006. – № 3. – С. 71-76.
6. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Softswitch. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2006. – 366 с.
7. Шалагинов А.В. Что такое конвергентная сеть и как к ней перейти? // Сети и системы связи, 2007. – № 14.
8. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN. – М.: Эко-Трендз, 2009. – 424 с.
9. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.
10. Битнер В.И., Михайлова Ц.Ц. Сети нового поколения – NGN: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 226 с.

Королев Александр Васильевич

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры

Корнилов Сергей Алексеевич

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 920 805 47 45
E-mail: korsar-89@bk.ru

Григорьев Алексей Михайлович

Академия ФСО России, г. Орел
Курсант

A.V. KOROLYOY (Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Department)

S.A. KORNILOV (Employee)

A.M. GRIGOR'EV (Student)

Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

JUSTIFICATION OF NETWORK ARCHITECTURE NEXT GENERATION

The article presents a comparative analysis of the two main approaches to the construction of next-generation networks. The first of them is based on a flexible switch architecture, the second – on the architecture of a multi-media IP-subsystem. The analysis determined on the similarities and fundamental differences, advantages and disadvantages of each of these approaches, as well as prospects for their further development. To justify next generation network architecture is proposed methodological apparatus for calculating the main equipment of its typical fragment in a flexible switch.

Keywords: next generation network; flexible switch; the multimedia IP-subsystem; management challenges.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Konceptual'ny'e polozheniya po postroeniyu mul'tiservisny'x setej na VSS Rossii. – М.: Ministerstvo svyazi RF, 2001. – 34 s.
2. RTM «Principy' postroeniya mul'tiservisny'x mestny'x setej e'lektrosvyazi», 2005.

3. RTM «Modernizaciya setej dostupa», 2005.
4. RD 45.433-2002 «Oborudovanie svyazi, realizuyushhee funkcii gibkogo kommutatora (softswitch). Texnicheskie trebovaniya» // Ministerstvo svyazi RF, 2002.
5. Yanovskij G.G. IP Multimedia Subsystem: principy, standarty i arkhitektura // Vestnik svyazi, 2006. – № 3. – S. 71-76.
6. Gol'dshtejn A.B., Gol'dshtejn B.S. Softswitch. – SPb.: BXV-Sankt-Peterburg, 2006. – 366 s.
7. Shalaginov A.V. Chto takoe konvergentnaya set' i kak k nej perejti? // Seti i sistemy svyazi, 2007. – № 14.
8. Roslyakov A.V. Seti sleduyushhego pokoleniya NGN. – M.: E'ko-trendz, 2009. – 424 s.
9. Semyonov Yu.V. Proektirovanie setej svyazi sleduyushhego pokoleniya. – SPb.: Nauka i texnika, 2005. – 240 s.
10. Bitner V.I., Mixajlova C.C. Seti novogo pokoleniya – NGN: uchebnoe posobie dlya VUZov. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2011. – 226 s.

УДК 004.732

А.А. ЛЯКИШЕВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В МОДУЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АСУ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассматривается математическая модель процессов информационного обмена в модульных структурах систем сбора и обработки данных, базирующаяся на теории конечных автоматов с предикатами в виде булевых переменных и отличающаяся правилами формализации их состояний.

Ключевые слова: математическая модель; мультисервисная сеть; конечный автомат.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития телекоммуникационных систем одним из самых интересных направлений их развития является разработка и создание мультисервисных сетей связи (МСС). Их применение позволяет повысить качество предоставляемых услуг и обеспечить конечных пользователей большим числом предоставляемых сервисов.

Применение мультисервисных сетей в информационной системе газотранспортных предприятий (ГТП) может повысить эффективность, надёжность и скорость информационного взаимодействия между их структурными подразделениями. Особое значение это имеет для модульных структур систем сбора и обработки данных АСУ ГТП.

Математическое описание функционирования современных МСС определяется стохастическим характером нагрузки, передаваемой в сетях, а также их недетерминированной обработкой в узлах коммутации и каналах связи. Это определяет использование моделей теории массового обслуживания для описания и моделирования нагрузок в сетях передачи данных (СПД). Кроме этого, существующие в настоящий момент телекоммуникационные сети, предназначенные для объединения большого количества разнородных пользователей, в основном имеют достаточно сложную структуру и предназначены для решения нескольких классов задач, каждый из которых характеризуется своими особенностями [1]. Быстрая смена технологий в области построения локальных и глобальных СПД, а также изменение информационных потребностей пользователей приводит к созданию весьма сложных гетерогенных сетевых структур, что приводит к повышению влияния реляционных и структурных аспектов на производительность сетей и качество удовлетворения пользовательских потребностей. В связи с этим традиционные математические модели, используемые при описании мультисервисных сетей передачи данных, либо имеют ограниченные области применения, либо дают приближенный результат.

Одним из основных подходов к проектированию МСС является использование методологии многовариантной интеграции [2,3], позволяющей синтезировать оптимальные варианты сетевых структур в условиях большого количества различных компонентов и системных связей между ними. Многовариантная интеграция позволяет достичь качества и эффективности работы создаваемой сети за счет согласованного выбора вариантов на различных уровнях выполнения проекта.

Учет системных связей, существенно влияющих на характеристики передачи данных, кардинально меняет подход к математическому описанию МСС, повышая применимость методов, направленных на имитационное моделирование, использование алгоритмов на основе экспертной информации, а также на исследование сетей на основе системного подхода.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Системный подход при разработке моделей СПД, базирующийся как на тематическом описании телекоммуникационных систем, так и на базе моделирования и анализа статистической информации, является в настоящее время одним из наиболее мощных инструментов исследования информационных телекоммуникационных систем (ИТС). Исходные данные для моделирования сложных телекоммуникационных систем делятся на:

- фактографические данные, описывающие какое-либо состояние системы;
- операционные данные, описывающие причинно-следственные закономерности функционирования системы.

Получение каких-либо характеристик телекоммуникационной системы в процессе ее моделирования может осуществляться следующими способами:

- на основе методов теории массового обслуживания с помощью расчетных формул (в этом случае говорят об аналитическом моделировании);
- с использованием различных методов имитационного моделирования.

С точки зрения теории систем практически любую сложную систему можно определить, как целенаправленную структурированную систему с поведением:

$$F = (S, M, f), \quad (1)$$

где S – структура системы, M – маска системы, f – функция поведения системы.

При этом целью функционирования ИТС является удовлетворение всех информационных потребностей пользователей с наибольшим качеством обслуживания. При этом в самом неблагоприятном случае система также должна обеспечивать качество обслуживания для всех пользователей в соответствии с определенными гарантиями. Степень соответствия системы ее цели определяется характеристической функцией:

$$\omega: \chi * \chi \rightarrow [0,1], \quad (2)$$

где χ – множество систем, отличающихся свойствами.

В качестве свойств при формировании аналитической модели ИГС обычно берутся следующие группы показателей:

- структура моделируемой системы;
- технические характеристики объектов системы;
- характеристики производительности узлов ИТС;
- характеристики отдельных потоков данных;
- сценарные условия, имитирующие различные режимы функционирования системы.

При этом в качестве допущений обычно принимается следующее:

- данные передаются абсолютно достоверно и без искажений;
- потоки данных и дисциплины обработки информации описываются распределениями, которые можно легко выразить аналитически;
- работа обслуживающего персонала ИТС сводится только к штатным операциям.

Обычно с помощью аналитических моделей оцениваются следующие показатели [3]:

- среднее время передачи информации через сеть;
- среднее время реакции системы;
- среднее время сбора периодической информации от всех абонентов;
- узкие места системы по факту длительности пребывания сообщений либо по факту наибольшего числа отказов в обслуживании.

Создание имитационных моделей ИТС базируется на алгоритмическом описании функционирования телекоммуникационной системы. Известно, что наиболее удобный и эффективный способ описания параллельных взаимодействующих процессов – это событийный подход. В рамках событийного подхода функционирование системы трактуется как последовательность ее реакций на несущественные события. Эти реакции подвергаются

непосредственному алгоритмическому описанию, причем причинно-следственные связи между существенными событиями описываются средствами математической логики, а также с помощью временных фазовых переменных. С математической точки зрения имитационная модель ИТС представляет собой сеть абстрактных автоматов, каждый из которых описывает определенный тип реакции системы на существенные события [4, 5].

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Формализацию поведения моделируемой системы целесообразно осуществлять в классе конечных абстрактных автоматов [6]. Конечный автомат, являясь формальной семантикой моделирующего алгоритма, вычисляет функцию вида:

$$\tau: Z * \bigvee_{i \leq m} X_i \rightarrow \bigoplus_{j \leq p} Y_j * Z, \quad (3)$$

где Z – память автомата, m – число типов входных сигналов x автомата, p – число типов выходных сигналов автомата, так что X_i и Y_j – множества входных сигналов типа- i и выходных сигналов типа- j соответственно.

Предполагается, что $X_i \cap X_k = Y_j \cap Y_h = \emptyset$ при $i \neq k, j \neq h$.

Рассматриваемая функция в общем случае частичная, она ставит в соответствие состоянию памяти z память автомата $z \in Z$, получающего входной сигнал x , $x \in X = \bigvee_{i \leq m} X_i$, новое состояние памяти $z' \in Z$ и несколько выходных сигналов $\{y_i\}$ попарно-различных типов, то есть $\tau(z, x) = \{y_i\}, z'$. Как уже отмечалось, она задается в форме многозначной функциональной логической шкалы:

$$\tau(z, x) = \bigvee_{i \leq m} S_i(x) R_j(z, x), \quad (4)$$

где $S_i(x)$ – одноместный предикат-селектор, идентифицирующий сигналы типа- j , $R_j(z, x)$ – формальное описание реакции системы на событие- i .

В свою очередь, реакция задается R_i также в форме логической шкалы:

$$R_i(z, x) = \bigvee_{k \leq K} P_{i,k}(z, x) \tau_{i,k}(z, x), \quad (5)$$

где $P_{i,k}(z, x)$ – двухместный предикат, задающий разбиение множества Z в зависимости от типа события – i , т.е. для разных i разбиения $Z = \bigvee_{k \leq K} Z_{i,k}$ различны, $\tau_{i,k}(z, x)$ – элементарные автоматы вида:

$$\tau_{i,k}: Z_{i,k} * X_i \rightarrow \bigoplus_{j \leq p} Y_j * Z, \quad (6)$$

которые описывают реакции объекта моделирования в зависимости от типизации, как события, так и состояния этого объекта. Окончательно получаем:

$$\tau(z, x) = \bigvee_{i \leq m} S_i(x) \bigvee_{k \leq K} P_{i,k}(z, x) \tau_{i,k}(z, x). \quad (7)$$

Приведенная аналитическая форма конечного автомата допускает удобную графическую интерпретацию в виде двухъярусного дерева. Однако на практике число ярусов древовидной конструкции автомата определяется удобством конструктора и, как правило, превышает два [7]. При этом на верхних ярусах дерева описываются наиболее существенные фрагменты поведения системы, а на нижних – более тонкие, детальные.

Следует также отметить, что для имитационных моделей потоки сообщений могут быть как детерминированными, так и случайными, с произвольными законами распределения [5, 8].

Исходные данные, накапливаемые в ходе проектирования или исследования ИТС, на ранних стадиях могут содержать различные неясности, пробелы или противоречия. Все это сказывается на качестве моделирующих алгоритмов, снижая адекватность конструируемой

модели. Более того, модель может быть вообще неработоспособна. Поэтому перед тем, как переходить к вычислительным экспериментам, необходимо провести формальные тесты с целью проверки функциональной корректности модели.

Имитационная модель телекоммуникационной системы представляет собой сеть моделирующих алгоритмов, конструируемых по событийному принципу. Формально такая сеть задается совокупностью моделирующих алгоритмов и схемой их сопряжения R . Каждый такой алгоритм M вычисляет функцию автоматного вида:

$$f(M): Z * Z \rightarrow Y * Z, \quad (8)$$

где Z – множество состояний фрагмента системы, X – множество его входов, Y – множество выходов.

В математической трактовке о задаче определения решения $z=R(x)$ из метрического пространства Z (с расстоянием p) по исходным данным x из метрического пространства X (с расстоянием d) говорят как о корректной, если выполнены три условия:

- для всякого $x \in X$ существует решение $z = R(x) \in Z$;
- решение однозначно, т.е. R – функция;
- задача устойчива на пространстве (Z,X) , что означает: для всякого $\varepsilon > 0$

существует такое $\delta = \delta(\varepsilon) > 0$, что для любых $x_1, x_2 \in X$ и неравенства $\mu(x_1, x_2) \leq \delta(\varepsilon)$ следует неравенство $p(z_1, z_2) \leq \varepsilon$, где $z_1 = R(x_1)$, $z_2 = R(x_2)$.

Основное соображение, аргументирующее целесообразность выделения корректных задач, состоит в возможности и естественности приближенных методов их решения. Поскольку имитационное моделирование как раз и является приближенным методом исследования реальных или проектируемых объектов, то требование корректности следует считать вполне уместным и для него.

Определение функциональной корректности сетей абстрактных автоматов является частным случаем общематематического определения корректности по Адамару. Функциональность соответствия R означает не что иное, как то, что сеть автоматов вычисляет функцию автоматного вида.

Что касается третьего условия корректности по Адамару, т.е. устойчивости решения по исходным данным, то оно должно быть отнесено уже не к сети автоматов, лишенной метрических структур, а к непрерывности вычисляемой ею функции при условии, что эта функция определена на метрических структурах. Для имитационного моделирования это не всегда имеет место, поэтому условие непрерывности не является обязательным.

Любая сеть автоматов может быть преобразована к так называемой сети общего вида, изображенной на рисунке 1.

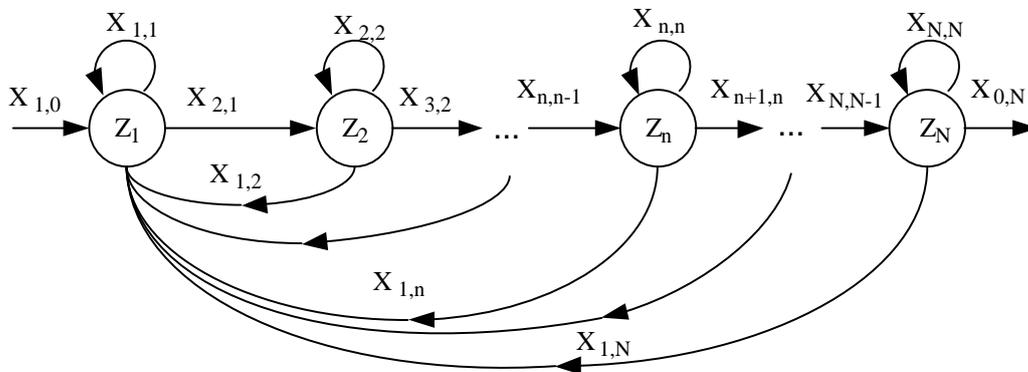


Рисунок 1 – Сеть общего вида из N автоматов

Необходимым условием корректности такой сети является совместность параметрической системы функциональных уравнений:

$(z, x_{1,0}) \in \prod_{n=1}^N Z_n * X_{1,0}$ неподвижной точки соответствующего параметрического

отображения в себя пространства внутренних сигналов сети X . Достаточное условие корректности состоит в единственности этой неподвижной точки. Действительно, если для каждого значения параметров неподвижная точка единственна, то это гарантирует существование и единственность функции Φ , ставящей в соответствие каждому значению параметров соответствующую ему неподвижную точку.

$$\Phi: \prod_{n=1}^N Z_n * X_{1,0} \rightarrow X. \quad (12)$$

Функция Φ в теории автоматов называется функцией согласования автоматов в сети или просто функцией согласования. При заданной функции согласования Φ существует и единственная автоматная функция, вычисляемая сетью:

$$\mu(\Phi): \prod_{n=1}^N Z_n * X_{1,0} \rightarrow Y_{N,0} * \prod_{n=1}^N Z_n. \quad (13)$$

Заметим, что у автомата, эквивалентного сети, память совпадает с $\prod_{n=1}^N Z_n$, входом его является множество $X_{1,0}$, а выходом – множество $Y_{N,0}$. Функция $\mu(\Phi)$ вычисляется следующим образом. Если $\Phi(z_n, \dots, z_N, x_{1,0}) = (x_{1,1}, \dots, x_{1,N}, x_{2,1}, \dots, x_{N,N}) \in X$, то компонентная запись функции имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} y_{N,0} &= pr_{yN}^0 \cdot f_N(z_N, z_{N,N-1}, x_{N,N}) \\ z'_1 &= pr_{z1} \cdot f_1(z_1, z_{1,0}, x_{1,N}); n = 2, \dots, N \\ z'_n &= pr_{zn} \cdot f_n(z_n, z_{n,n-1}, x_{n,n}); \end{aligned} \quad (14)$$

Если неподвижная точка не единственная, то функция Φ превращается в точечно-множественное отображение, и ситуация с функционированием сети автоматов усложняется. Здесь требуется провести дополнительное обследование объекта автоматизации с целью уточнения исходных данных, полученных на предыдущем этапе обследования. В процессе уточнения исходных данных следует разобраться в принципиальной проблеме: является ли нефункциональный характер отображения Φ результатом грубой ошибки на этапе формализации описания функционирования объекта, то есть результатом неадекватности модели, либо, напротив, неоднозначность отображения Φ внутренне присуща, имманентна объекту моделирования, то есть поведение системы является непредсказуемым. Разумеется, что проектировать телекоммуникационные системы такого типа нецелесообразно, поэтому для такой системы конструируют по неоднозначному отображению Φ функцию согласования автоматов, которая как бы навязывает сети свой однозначный закон функционирования. Очевидно, что у проектировщика в данной ситуации возникает естественная возможность выбора той из функций согласования, которая является наиболее подходящей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При практическом применении результатов теории в системном моделировании для отображения структуры модели обычно используется класс конечных абстрактных автоматов. Для упрощения решения проблемы корректности, которая довольно сложна в общем виде, используется механизм введения конечной задержки. Определяя в соответствии с задачей моделирования некоторый характерный масштаб времени, всеми достаточно мелкими по этому масштабу задержками пренебрегают, что порождает в сетях автоматов

мгновенные цепные реакции. Однако если масштаб пренебрежения выбран удачно, то мгновенные реакции затрагивают только отдельные фрагменты сети, более простые, чем сама сеть. Чем меньше масштаб, тем мельче фрагменты, на которые распадается функционирующая сеть, и тем легче анализ корректности, но тем сложнее конструирование модели. Таким образом, для сетей конечных автоматов проблема функциональной корректности решается, во-первых, более простым способом за счет перехода к локальному анализу отдельных фрагментов сетей, во-вторых, системы функциональных уравнений решаются на основе анализа причинно-следственных отношений в этих фрагментах.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании модульных структур информационного обмена в системах сбора и обработки данных АСУ ГТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина и др. // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1 – С. 78-84.
2. Клейнрок Л. Коммуникационные сети: пер. с англ. – М: Наука, 1975. – С. 127-128.
3. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.
4. Кравцов А.С. Концептуальный подход к задаче синтеза структуры информационно-телекоммуникационной сети / А.С. Кравцов, А.А. Рындин, А.В. Хаустович // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах. Межвузовский сборник научных трудов. – Воронеж: ВГТУ, 2000. – С. 107-116.
5. Еременко В.Т. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Плащенков, Д.А. Краснов, С.А. Черепков, А.Е. Георгиевский // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6. – С. 114-119.
6. Еременко В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, С.А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.
7. Еременко В.Т. Рекурсивный алгоритм оценки минимальной величины канального ресурса в сети передачи данных / В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков, Д.А. Краснов // Информационные системы и технологии, 2012. – № 4. – С. 97-102.
8. Еременко В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.

Лякишев Александр Александрович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 919 777 06 64

E-mail: stiplchez@list.ru

A.A. LYAKISHEV (*Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

MODELING OF INFORMATION PROCESSES EXCHANGE IN MODULAR STRUCTURES OF DATA COLLECTION AND PROCESSING SYSTEMS ACS GAS TRANSPORTATION COMPANY

In this paper authors consider a mathematical model of the processes of information exchange in the modular structure of data collection and data processing, which is based on the theory of finite state machines with predicates in the form of Boolean variables, and differing rules formalizing their states.

Keywords: *analytical model; wireless network; bandwidth.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eryomenko V.T. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirovaniya resursov / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina i dr. // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2012. – № 1 – S. 78-84.
2. Klejnrok L. *Kommunikacionny'e seti: per. s angl.* – M: Nauka, 1975. – S. 127-128.
3. Eryomenko V.T., Afonin S.I. Sozdanie teoreticheskix osnov avtomatizacii i postreniya texnologicheskoy sostavlyayushhej ASU territorial'no raspredelyonny'x predpriyatij // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2012. – № 2. – S. 99-105.
4. Kravczov A.S. Konceptual'ny'j podxod k zadache sinteza struktury' informacionno-telekommunikacionnoj seti / A.S. Kravczov, A.A. Ry'ndin, A.V. Xaustovich // *Optimizaciya i modelirovanie v avtomatizirovanny'x sistemax. Mezhvuzovskij sbornik nauchny'x trudov.* – Vronezh: VGTU, 2000. – S. 107-116.
5. Eryomenko V.T. Reshenie zadach upravleniya setevy'mi resursami v usloviyax dinamicheskogo izmeneniya konfiguracii besprovodnoj seti ASUP / V.T. Eryomenko, D.V. Anisimov, D.A. Plashhenkov, D.A. Krasnov, S.A. Cherepkov, A.E. Georgievskij // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2012. – № 6. – S. 114-119.
6. Eryomenko V.T. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovmestimy'x c neblokiruemoj marshrutizaciej / V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, S.A. Cherepkov // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij*, 2012. – № 4. – S. 38-46.
7. Eryomenko V.T. Rekursivny'j algoritm ocenki minimal'noj velichiny' kanal'nogo resursa v seti peredachi danny'x / V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov, D.A. Krasnov // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2012. – № 4. – S. 97-102.
8. Eryomenko V.T. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eryomenko, S.V. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2013. – № 1. – S. 106-112.

М.Н. ГОРЮНОВ, В.Т. ЕРЁМЕНКО,
А.Л. ЕРШОВ, А.Г. МАЦКЕВИЧ

**РАСПОЗНАВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ИСХОДНЫХ ТЕКСТОВ**

В статье рассмотрена процедура обучения системы распознавания функциональных объектов программного обеспечения в условиях отсутствия исходных текстов.

Ключевые слова: недеklarированные возможности; функциональный объект; синтаксическое распознавание образов.

Эволюционный рост сложности и динамичности ИТ-продукции показал не только неотвратимость, но и гиперсложность оценки её соответствия требованиям по безопасности информации. Несмотря на усилия разработчиков, проблема безопасности программных систем не получила своего окончательного решения: число критических уязвимостей не уменьшается, а процесс анализа кода становится чрезвычайно сложной задачей, которую необходимо решать в рамках периода жизненного цикла программной системы [1]. В настоящее время основу большинства современных российских информационно-телекоммуникационных систем составляют программно-аппаратные средства импортного производства, которые, как правило, поставляются без полного набора исходных текстов программ. Гарантии доверия к данным средствам могут быть достигнуты только после проведения соответствующих тематических исследований их программного обеспечения. Одной из задач таких исследований является проверка соответствия функциональных объектов, реализующих стандартизированные алгоритмы (алгоритмы сжатия информации, криптографические алгоритмы и т.д.), заявленные разработчиком, их спецификациям. Под функциональными объектами (ФО) понимаются элементы программы, осуществляющие выполнение действий по реализации законченного фрагмента алгоритма программы [2]. Другой задачей тематических исследований является проверка на отсутствие в программном обеспечении недеklarированных возможностей. Ими, например, может быть реализация незаявленных разработчиком сетевых протоколов, алгоритмов криптографических преобразований информации и т.д. То есть практически задача исследования в данном случае частично сводится к поиску недеklarированных разработчиком функциональных объектов.

Значительная часть времени при исследовании программного обеспечения (ПО) в условиях отсутствия исходных текстов уходит на поиск в исполняемых модулях участков кода, реализующих недеklarированные разработчиком алгоритмы, либо ФО, корректность реализации которых необходимо проверить. Кроме этого, возможна ситуация, когда специалист-исследователь может так и не обнаружить необходимый ФО либо не обнаружить имеющиеся в ПО недеklarированные возможности, что в конечном результате может привести к возникновению различных угроз безопасности информации. Таким образом, задача поиска ФО в исполняемых модулях программного обеспечения в условиях отсутствия исходных текстов является актуальной.

Функциональный объект может быть представлен несколькими способами (рис. 1):

- в виде алгоритма;
- в виде фрагмента исходного текста языка программирования;
- в виде фрагмента машинного кода.

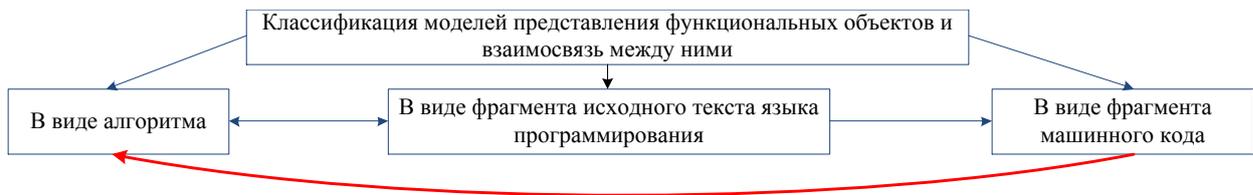


Рисунок 1 – Классификация моделей представления функционального объекта программного обеспечения и взаимосвязь между ними

Результаты анализа взаимосвязей между моделями представления ФО показали, что невозможно однозначно восстановить исходный текст ФО по соответствующему ему машинному коду, также как и получить из алгоритма машинный код напрямую. При этом существует возможность восстановления алгоритма по соответствующему ему фрагменту машинного кода (рис. 1). Таким образом, машинный код, реализующий стандартизированный алгоритм, является неким отображением самого алгоритма, сохраняя при этом некоторые его свойства.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что решение задачи поиска ФО, реализующих стандартизированные алгоритмы, в условиях отсутствия полного набора исходных текстов возможно на основе создания модели ФО с использованием признаков его представления в виде алгоритма.

В настоящее время при проведении тематических исследований для поиска ФО используют набор их характерных признаков. В частности, такими признаками могут быть сигнатуры или статистические характеристики функциональных объектов.

В качестве сигнатур зачастую используются константы, которые прописаны в стандарте на сам алгоритм. Также сигнатурами могут быть последовательности инструкций процессора, либо совокупность инструкций и операндов-констант. Использование сигнатур применимо только в случае, если для алгоритма, который реализует искомый ФО, существует возможность их создания. Ещё одним недостатком является неопределенность, в ряде случаев, при поиске «границ» и конкретного местонахождения искомого ФО, так как обнаружение сигнатуры не всегда позволяет обнаружить непосредственно сам объект.

В качестве статистических характеристик, используемых для поиска ФО, обычно оценивают частоту появления тех или иных инструкций процессора (или их последовательностей) на участке кода определенной длины. Дополнительно могут рассматриваться изменения энтропии значений выходных данных функции по отношению к входным и т.д. Однако, например, ФО, реализующие однотипные алгоритмы, могут иметь схожие значения частоты появления инструкций процессора (или их последовательностей). В подобном случае данный факт не позволит определить, какой конкретно алгоритм реализует найденный ФО. В тоже время использование для поиска ФО оценки изменения энтропии также имеет существенный недостаток. При поиске функций со случайными значениями входных аргументов существенного изменения энтропии выходных значений относительно входных может и не произойти. В результате данный способ работать также не будет.

В дополнение к этому при поиске ФО, как правило, не учитываются их структурные особенности. Несмотря на то, что, например, в [3] рассматривается вариант использования для поиска распознавания циклов, как одного из элементов структуры ФО, в указанной работе данный способ является не основным, а скорее «вторичным» или «вспомогательным».

Устранить указанные недостатки можно, разработав систему автоматизированного поиска ФО на основе классической схемы «обучения с учителем», учитывающую при обучении и дальнейшей классификации структурные особенности искомого объектов. Основной идеей, заложенной в данную систему, является представление искомого функциональных объектов (эталонов) в виде моделей, учитывающих их структурные

особенности. Данные модели предполагают два уровня детализации описания структуры ФО:

- Уровень линейных блоков графа потока управления искомых ФО.
- Уровень операторов алгоритмов, реализованных искомыми ФО.

Особенности структуры искомых ФО, описанные на уровне линейных блоков, в лучшем случае позволят локализовать местоположения искомых ФО, а в худшем – уменьшить количество нераспознанных ФО. С другой стороны, независимо от результатов первого уровня, элементы структуры искомых ФО, выделенные на уровне операторов алгоритма, позволят выполнить окончательную классификацию нераспознанных ФО.

Для представления графа потока управления искомых ФО целесообразно использовать математический аппарат теории графов, описания же структуры искомых ФО на уровне операторов алгоритма возможно с помощью элементов теории формальных языков. Это позволит учесть особенности структуры ФО, расширить область применения существующих методов их поиска, а также повысить их достоверность.

Обобщённая функциональная модель предлагаемой системы приведена на рисунке 2. В состав системы входят три основных модуля: предварительной обработки, подсистемы обучения и подсистемы поиска.

В модуль предварительной обработки в зависимости от выполняемой процедуры поступают либо обучающие, либо контрольные файлы. Обучающие файлы априорно содержат в себе искомые ФО. На этапе обучения, кроме файлов, на вход модуля также поступают алгоритмы, реализуемые искомыми ФО. В контрольных файлах проверяется наличие искомых ФО с указанием их местоположения. На этапе обучения в модуле предварительной обработки выполняются следующие операции:

- получение дизассемблированного листинга обучающих файлов;
- выделение из полученного листинга искомых ФО;
- приведение описаний алгоритмов к единому, заранее определенному виду.

На этапе поиска в данном модуле обеспечиваются:

- получение дизассемблированного листинга контрольных файлов;
- получение адресов всех ФО, присутствующих в файле.

В модуле подсистемы обучения осуществляется определение параметров моделей искомых ФО. В состав данного модуля входят следующие основные блоки:

- блок анализа алгоритмов искомых ФО;
- блок формирования граф-моделей потока управления искомых ФО;
- блок построения векторов степеней всех вершин и матриц всех путей в граф-моделях искомых ФО.

На вход блока анализа алгоритмов поступают алгоритмы искомых ФО. Данные алгоритмы анализируются специалистом-исследователем. Результатом анализа являются грамматики, задающие некий формальный язык. При этом последовательности операций алгоритмов искомых ФО должны входить в множество предложений данного языка.

В блоке формирования граф-моделей выделяются линейные блоки ФО и связь между ними. После этого на основе полученных данных строятся графы потоков управления искомых ФО и определяются их матрицы смежности и инцидентности.



Рисунок 2 – Структурная схема системы поиска функциональных объектов программного обеспечения

В блоке построения векторов степеней всех вершин и матриц всех путей в граф-моделях искомого ФО выполняются следующие операции:

- определяются вектора степеней всех вершин граф-моделей, поступивших на вход блока;
- определяются множества матриц всех путей длины от 1 до $K - 1$ (K – число вершин граф-модели) для каждой граф-модели, поступившей на вход блока.

Параметры моделей искомого ФО, полученные в блоках подсистемы, являются её выходом и сохраняются в базу данных.

В модуле подсистемы поиска определяется факт наличия в контрольном файле искомого ФО, а также определяются их местоположения. Эти задачи решаются на основе анализа подобия граф-моделей искомого и контрольных ФО, а также синтаксического анализа выделенных последовательностей инструкций процессора трасс выполнения ФО контрольных файлов.

Особое место при описании системы поиска ФО занимает аналитическая модель её подсистемы обучения. Исходными данными для данной модели являются:

- множество граф-моделей потоков управления искомого ФО G^{Φ_0} , представленных матрицами смежности \vec{A}^{Φ_0} и инцидентности \vec{T}^{Φ_0} :

$$G^{\Phi_0} = \{ \vec{A}^{\Phi_0}_i, \vec{T}^{\Phi_0}_i \}_{i=1}^I \quad (1)$$

где I – число искомого ФО;

- множество алгоритмов, реализуемых искомыми ФО: $\{Alg_i\}_{i=1}^I$;

Основной задачей подсистемы обучения является определение параметров моделей искомого ФО, построенных на основе использования математических аппаратов теории графов и теории формальных языков. Для этого в ходе процесса обучения ей необходимо обеспечить:

– определение множества векторов степеней всех вершин DEG для каждой из граф-моделей искомым ФО на основе анализа их матриц инцидентности:

$$DEG = \{\overrightarrow{deg}_i\}_{i=1}^I, \overrightarrow{deg}_i = \{d_k\}_{k=1}^K, \quad (2)$$

где I – число искомым ФО; d_k – степень вершины k граф-модели i ; K – число вершин граф-модели.

– определение множества матриц $E^{\Phi 0}$ всех путей длиной от 1 до $K - 1$ граф-моделей искомым ФО на основе анализа их матриц смежности:

$$E^{\Phi 0} = \{E_i\}_{i=1}^I, E_i = \{\overrightarrow{A}_k^p\}_{k=1}^{K-1}, \quad (3)$$

где I – число искомым ФО; \overrightarrow{A}_k^p – матрица путей длины k граф-модели i ; K – число вершин граф-модели.

Целью процесса обучения является оценка параметров моделей искомым ФО для возможности дальнейшей классификации ФО контрольных файлов.

Для более подробного описания функционирования данной подсистемы на рисунке 3 приведена её диаграмма потоков данных.

С выхода подсистемы предварительной обработки на вход блока формирования граф-моделей потока управления поступает множество последовательностей инструкций процессора выделенных ФО. В данном блоке инструкции, не модифицирующие поток управления, последовательно объединяются в единые (линейные) блоки. После этого полученные блоки и связи между ними представляются в виде ориентированного графа (граф-модели) потока управления и каждому блоку и каждой дуге присваиваются идентификационные номера. Затем определяются матрицы смежности и инцидентности полученных графов, которые и являются выходом данного блока.

На вход блока вычисления степеней всех вершин граф-моделей поступают матрицы инцидентности граф-моделей потоков управления искомым ФО. Входными данными блока определения всех путей длиной от 1 до $K - 1$ (K – число вершин) в граф-моделях являются их матрицы смежности.

Вектор степеней всех вершин граф-моделей рассчитывается по формуле:

$$\{d_k\}_{k=1}^K = \sum_{l=1}^L |I_{k,l}|, \quad (4)$$

где d_k – степень вершины k граф-модели; K – число вершин граф-модели; L – число дуг граф-модели; $I_{k,l}$ – элемент матрицы инцидентности.

Матрицы смежности используются для определения множества матриц всех возможных путей длиной от 1 до $K - 1$ (K – число вершин в граф-модели) в граф-моделях. Матрица всех возможных путей длиной от 1 до $K - 1$ в граф-моделях определяются по формуле [4]:

$$\{\overrightarrow{A}_k^p\}_{k=1}^{K-1} = (\overrightarrow{A}^p)^k, \quad (5)$$

где \overrightarrow{A}_k^p – матрица путей длины k граф-модели; K – число вершин граф-модели; \overrightarrow{A} – матрица смежности.

Для возможности дальнейшей классификации ФО в подсистеме обучения выполняется синтаксическое описание структуры алгоритмов искомым ФО. Алгоритмы, реализуемые искомыми ФО, анализируются специалистом-исследователем на предмет поиска элементов, однозначно характеризующих их структуру. Такими элементами могут быть последовательности определенных математических операций, циклы, ветвления потока управления, связи по данным и т.д. После анализа на основании сформированного признакового пространства специалистом формулируются абстрактные структурные описания алгоритмов. Далее по синтаксическим описаниям структур алгоритмов восстанавливаются грамматики, их порождающие. Под порождающей грамматикой понимается четверка:

$$G = (V_N, V_T, P, S), \quad (6)$$

где V_N, V_T – основной и вспомогательный словари соответственно, P – множество правил вывода (подстановки), обозначаемых как $\alpha \rightarrow \beta$, где $\alpha, \beta \in V_N \cup V_T$, причем α содержит, по крайней мере, один символ из V_N . Символ $S \in V_N$ – начальный символ [5].

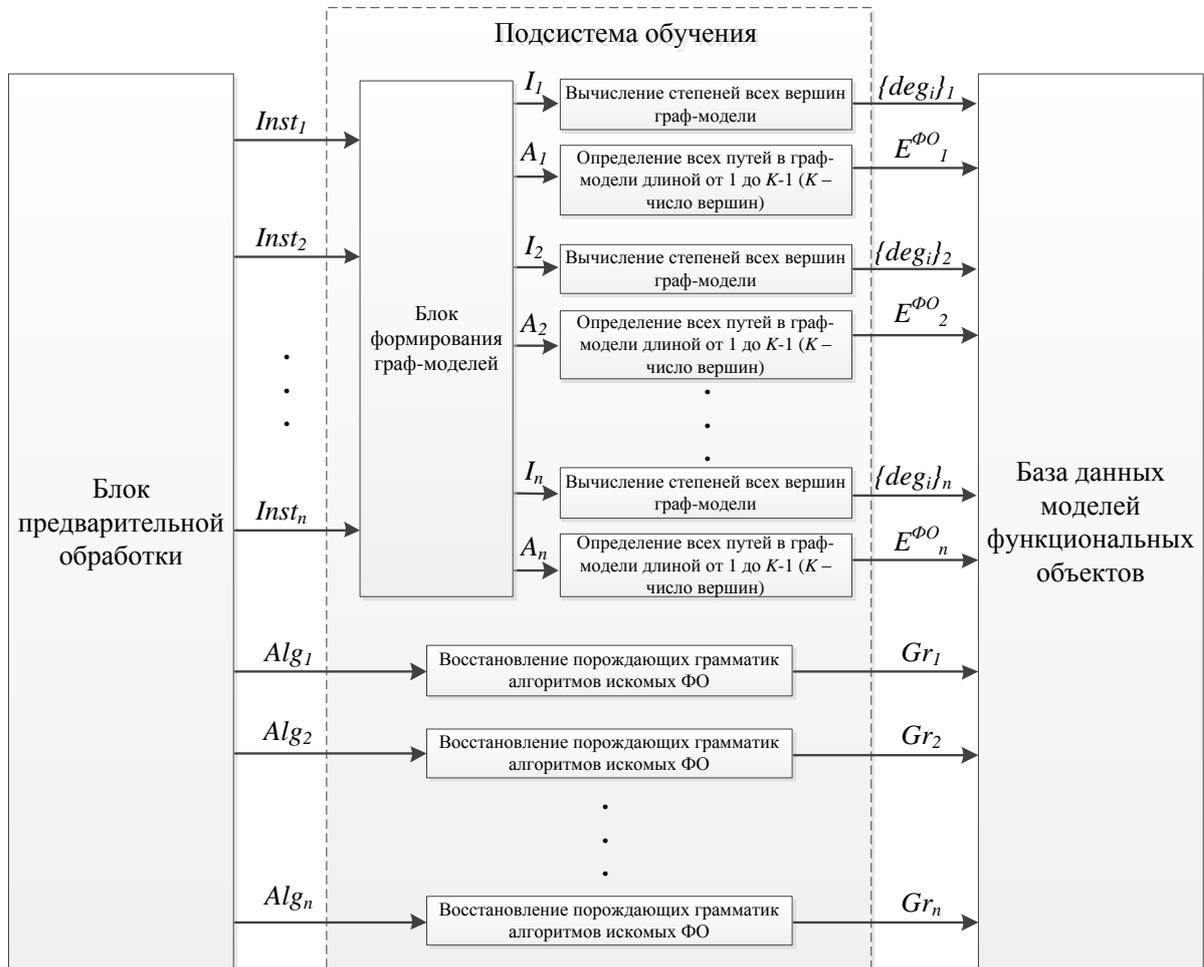


Рисунок 3 – Диаграмма потоков данных подсистемы обучения

В качестве терминальных символов для описания структур алгоритмов предлагается использовать либо их логически завершённые фрагменты (отдельные функции алгоритма), если таковые имеются, представленные в виде последовательностей выделенных («значимых») ассемблерных инструкций процессора, либо непосредственно сами ассемблерные инструкции.

Для примера рассмотрим описание структуры одного из наиболее распространенных алгоритмов расчёта хэш-функции $SHA-256$ (описание алгоритма $SHA-256$ приведено в [6]). Адрес в исполняемом модуле функционального объекта, реализующего данный алгоритм, в большинстве случаев может быть найден посредством применения метода поиска сигнатур, т.к. в стандарте, описывающем алгоритм, определена таблица, содержащая в себе 64 константы. В то же время в случае применения внутри функционального объекта косвенной адресации для ссылки на данную таблицу её адрес в исполняемом модуле, найденный по сигнатурам, не позволит найти сам ФО. В подобных случаях является целесообразным использовать для его поиска структурные особенности алгоритма.

При решении задачи описания структуры данного алгоритма основное внимание было уделено выявлению однозначных последовательностей выполнения математических операций и их реализаций на языке ассемблера, а также выявлению устойчивых связей по

данным. В стандарте на алгоритм определено 6 нелинейных функций: $Ch(x, y, z)$, $Maj(x, y, z)$, $\Sigma_0(x)$, $\Sigma_1(x)$, $\sigma_0(x)$ и $\sigma_1(x)$. Данные функции в основном состоят из битовых математических операций, таких, как циклический сдвиг вправо, логическое умножение, операция «исключающего ИЛИ» и т.д. Необходимо отметить, что две пары из определенных в стандарте нелинейных функций имеют связь по данным (аргумент x) – это $\Sigma_0(x)$, $Ch(x, y, z)$ и $\Sigma_1(x)$, $Maj(x, y, z)$.

Для синтаксического описания структуры алгоритма в качестве множества терминальных символов было решено выбрать последовательности ассемблерных инструкций процессора, выполняющие необходимые вычисления и возможные варианты их комбинаций согласно алгоритму *SHA-256*:

$$V_T = \{\Delta, C, M, \Sigma^i, R, R^i\}, \quad i = 1, 2, \quad (7)$$

где $C^i \in \{(and^i, not^i, and, xor), (not^i, and^i, and, xor), (and, not^i, and^i, xor),$

$(not^i, and, and^i, xor)\}$,

$M^i \in \{(and^i, and^i, xor, and, xor), (and^i, and, and^i, xor, xor)$

$(and, and^i, xor, and^i, xor)\}$,

$R \in \{(shl, shr, or), (shr, shl, or), ror\}$, $R^i = \{(shl^i, shr^i, or^i), (shr^i, shl^i, or^i), ror^i\}$,

$\Sigma^i = \{(R^i, R^i, xor^i, R^i, xor^i), ((R^i, R^i, R^i, xor^i, xor^i))\}$

$\Delta \in \{(R, R, shr, xor, xor), (R, shr, R, xor, xor), (shr, R, R, xor, xor),$

$(R, shr, xor, R, xor), (shr, R, xor, R, xor)\}$

Выражения, подобные and^i, not^i , в описании множества терминальных символов означают, что операции выполняются над одними и теми же данными (таким образом показана связь по данным).

Остальные составляющие предлагаемой грамматики алгоритма расчёта хэш-функции *SHA-256* $G = \{V_N, V_T, P, S\}$ приведены ниже:

$$V_N = \{S, A_1, A_2, A_3\}; \quad (8)$$

$$P = \begin{cases} S \rightarrow A_1; \\ A_1 \rightarrow \Delta A_1; \\ A_1 \rightarrow A_3 A_2 A_1; \\ A_1 \rightarrow A_2 A_3 A_1; \\ A_1 \rightarrow \Delta; \\ A_1 \rightarrow A_3 A_2; \\ A_1 \rightarrow A_2 A_3; \\ A_2 \rightarrow \Sigma^1 C^1; \\ A_3 \rightarrow \Sigma^2 M^2. \end{cases} \quad (9)$$

После восстановления грамматик они наряду с векторами значений степеней всех вершин каждой граф-модели и множеством матриц всех возможных путей в графе также записываются в базу данных моделей искомого ФО.

В заключении необходимо отметить, что подсистема поиска ФО позволяет локализовать их наиболее вероятное местоположение путём оценки подобия граф-моделей потоков управления искомыми и контрольных ФО и классифицировать найденные ФО с помощью процедуры синтаксического распознавания образов (грамматического разбора трассы выполнения контрольных ФО). Предложенная модель процесса обучения системы поиска ФО в ПО в условиях отсутствия исходных текстов учитывает структурные особенности ФО и может быть использована для разработки системы их автоматизированного поиска в качестве дополнения к уже известным подходам для решения рассмотренных в статье задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков А.С., Цирлов В.Л., Барабанов А.В. Методы оценки несоответствия средств защиты информации. – М.: Радио и связь, 2012. – 192 с.
2. Руководящий документ. Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей [Электронный ресурс] // Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК России). – URL: http://www.fstec.ru/_docs/doc_3_3_010.doc (дата обращения: 07.11.2012).
3. Felix Gröbert. Automatic Identification of Cryptographic Primitives in Software [Электронный ресурс] // Kerckhoffs. – URL: <https://kerckhoffs.googlecode.com/files/Groebert-Automatic.Identification.of.Cryptographic.Primitives.in.Software.pdf> (дата обращения: 25.12.2012).
4. Судоплатов С.В., Овчинникова Е.В. Дискретная математика: учебник. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 256 с.
5. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977. – 320 с.
6. FIPS PUB 180-4. Secure Hash Standard (SHS) [Электронный ресурс] // National Institute of Standards and Technology. – URL: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips180-4/fips-180-4.pdf> (дата обращения: 22.03.2013).

Горюнов Максим Николаевич

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 920 284 45 05
E-mail: max.gor@mail.ru

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 45-57-57
E-mail: wladimir@orel.ru

Ершов Алексей Леонидович

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 919 205 34 48
E-mail: al.er@rambler.ru

Мацкевич Андрей Георгиевич

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник
Тел.: 8 920 283 08 30
E-mail: mag3d@rambler.ru

M.N. GORYuNOV (*Research Associate*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

V.T. ERYoMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

A.L. ERShOV (*Research Associate*)

A.G. MACzKEVICH (*Research Associate*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

RECOGNITION OF SOFTWARE FUNCTIONAL OBJECTS IN THE ABSENCE

OF THE SOURCE TEXT

The learning procedure of the functional object recognition software in the absence of source code is considered.

Keywords: *undocumented features; functional object; syntactic pattern recognition.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Markov A.S., Cirlov V.L., Barabanov A.V. Metody' ocenki nesootvetstviya sredstv zashhity' informacii. – M.: Radio i svyaz', 2012. – 192 s.
2. Rukovodyashhij dokument. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Chast' 1. Programmnoe obespechenie sredstv zashhity' informacii. Klassifikaciya po urovnyu kontrolya otsutstviya nedeklarirovanny'x vozmozhnostej [E'lektronny'j resurs] // Federal'naya sluzhba po texnicheskomu i e'ksportnomu kontrolyu (FSTE'K Rossii). – URL: http://www.fstec.ru/_docs/doc_3_3_010.doc (data obrashheniya: 07.11.2012).
3. Felix Gröbert. Automatic Identification of Cryptographic Primitives in Software [E'lektronny'j resurs] // Kerckhoffs. – URL: <https://kerckhoffs.googlecode.com/files/Groebert-Automatic.Identification.of.Cryptographic.Primitives.in.Software.pdf> (data obrashheniya: 25.12.2012).
4. Sudoplatov S.V., Ovchinnikova E.V. Diskretnaya matematika: uchebnik. – M.: INFRA-M; Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2005. – 256 s.
5. Fu K. Strukturny'e metody' v raspoznavanii obrazov. – M.: Mir, 1977. – 320 s.
6. FIPS PUB 180-4. Secure Hash Standard (SHS) [E'lektronny'j resurs] // National Institute of Standards and Technology. – URL: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips180-4/fips-180-4.pdf> (data obrashheniya: 22.03.2013).

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АРХИТЕКТУРЫ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье изложен подход к управлению защитой данных в корпоративных порталах газотранспортного предприятия. Проведен анализ существующих технических решений по защите данных в корпоративных порталах.

Ключевые слова: архитектура защиты данных; корпоративный портал; газотранспортное предприятие.

ВВЕДЕНИЕ

Задачей автоматизации газотранспортного предприятия (ГТП) является создание единого информационного пространства для объективной и оперативной оценки текущей ситуации, быстрого принятия оптимальных управленческих решений, ликвидации информационных и организационных барьеров между управленческим и технологическим уровнями. В свою очередь, организация единого информационного пространства невозможна без создания надежного механизма сбора первичной технологической информации и ее передачи на вышестоящие уровни управления и принятия решений [1].

Учитывая территориально-распределённую структуру типового ГТП наиболее эффективной с точки зрения архитектуры реализации подобного комплекса является идеология корпоративного web-ориентированного портала. Корпоративный портал представляет собой интегрированное web-приложение класса В2Е, обеспечивающее пользователям (сотрудникам, клиентам, партнерам) единую точку доступа к предназначенным для них распределённым информационным ресурсам предприятия. Преимуществ у подобной технологии несколько. Во-первых, она не требует специального обучения персонала, так как управляется с помощью стандартных интернет-браузеров. Во-вторых, использование стандартных систем управления контентом, а они есть в составе любого порталного решения, позволяет достаточно просто вносить все необходимые изменения. В-третьих, это шанс сэкономить на пользовательских лицензиях: информация портала доступна неограниченному числу пользователей. Тенденция такова, что всё чаще программное обеспечение ориентировано на построение интегрированных систем и снижение конечной стоимости для потребителя. Решение, построенное по порталному принципу, даёт именно то, что нужно для реальной эффективной работы корпоративным пользователям:

- руководству – оперативный доступ к информации, различные средства доступа к информации, возможность визуализировать информацию в электронном виде;
- среднему звену – индивидуальное рабочее пространство, удобный единый интерфейс, взаимодействие с коллегами;
- администраторам – интеграцию данных и приложений, прозрачное разграничение прав доступа, контроль за деятельностью пользователей [2].

На ряде объектов за более чем десятилетний срок существования системы автоматизации ГТП оборудование устарело и имеет достаточно стабильный уровень отказов. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования подтвердили, что блоки и аппаратура систем автоматизации находятся в пределах участка периода старения и механического износа. Поэтому стоит задача замены систем управления на существующих объектах с одной практической целью – продлить срок службы дорогостоящего технологического оборудования и обеспечить безопасность эксплуатации компрессорных станций, поднять на новый технологический уровень защиту данных, обеспечить новый качественный уровень процессов информационного обмена [1-3, 4-14].

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ДАННЫХ В КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛАХ

С учетом грифа информации, хранящейся в системе, вопросам защиты от несанкционированного доступа (НСД) в существующих системах уделено самое пристальное внимание [2].

Управление доступом и разграничение прав. На уровне защиты трафика в качестве транспортного протокола используется https (спецификация SSL Layer2). Серверные ключи предоставляются либо собственным удостоверяющим центром, либо корпоративным удостоверяющим центром ОАО «Газпром».

В системе на уровень ядра вынесено управление двумя основными процессами обеспечения защиты данных: управление пользовательскими сессиями и контроль доступа к ресурсам.

Стандартным способом идентификации пользователя при входе в информационную систему является проверка по условному имени (логину) и паролю. На пароль при этом накладываются ограничения, чтобы пароль не был слишком простым. Более того, часто идут еще дальше – делают обязательным периодическую смену пароля. В корпоративных порталах реализуются оба способа входа в систему: стандартный по пользовательскому имени и паролю и по карте и с помощью оборудования для считывания карты.

После прохождения процедуры авторизации механизм контроля пользователей построен на основе динамического формирования клиентских сессий – физически создаваемых на сервере папок с ярлыками запуска всех доступных пользователю приложений. Именем сессии является случайный 20-символьный идентификатор, состоящий из букв латинского алфавита. Контрольная сумма имени сессии хранится и в cookie браузера и проверяется при каждом запросе. В этой же папке создается временная кэш-директория. Динамически (при авторизации) создаются все персонифицируемые элементы интерфейса пользователя: стилевая разметка, шаблон дизайна стартовой страницы.

Во время авторизации регистрируется IP-адрес машины, с которой осуществляется доступ, при последующих запросах выполняется его проверка. Имеется возможность установить ограничение для пользователя или группы пользователей на конкретный адрес или диапазон адресов.

При завершении сессии папка со всеми находящимися в ней файлами удаляется. После окончания рабочего дня все незакрытые сессии завершаются принудительно.

Таймаут по отсутствию активности, хоть и реализован, для автоматизируемой задачи оказался неудобен в силу специфики работы (постоянные большие перерывы в работе с системой). Для служб, работающих в круглосуточном режиме, предусмотрена возможность ведения собственных графиков рабочих часов.

Управление учётными записями организовано так, что в таблице пользователей в СУБД хранится лишь его имя и контрольная сумма пароля. Вся остальная информация хранится в другой структуре и управляется приложением «Телефонный справочник» (стандартный компонент системы). При удалении пользователя из телефонного справочника (что происходит при увольнении сотрудника) блокируется его учётная запись в информационной системе. Для полноценного вовлечения комплекса в единую информационную среду предприятия была выполнена интеграция на уровне учётных записей пользователей с их учётными записями в других системах. В качестве инструментария для этого используется система централизованного управления правами пользователей на базе продукта Oracle Identity Management из линейки Oracle Fusion Middleware компании Oracle.

Контроль доступа к информационным ресурсам. Для управления правами доступа пользователи объединены в группы в соответствии с организационной иерархией предприятия – по отделам, филиалам, службам. Это дает возможность формулировки ограничений доступа к информации – по территориальной принадлежности обслуживаемых объектов, по типу оборудования. Такая мандатная иерархическая модель назначения прав в

решаемой задаче более предпочтительна, нежели ролевая, т.к. упрощает администрирование и делает его более прозрачным.

Обеспечение защиты данных на уровне доступа внутри сервера организовано с помощью нескольких следующих приёмов: это хранение пароля в виде контрольной суммы, т.о. даже доступ внутрь базы данных не даст возможность завладеть паролем для входа в систему; для каждого пользователя или группы пользователей могут быть назначены собственные параметры доступа к СУБД. Такая организация защиты существенно снижает риск возникновения возможности несанкционированного доступа при случайной ошибке администратора.

Доступ к приложениям контролируется через настройку доступа к конкретному приложению (с указанием уровня доступа). Кроме того, для разных уровней доступа приложения могут иметь разную структуру шаблонов и управляющих элементов. Для применения более тонких ограничений анализируется входной запрос и при наличии в нём переменных, описанных в таблицах «тонкой настройки» прав доступа, выполняется корректировка уровня доступа по правилам для конкретной группы пользователей (или пользователя).

Для эффективного использования данного механизма требуется соблюдать определённые правила при написании запросов, корректно использовать переменные тонкой настройки прав в запросах, не игнорировать проверки там, где это вроде бы можно сделать по логике построения запроса, но необходимо по логике обеспечения защиты данных. Важно отметить и то, что каждая переменная интерпретируется при проверке прав так же, как и в информационном опросе, что делает невозможным обман системы проверки.

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ КОРПОРАТИВНОГО ПОРТАЛА ГТП

Разрабатываемая система безопасности является распределенной, так как: во-первых, разрабатываемая система защиты данных представляет собой комплекс компонент, стоящих отдельно друг от друга; во-вторых, решаемые задачи будут распределены между отдельными модулями, что в значительной степени упростит отслеживание работы разрабатываемой системы. К таким модулям можно отнести:

- база данных защиты (security database) – база данных, хранящая информацию о правах доступа. Сама база данных защиты будет находиться на отдельном сервере БД;
- сервер авторизации является единым источником непротиворечивой информации о параметрах защиты данных пользователей. К таким параметрам могут быть отнесены: во-первых, идентификационные характеристики (полное имя пользователя), во-вторых, аутентификационные характеристики (пароль), в-третьих, временные параметры, такие, как время и дни, в которые разрешен доступ пользователю;
- модуль управления системой защиты данных, предназначенный для централизованного управления различными политиками безопасности из единого места;
- модуль регистрации событий и генерации отчетов;
- модуль фильтрации, который анализирует поступающие к нему пакеты данных. Если какой-либо объект не соответствует критериям, содержащимся в базе данных защиты, то модуль либо блокирует его дальнейшее продвижение, либо выполняет соответствующие преобразования, например, обезвреживание обнаруженных компьютерных вирусов;
- модуль диспетчера доступа, который должен выполнять следующие функции: проверять права доступа каждого субъекта к любому объекту на основании информации, содержащейся в базе данных защиты (правил разграничения доступа); при необходимости регистрировать факт доступа и его параметры в системном журнале.

Многоагентная система – сложная система, в которой функционируют два или более интеллектуальных агентов. Под агентом будем понимать самостоятельную интеллектуальную аппаратно-программную систему, которая обладает рядом знаний о себе и окружающем мире и поведение которой определяется этими знаниями.

Агент обладает следующими свойствами:

- автономность (агент функционирует самостоятельно);
- способность взаимодействия с другими агентами;
- реактивность (агенты способны воспринимать окружающую среду и адекватно реагировать на ее изменения);
- активность (агент обладает целенаправленным поведением).

Компоненты рассматриваемой архитектуры защиты данных представляют собой интеллектуальные автономные аппаратно-программные комплексы, реализующие определенные функции защиты с целью обеспечения требуемого класса безопасности данных в корпоративных порталах ГТП. Они позволяют реализовать комплексную настройку над механизмами защиты используемых сетевых аппаратно-программных средств, повышая защищенность данных системы до требуемого уровня.

Предполагается, что агенты распределены по отдельным аппаратно-программным комплексам (серверам или другим сетевым устройствам) и специализированы по типам решаемых задач, а также взаимодействуют друг с другом с целью обмена информацией и принятия согласованных решений.

В разрабатываемой архитектуре защиты данных корпоративного портала выделим агенты следующих типов (рис. 1):

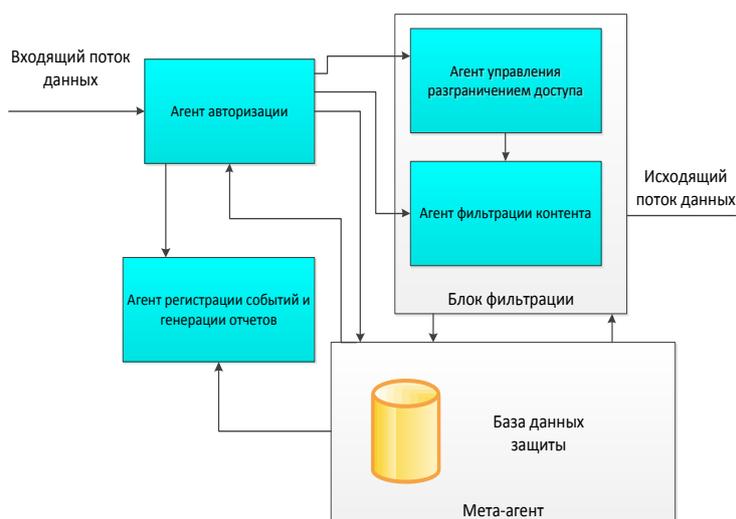


Рисунок 1 – Архитектура системы защиты данных корпоративного портала ГТП

На рисунке отмечены:

- **агент управления разграничением доступа**, который ограничивает доступ к данным в соответствии с правами отдельных пользователей путем реализации дискреционных правил разграничения доступа, задающих каждой паре «субъект-объект» разрешенные виды сообщений (чтение, запись, выполнение и др.);
- **агент авторизации**, ответственный за идентификацию источников данных и подтверждение их подлинности;
- **агент фильтрации контента** и преобразования потоков сообщений, который обеспечивает анализ поступающих данных по сформулированным критериям;
- **агент регистрации событий**, который обеспечивает сбор данных от отдельных компонент, их объединение и генерацию отчетов;
- **мета-агенты**, ответственные за координацию работы системы защиты данных корпоративного портала, а также централизованное управление различными политиками безопасности из единого места.

Агент управления разграничением доступа. В разрабатываемой архитектуре агент управления разграничением доступа реализуется в виде совокупности программно-аппаратных механизмов, которые обеспечивают доступ (полный или ограниченный) субъектов (пользователи вне данной системы, подсети, компоненты портала) и объектов (станции в составе данной системы, подсети, сегменте портала). Разграничение доступа описывается посредством строгой модели защиты. На основании полномочий субъекта и свойств объекта данных, записанных в базе полномочий, а также характеристик доступа диспетчер принимает решение разрешить доступ (а если разрешить, то какой именно) либо отказать в нем.

Агент управления разграничением доступа должен отвечать следующим фундаментальным требованиям:

1. Корректность формальной модели защиты. Алгоритм принятия решения о доступе, закладываемый в основу средств разграничения доступа (СРД), должен базироваться на формальной модели защиты, обеспечивающей возможность математически строгого анализа характеристик защиты данных в корпоративном портале.

2. Верифицируемость. Программно-аппаратные механизмы СРД должны быть небольшими по объему и хорошо структурированными для того, чтобы была обеспечена возможность их верификации, то есть подтверждения корректности и соответствия логики их функционирования заданной модели защиты.

3. Защищенность механизмов. Программно-аппаратные механизмы и информационные структуры СРД должны быть надежно защищены от случайной или преднамеренной модификации.

4. Полнота контроля. СРД должны контролировать все обращения к защищаемому объекту по всем возможным каналам доступа.

Агент авторизации. Данный агент отвечает за достоверное опознание (другими словами, за подтверждение подлинности) пользователя. В большинстве практических случаев вполне приемлемым может считаться способ аутентификации, основанный на проверке предъявляемого пользователем секретного пароля: признаком является знание человеком некоторого индивидуального секрета. Достоверность процедуры автоматического опознания личности может быть усилена за счет применения дополнительных устройств – электронных и механических ключей различного вида.

Для этого предлагается положить в основу построения следующую модель авторизации. Для аутентификации используются услуги, предоставляемые агентами криптографической защиты: вычисление хэш-функций и реализация асимметричного криптографического канала. Хэш-функция позволяет вычислить код аутентификации сообщения (КАС), который обладает свойством уникальности для каждого сообщения. Асимметричный криптографический канал предполагает наличие у источника сообщения пары ключей – секретного ключа, известного только источнику, и открытого ключа, известного всем получателям.

Агент фильтрации контента и преобразования потоков сообщений. Агент фильтрации контента и преобразования потоков сообщений выполняется на основе заданного набора правил. Различают два вида агентов:

– экранирующий агент, ориентированный на анализ потока сообщений для определенных видов сервиса, например, FTP, HTTP, Telnet;

– универсальный экранирующий агент, обрабатывающий весь поток сообщений (например, агенты, ориентированные на поиск и обезвреживание компьютерных вирусов или прозрачное шифрование данных).

При анализе содержимого пакетов важно, чтобы экранирующий агент мог автоматически распаковывать проходящие файловые архивы.

С использованием экранирующего агента можно организовать защищенные виртуальные сети (VPN), например, безопасно объединить несколько локальных сетей, подключенных к Internet, в одну виртуальную сеть. VPN обеспечивают прозрачное для

пользователей соединение локальных сетей, сохраняя секретность и целостность передаваемых данных путем их динамического шифрования.

Агент регистрации событий и генерации отчетов. Агент регистрации событий реагирует на задаваемые события, а также выполняет анализ зарегистрированной информации и генерацию отчетов. В качестве обязательной реакции на обнаружение попыток выполнения несанкционированных действий должно быть определено уведомление администратора, т.е. выдача предупредительных событий. Любой межсетевой экран должен посылать предупредительные сигналы при обнаружении атак.

Многие межсетевые экраны содержат мощную систему регистрации, сбора и анализа статистики. Учет может вестись по адресам клиента и сервера, идентификаторам пользователя, времени сеанса, времени соединения. Система учета позволяет произвести анализ статистики и предоставляет администраторам подробный отчет.

Мета-агенты. Мета-агент выполняет управление процессами безопасности, обеспечивает координацию поведения агентов и их кооперацию при решении задач безопасности сетей передачи данных, а также отвечает за поддержание требуемого уровня безопасности данных в соответствии с некоторым глобальным критерием.

Мета-агент обеспечивает гибкость распределения функций защиты, позволяя при постоянной допустимой вероятности несанкционированного доступа (НСД) снижать необходимое для защиты время на критичных к оперативности участках функционирования корпоративного портала, а также минимизировать затрачиваемые на обнаружение НСД ресурсы, например, посредством увеличения глубины разграничения доступа для менее критичных ко времени функциональных процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемые модели функционирования агентов системы защиты данных в корпоративном портале ГТП и решения по построению распределенной базы знаний предусматривают, что каждый агент «знает», какие задачи он должен решать сам и к какому агенту он должен адресовать свой запрос на информацию или на решение подзадачи с целью получения информации, находящейся вне его компетенции. Сообщения одних агентов представляются в форме и терминах, понятных другим агентам.

Одним из наиболее перспективных подходов к структуризации распределенных баз знаний такого типа является использование онтологии, характеризующей предметные знания сами по себе вне связи с конкретными структурами их представления, алгоритмами вывода в них или эвристиками, т.е. вне связи с тем, что привносится в задачу при ее формализации и программной реализации.

Предлагаемая формальная конструкция для представления распределенных знаний системы защиты данных корпоративного портала ГТП предназначена для поддержки целостности распределенных баз знаний агентов, обеспечения возможности непротиворечивой модификации знаний отдельных агентов защиты, согласованного клонирования агентов и генерации агентов новых типов. Она используется в качестве базиса для декомпозиции общей задачи защиты данных на частные подзадачи и как основа применяемой методологии объектно-ориентированного проектирования многоагентной системы защиты данных корпоративного портала ГТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якименко А.А. Особенности совершенствования системы управления газотранспортным предприятием [Электронный ресурс]. – URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-380553.html>.
2. Решетников И.С. Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании. – М.: НГСС, 2011. – 116 с.
3. Автоматизация объектов ГП Белтрансгаз [Электронный ресурс] – URL: <http://asutp.ru/?p=600251>.

4. Еременко В.Т. Синтез сетей передачи данных автоматизированных систем управления на основе критерия неблокируемой маршрутизации / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, О.О. Басов // НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2011. – № 7(102). – Выпуск 18/1. – С. 168-176.
5. Еременко В.Т. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, С.А. Максаков, А.И. Куленич // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. – № 9. – С. 46-49.
6. Еременко В.Т. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Т.М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6. – С. 35-42.
7. Еременко В.Т. Моделирование взаимодействия протокольных реализаций TCP RENO и TCP VEGAS в сети с ограниченной производительностью // Информационные системы и технологии, 2010. – №1. – С. 109-114.
8. Еременко В.Т. Методы решения задач распределения информационных потоков в сетях передачи данных предприятия на основе резервирования ресурсов / С.И. Афонин, В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина и др. // Информационные системы и технологии, 2012. – № 1. – С. 78-84.
9. Еременко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.
10. Еременко В.Т. Рекурсивный алгоритм оценки минимальной величины канального ресурса в сети передачи данных / В.Т. Еременко, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков, Д.А. Краснов // Информационные системы и технологии, 2012. – № 4. – С. 97-102.
11. Еременко В.Т. Метод проектирования сетей передачи данных, совместимых с неблокируемой маршрутизацией / В.Т. Еременко, А.И. Офицеров, С.А. Черепков // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 38-46.
12. Еременко В.Т. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Плащенков, Д.А. Краснов, С.А. Черепков, А.Е. Георгиевский // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6. – С. 114-119.
13. Еременко В.Т. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.
14. Еременко В.Т. Моделирование пропускной способности сегмента беспроводной сети АСУП на базе стандарта 802.11/ В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев, П.А. Чупахин // Информационные системы и технологии, 2013. – № 2. – С. 82-86.

Еременко Сергей Владимирович,

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 920 287 57 71

E-mail: sv_5771@mail.ru

S.V. ERYOMENKO (*Post-graduate Student of the Department « Electronics, Computer Facilities and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE DATA PROTECTION CORPORATE PORTALS GAS TRANSPORTATION COMPANY

The report outlines the approach to the management of protection of data in corporate portals gas transportation company. The analysis of existing technical solutions for the protection of data in corporate portals was carried out.

Keywords: architecture of data protection; corporate portal; gas transportation enterprise.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Yakimenko A.A. Osobennosti sovershenstvovaniya sistemy' upravleniya gazotransportny'm predpriyatiem [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-380553.html>.
2. Reshetnikov I.S. Avtomatizatsiya proizvodstvennoj deyatel'nosti gazotransportnoj kompanii. – M.: NGSS, 2011. – 116 s.
3. Avtomatizatsiya ob''ektov GP Beltransgaz [E'lektronny'j resurs] – URL: <http://asutp.ru/?p=600251>.
4. Eryomenko V.T. Sintez setej peredachi danny'x avtomatizirovanny'x sistem upravleniya na osnove kriteriya neblokiruemoj marshrutizacii / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, O.O. Basov // NAUCHNY'E VEDOMOSTI Belgorodskogo gosudarstvenno universiteta. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika», 2011. – № 7(102). – Vy'pusk 18/1. – S. 168-176.
5. Eryomenko V.T. Optimizatsiya resursov i upravlenie processami informacionnogo obmena v setyax ASUTP na osnove polevy'x shin / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, S.A. Maksakov, A.I. Kulenich // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2011. – № 9. – S. 46-49.
6. Eryomenko V.T. Modelirovanie informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x integrirovanny'x ASU / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, T.M. Paramoxina, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6. – S. 35-42.
7. Eryomenko V.T. Modelirovanie vzaimodejstviya protokol'ny'x realizacij TCP RENO i TCP VEGAS v seti s ogranichennoj proizvoditel'nost'yu // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2010. – №1. – S. 109-114.
8. Eryomenko V.T. Metody' resheniya zadach raspredeleniya informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x predpriyatiya na osnove rezervirovaniya resursov / S.I. Afonin, V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina i dr. // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 1. – S. 78-84.
9. Eryomenko V.T., Afonin S.I. Sozdanie teoriticheskix osnov avtomatizacii i postroeniya texnologicheskoy sostavlyayushhej ASU territorial'no raspredelyonny'x predpriyatij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012, № 2. – S. 99-105.
10. Eryomenko V.T. Rekursivny'j algoritm ocenki minimal'noj velichiny' kanal'nogo resursa v seti peredachi danny'x / V.T. Eryomenko, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov, D.A. Krasnov // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 4. – S. 97-102.
11. Eryomenko V.T. Metod proektirovaniya setej peredachi danny'x, sovместimy'x s neblokiruemoj marshrutizaciej / V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, S.A. Cherepkov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2012. – № 4. – S. 38-46.
12. Eryomenko V.T. Reshenie zadach upravleniya setevy'mi resursami v usloviyax dinamicheskogo izmeneniya konfiguracii besprovodnoj seti ASUP / V.T. Eryomenko, D.V. Anisimov, D.A. Plashhenkov, D.A. Krasnov, S.A. Cherepkov, A.E. Georgievskij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 6. – S. 114-119.
13. Eryomenko V.T. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eryomenko, S.V. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 1. – S. 106-112.
14. Eryomenko V.T. Modelirovanie propusknoj sposbnosti segmenta besprovodnoj seti ASUP na baze standarta 802.11/ V.T. Eryomenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev, P.A. Chupaxin // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 2. – S. 82-86.

ТРЕБОВАНИЯ к оформлению статьи для опубликования в журнале «Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

• Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

• **Обязательные элементы:**

- УДК
- заглавие (на русском и английском языках)
- аннотация (на русском и английском языках)
- ключевые слова (на русском и английском языках)
- список литературы, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.