

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ
СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ИННОВАЦИОННЫХ
И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

СТНО-2020

III МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ

Сборник трудов

Том 3

Рязань
Book Jet
2020

УДК 004 + 001.1 + 681.2+ 681.2+ 681.3+681.5
С 568

Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2020 [текст]: сб. тр. III междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т.3./ под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2020; Рязань. – 162 с.,: ил.

Сборник включает труды участников III Международного научно-технического форума «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2020.

В сборнике освещаются вопросы математического моделирования, новых технологий в радиотехнике, телекоммуникациях, электротехнике и радиоэлектронике, вопросы полупроводниковой наноэлектроники, приборостроения, лазерной, микроволновой техники, силовой промышленной электроники, новые технологии в измерительной технике и системах, биомедицинских системах, алгоритмическое и программное обеспечение вычислительной техники, вычислительных сетей и комплексов, вопросы систем автоматизированного проектирования, обработки изображений и управления в технических системах, перспективные технологии в машиностроительном и нефтехимическом производствах, новые технологии и методики в высшем образовании, в т.ч. вопросы гуманитарной и физико-математической подготовки студентов, обучения их иностранным языкам, перспективные технологии электронного обучения, в том числе, дистанционного, вопросы экономики, управления предприятиями и персоналом, менеджмента, а также вопросы гуманитарной сферы.

Авторская позиция и стилистические особенности сохранены.

УДК 004 + 001.1 + 681.2+ 681.2+ 681.3+681.5

ISBN 978-5-7722-0301-9

© Рязанский государственный
радиотехнический университет, 2020
© Издательство «Book Jet»,
макет, 2020

ИНФОРМАЦИЯ О III МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» СТНО-2020

III Международный научно-технический форум «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2020 состоялся 04.03.2020-06.03.2020 в г. Рязань в Рязанском государственном радиотехническом университете имени В.Ф. Уткина.

В рамках форума «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2020 состоялась работа четырех Международных научно-технических конференций:

«Современные технологии в науке и образовании. Радиотехника и электроника», секции

- Радиотехнические системы и устройства;
- Телекоммуникационные системы и устройства;
- Цифровые информационные технологии реального времени;
- Промышленная силовая электроника, электроэнергетика и электроснабжение;
- Физика полупроводников, микро- и наноэлектроника;
- Микроволновая, оптическая и квантовая электроника;
- Актуальные задачи химических технологий;

«Современные технологии в науке и образовании. Вычислительная техника и автоматизированные системы», секции

- Алгоритмическое и программное обеспечение вычислительных систем и сетей;
- ЭВМ и системы;
- Системы автоматизированного проектирования;
- Информационные системы и защита информации;
- Математические методы в научных исследованиях;
- Обработка изображений и управление в технических системах;
- Геоинформационные и космические технологии;
- Автоматизация производственно-технологических процессов в приборо- и машиностроении;

- Информационно-измерительные устройства и системы в технике и медицине.

Стандартизация и управление качеством;

- Информационные системы и технологии;

«Современные технологии в науке и образовании. Экономика и управление», секции;

- Современные технологии государственного и муниципального управления;
- Экономика, менеджмент и организация производства;
- Бухгалтерский учет, анализ и аудит;
- Управление персоналом;
- Экономическая безопасность;

«Современные технологии в науке и образовании. Новые технологии и методы в высшем образовании», секции

- Современные технологии электронного обучения;
- Иностранный язык в техническом вузе;
- Лингвистика и межкультурная коммуникация;
- Направления и формы гуманитаризации высшего образования и гуманитарная

подготовка студентов;

- Методы преподавания и организация учебного процесса в вузе;
- Физико-математическая подготовка студентов;
- Технологии обучения и воспитания на военной кафедре.

Организационный комитет Форума:

Чиркин М.В., ректор, д.ф.-м.н., проф. – председатель

Гусев С.И., проректор по научной работе, д.т.н., проф. – зам. председателя;

Бухенский К.В., зав. кафедрой высшей математики, к.ф.-м.н., доц. – зам. председателя;

Миловзоров О.В., зам. директора института магистратуры и аспирантуры, к.т.н, доц. – координатор;

Устинова Л.С., начальник отдела информационного обеспечения – отв. за информационную поддержку;

Трубицына С.Г., вед. инженер – секретарь оргкомитета;

Благодарова И.А., ведущий программист – секретарь оргкомитета;

члены оргкомитета:

Авилкина С.В., доцент кафедры государственного, муниципального и корпоративного управления, к.п.н., доц.;

Алпатов Б.А., профессор кафедры автоматизации и информационных технологий в управлении, д.т.н., проф.;

Бабаян П.В., проректор по учебной работе, зав. кафедрой автоматизации и информационных технологий в управлении, к.т.н., доц.;

Витязев В.В., зав. кафедрой телекоммуникаций и основ радиотехники, д.т.н., проф.;

Евдокимова Е.Н., зав. кафедрой экономики, менеджмента и организации производства, д.э.н., проф.;

Еремеев В.В., директор НИИ «Фотон», д.т.н., проф.;

Есенина Н.Е., зав. кафедрой иностранных языков, к.п.н., доц.;

Животягин Д.А. нач. кафедры связи военного учебного центра, полковник;

Жулев В.И., зав. кафедрой информационно-измерительной и биомедицинской техники, д.т.н., проф.;

Кириллов С.Н., зав. кафедрой радиоуправления и связи, д.т.н., проф.;

Клейносова Н.П., директор центра дистанционного обучения, к.п.н., доц.;

Клочко В.К., профессор кафедры автоматизации и информационных технологий в управлении, д.т.н., проф.;

Коваленко В.В., зав. кафедрой химической технологии, к.т.н., доц.;

Корячко В.П., д.т.н., проф., зав. кафедрой систем автоматизированного проектирования вычислительных средств;

Костров Б.В., зав. кафедрой электронных вычислительных машин, д.т.н., проф.;

Кошелев В.И., зав. кафедрой радиотехнических систем, д.т.н., проф.;

Куприна О.Г., доцент кафедры иностранных языков, к.филол.н., доц.;

Круглов С.А., зав. кафедрой промышленной электроники, к.т.н., доц.;

Лукьянова Г.С., доцент кафедры высшей математики, к.ф.-м.н., доц.;

Мусолин А.К., зав. кафедрой автоматизации информационных и технологических процессов, д.т.н., проф.;

Овечкин Г.В., зав. кафедрой вычислительной и прикладной математики, д.т.н., проф.;

Паршин Ю.Н., зав. кафедрой радиотехнических устройств, д.т.н., проф.;

Перфильев С.В., зав. кафедрой государственного, муниципального и корпоративного управления, д.э.н., проф.;

Пржегорлинский В.Н., зав. кафедрой информационной безопасности, к.т.н., доц.;

Пылькин А.Н., профессор кафедры вычислительной и прикладной математики, д.т.н., проф.;

Рохлина Т.А., доцент кафедры иностранных языков, к.филол.н., доц.;

Серебряков А.Е., зам. зав. кафедрой электронных приборов, к.т.н.;

Соколов А.С., зав. кафедрой истории, философии и права, д.и.н.;

Таганов А.И., зав. кафедрой космических технологий, д.т.н., проф.;

Токарь А.Д., нач. кафедры ВКС военного учебного центра, полковник;

Холомина Т.А., зав. кафедрой микро- и наноэлектроники, д.ф.-м.н., проф.;

Холопов С.И., декан ф-та автоматизации и информационных технологий в управлении, зав. кафедрой автоматизированных систем управления, к.т.н., доц.;

Чеглакова С.Г., зав. кафедрой экономической безопасности, анализа и учета, д.э.н., проф..

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ. РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

СЕКЦИЯ «ЦИФРОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ»

УДК 681.3.016; ГРНТИ 47.47.29

БЛОЧНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ С ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫМ КОДИРОВАНИЕМ

А.Г. Самойлов, В.С. Самойлов, И.А. Аль Тахар, С.А. Насир

*Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Россия, Владимир, ags@vlsu.ru*

Аннотация. Рассмотрено два варианта организации блочной синхронизации информационного потока с помехоустойчивым кодированием по Риду-Соломону. Предложена структура устройства блочной синхронизации.

Ключевые слова: блочная синхронизация, помехоустойчивое кодирование, синхробайты, избыточность.

BLOCK SYNCHRONIZATION OF DIGITAL INFORMATION ERROR-CORRECTING ENCODING STREAMS

A.G. Samoylov, V.S. Samoylov, I.A. Al Tahar, S.A. Nasir

*Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov,
Russia, Vladimir, ags@vlsu.ru*

Abstract. Two options for organizing block synchronization of the information stream with error-correcting coding according to Reed-Solomon are considered. The block synchronization device structure is proposed.

Keywords: block synchronization, noise-resistant coding, sync bytes, redundancy.

При передаче цифровой информации по радиоканалам практически всегда используют помехоустойчивое кодирование, позволяющее значительно улучшить энергопотенциал линии связи за счет снижения вероятности ошибок. Это приводит к необходимости разделения информационного потока на отдельные блоки, содержащие кроме информационных посылок дополнительные, так называемые избыточные посылки, необходимые для обнаружения ошибок и их исправления [1]. Информационный цифровой поток, разделенный на блоки длиной n показан на рис. 1. Блоки следуют друг за другом без разрыва, так как кодируются раздельно. При таких условиях в линии связи требуется дополнительная система синхронизации, позволяющая определять начало информационного блока.

Исходя из изложенного, рассмотрим методы создания блочной синхронизации в непрерывном информационном потоке с помехоустойчивым кодированием. При этом вид помехоустойчивого кодирования может быть различным. В качестве примера выберем помехоустойчивое кодирование по широко применяющемуся коду Рида-Соломона, обозначаемому обычно как РС [2].

Методы блочной синхронизации

Поскольку код РС оперирует с байтами, то систему синхронизации можно организовать добавлением к информационным блокам дополнительных байт, служащих сигналами синхронизации. Такие сигналы, назовем их синхробайтами, на приемной стороне не сложно

выделять с помощью согласованного фильтра, а их выделение позволит определять начало информационного блока [3]. При этом можно двумя способами разместить синхробайты как внутри информационного блока (рис. 1), так и вне его (рис. 2).

Если размещать синхробайты в самом блоке, то для кода РС максимальное число исправляемых ошибочных байт можно определить выражением

$$t = \frac{r-s}{2}, \quad (1)$$

где $r = n-k$ - избыточность, s - количество синхробайтов, k - байты информации.

Однако, когда синхробайты находятся внутри информационного блока, то это сделать можно только за счет избыточности, вносимой при помехоустойчивом кодировании. Сокращение избыточности ведет за собой сокращение количества исправляемых ошибок. То есть этот метод синхронизации будет негативно влиять на исправляющую способность используемого помехоустойчивого кода. При этом дополнительную сложность может внести необходимость в определенной информации для декодера на приемной стороне линии связи. Декодеру необходимо сообщить о месте нахождения синхробайтов в принятом блоке. В противном случае, декодер воспримет синхробайты как поврежденные информационные послышки и, исправляя их, сорвет синхронизацию, что негативно отразится на приеме информации.

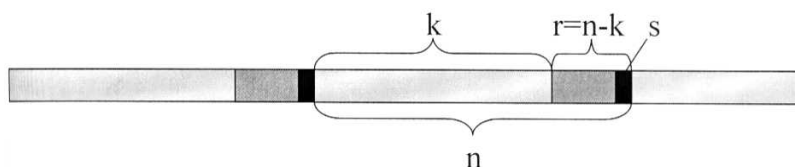


Рис. 1. Система синхронизации с размещением синхробайтов внутри блока

Если размещать синхробайты вне информационного блока, как показано на рис. 2, исправляющая способность используемого кода не ухудшится, но время передачи возрастет. Для кода РС число исправляемых байт составит $r/2$, а время передачи возрастет на длительность вносимых синхробайтов.

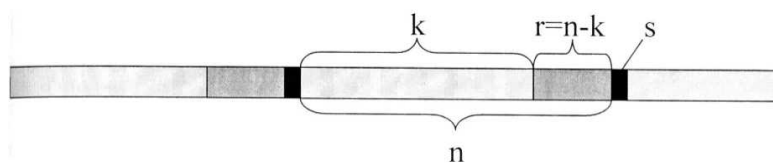


Рис. 2. Система синхронизации с размещением синхробайтов вне блока

При внедрении синхробайт в передаваемый информационный поток возникает дополнительная сложность, связанная с тем, что синхробайты тоже могут быть повреждены помехами в канале связи. Их достоверность должна быть выше по сравнению с остальными послышками передаваемого блока, поэтому желательно синхронизацию осуществлять не по синхробайтам одного блока, а по синхробайтам группы передаваемых блоков. Синхронизацию требуется поддерживать все время передачи информации, поэтому синхробайты должны быть при каждом передаваемом информационном блоке [4].

Устройство блочной синхронизации

Схема устройства блочной синхронизации на приемной стороне линии связи приведена на рисунке 3. Схема работает по следующему алгоритму:

- при появлении первого бита на выходе согласованного фильтра, настроенного на синхробайты, запускается счетчик;
- счетчик вырабатывает счетные импульсы и тактирует сдвиговый регистр;
- после согласованного фильтра данные поступают в сдвиговый регистр;
- логические единицы на выходах сдвигового регистра соответствуют режиму синхронизации, логические нули соответствуют отсутствию синхронизации.

Предложенное устройство блочной синхронизации цифровых информационных потоков с помехоустойчивым кодированием информации можно использовать при любом расположении синхробайтов, как внутри блока, так и вне его. Отметим только, что синхробайты лучше размещать всегда в начале передаваемых блоков, чтобы приемное устройство начинало обработку информации предварительно засинхронизировав принимаемый блок.

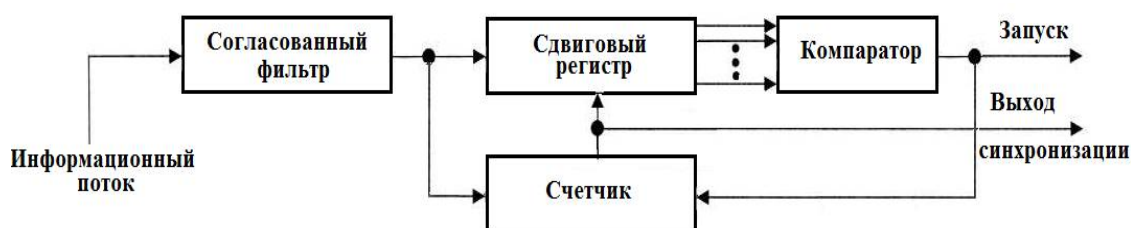


Рис. 3. Структура блочной синхронизации

Анализ результатов

Предложенная схема блочной синхронизации имеет определенные ограничения. Так, например, увеличение разрядности сдвигового регистра может привести не только к инерционности схемы, а и к временному срыву синхронизации. Например, при восьми разрядном сдвиговом регистре, если сбой синхронизации произойдет на пятом пришедшем блоке данных, то еще три блока синхронизация будет утеряна.

Также следует отметить, что число синхробайтов должно быть один или два, так как их число влияет либо на исправляющую способность помехоустойчивого кода, либо на время передачи информационного блока, в зависимости от места нахождения синхробайтов внутри блока или вне его [5].

Анализ ситуации с размещением синхробайтов внутри передаваемого блока показывает, что из-за сокращения избыточности r на величину количества синхробайтов s , количество исправляемых ошибок уменьшится. Из выражения (1) не трудно заметить, что только при некоторых нечетных значениях величины r при $s=2$ величина исправляющей способности кода РС t будет уменьшена на 2 единицы, а в остальных случаях при $s=1$ или $s=2$ исправляющая способность кода РС будет уменьшена только на единицу. Причина этого состоит в том, что декодер РС может исправлять только целое число ошибок [6]. Надежнее для синхронизации использовать два байта, хотя это незначительно, но ухудшит исправляющую способность кода РС при установке синхробайт внутри информационного блока.

Заключение

Предложена структура устройства блочной синхронизации информационных потоков с помехоустойчивым кодированием по коду РС. При размещении синхробайтов внутри блока исправляющая способность кода РС уменьшается, а место синхробайтов в блоке должно быть известно для приемника. При размещении синхробайтов вне блока исправляющая способность кода РС максимальна, но увеличивается избыточность и на длительность синхробайтов растет время передачи информации.

Библиографический список

1. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки. - М.: Связь, 1979.
2. Кларк Дж. мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. - М.: Радио и связь, 1985.
3. Fujiwara E. Code Design for Dependable Systems. Theory and Practical Applications. New Jersey: John Wiley & Sons. 2006.
4. Полушин П.А., Самойлов А.Г., Самойлов С.А. Адаптирующиеся высокочастотные генераторы для биомедицинских целей / Медицинская техника. - 2000, №4. - С.26-32.
5. Альшрайдах А. М., Самойлов А. Г. Верификация устройств помехоустойчивого кодирования / Проектирование и технология электронных средств. – 2013, № 1. - С. 48-51.
6. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. – М.: Мир, 1986.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.49

АЛГОРИТМЫ ПОДАВЛЕНИЯ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ ПРИ ПРИЕМЕ СИГНАЛОВ С ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

Д.В. Валуйский, С.В. Витязев

*Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, valuyskiy.d.v@tor.rsreu.ru, vityazev.s.v@tor.rsreu.ru*

Аннотация. В статье представлен анализ алгоритма инверсной фильтрации и алгоритма оптимальной фильтрации, предложенного А. Эльбардавини, применяемых для подавления боковых лепестков при приеме фазоманипулированных сигналов. Приводятся результаты моделирования описанных выше фильтров для сигналов, манипулированных кодами Баркера.

Ключевые слова: подавление боковых лепестков, ФКМ-сигналы, оптимальный фильтр, инверсная фильтрация, кодовые последовательности Баркера.

SIDELOBE SUPPRESSION ALGORITHMS FOR RECEIVING SIGNALS WITH PHASE-CODE MANIPULATION

D.V. Valuyskiy, S.V. Vityazev

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, valuyskiy.d.v@tor.rsreu.ru, vityazev.s.v@tor.rsreu.ru*

The summary. This paper presents an analysis of the inverse filtering algorithm and the optimal filtering algorithm proposed by A. Elbardavini, which are used to suppress side effects when receiving phase-manipulated signals. The results of modeling the filters described above for signals manipulated by Barker codes are presented.

Keywords: side-lobe suppression, phase-code manipulated signals, optimum filter, inverse filtering, Barker code sequences.

Одной из ключевых проблем разработки радиолокационных систем является проблема подавления боковых лепестков корреляционных функций при обнаружении отраженных сигналов. Высокий уровень боковых лепестков может привести к невозможности разделения двух близкорасположенных целей, особенно при высоком уровне шума. При пороговой обработке эхо-сигнала это может привести к детектированию ложных целей [1]. Существует два основных подхода к подавлению боковых лепестков. Первый заключается в использовании дополнительного несогласованного фильтра, последовательно соединяемого с согласованным [2-4]. Второй подход предполагает замену согласованного фильтра на входе приемника, позволяющего снизить уровень боковых лепестков до требуемого значения. В [5] был предложен способ улучшения несогласованного фильтра для первого подхода путем оптимизации коэффициентов несогласованного фильтра. Следующим шагом стала разработка инверсного фильтра [6], позволяющего практически полностью подавить боковые лепестки при приеме сигналов. Следует заметить, что алгоритм инверсной фильтрации применим только для сигналов с фазовой кодовой манипуляцией. Чаще всего применяют сигналы с

двоичной фазовой манипуляцией, описанные в ряде работ [7-9]. В рамках данной работы рассматривается эффективность алгоритма инверсной фильтрации, а также алгоритма фильтрации А. Эльбардавини, предлагаемого в [2] и получившего название оптимальной фильтрации.

Обзор методов подавления боковых лепестков

В настоящее время более широкое распространение получили методы подавления боковых лепестков, основанные на использовании дополнительного фильтра, последовательно соединяемого с согласованным фильтром.

Несогласованный фильтр может иметь многоступенчатую структуру [2], при этом уравнение k -ой ступени фильтра описывается выражением (1):

$$H_k(z) = N^{2^{(k-1)}} * S(z)^{2^{(k-1)}}. \quad (1)$$

Как показано в [2], высокий уровень подавления боковых лепестков для такого фильтра достигается увеличением количества ступеней фильтра, что ведет к существенному росту вычислительных затрат и затрат памяти на его реализацию.

Технология R-G фильтрации была представлена учеными Рихачеком и Голденом в работе [3]. Передаточную функцию такого фильтра можно описать выражением (2):

$$H(f) = \left(N - 1 + \frac{\sin(2\pi fNT)}{\sin(2\pi fT)} \right)^{-1}. \quad (2)$$

На практике правую часть выражения (2) раскладывают в числовой ряд. Соответственно качество работы фильтра определяется количеством взятых для обработки членов ряда разложения его передаточной функции. Как показано в [4], с увеличением количества членов ряда, используемых для обработки, существенно возрастают как вычислительные затраты, так и затраты памяти.

Представленные выше методы являются широко известными и подробно описанными в ряде источников [2-4]. В рамках данной статьи будут рассмотрены два альтернативных метода: метод инверсной фильтрации и метод оптимальной фильтрации А. Эльбардавини.

Математическое описание алгоритма инверсной фильтрации

Код Баркера является дискретной по времени знакопеременной последовательностью. Следовательно, для кода Баркера длины n может быть найдено Z-преобразование вида (3):

$$C(z) = c_0 + c_1 \cdot z^{-1} + c_2 \cdot z^{-2} + \dots + c_n \cdot z^{-(n-1)} = \sum_{k=0}^{n-1} c_k \cdot z^{-k}, \quad (3)$$

где c_k – коэффициенты кода Баркера [6].

Передаточная функция инверсного фильтра может быть определена выражением (4):

$$H(z) = C^{-1}(z) = \frac{1}{c_0 + c_1 \cdot z^{-1} + c_2 \cdot z^{-2} + \dots + c_n \cdot z^{-(n-1)}}. \quad (4)$$

Инверсный фильтр является фильтром с бесконечной импульсной характеристикой. Как следует из выражения (4), для выполнения условия устойчивости такого фильтра необходимо, чтобы все корни полинома, представленного в выражении (3), лежали в пределах единичной окружности. Исследования показывают, что для кодов Баркера гарантировать выполнение такого условия невозможно. Следовательно, обеспечить устойчивость БИХ-фильтра, передаточная функция которого описывается выражением (4), невозможно [6].

В целях обеспечения устойчивости предлагаемого фильтра Z-преобразование кодовой последовательности Баркера разделяется на две части в соответствии с выражением (5):

$$C(z) = P(z) \cdot Q(z), \quad (5)$$

где $P(z)$ – полином, m корней которого лежат внутри единичной окружности, а $Q(z)$ – полином, $n-m$ корней которого лежат вне единичной окружности. Полиномы $P(z)$ и $Q(z)$ можно представить в виде выражений (6) и (7).

$$P(z) = 1 + p_1 \cdot z^{-1} + \dots + p_m \cdot z^{-m}, \quad (6)$$

$$Q(z) = 1 + q_1 \cdot z^{-1} + \dots + q_{n-m-1} \cdot z^{-(n-m-1)}. \quad (7)$$

Схема алгоритма инверсной фильтрации приведена на рисунке 1.

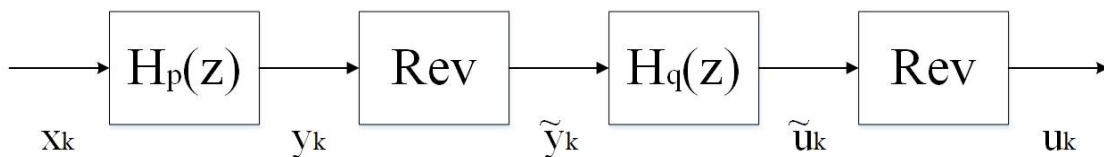


Рис. 1. Структурная схема инверсного фильтра

Блоки «Rev» на рисунке 1 обозначают инверсию сигнала во временной области, блоки $H_p(z)$ и $H_q(z)$ обозначают рекурсивные фильтры, передаточные функции которых соответствуют «устойчивому» и «неустойчивому» полиномам $P(z)$ и $Q(z)$. Передаточные функции этих фильтров описываются выражениями (8) и (9) соответственно.

$$H_p(z) = \frac{1}{P(z)} = \frac{1}{1 + p_1 \cdot z^{-1} + \dots + p_m \cdot z^{-m}}, \quad (8)$$

$$H_q(z) = \frac{1}{Q\left(\frac{1}{z}\right)} = \frac{1}{q_{n-m-1} + q_{n-m-2} \cdot z^{-1} + \dots + q_1 \cdot z^{-(n-m-2)} + z^{-(n-m-1)}}. \quad (9)$$

Таким образом, алгоритм инверсной фильтрации заключается в последовательной обработке ФКМ-сигнала сначала с использованием фильтра, описываемого «устойчивым» полиномом, затем, после временной инверсии сигнала, фильтром, передаточная функция которого описывается «неустойчивым» полиномом. Снова проинвертированный во временной области сигнал является выходным сигналом фильтра с практически полным подавлением боковых лепестков.

Результаты моделирования инверсного фильтра

Моделирование инверсного фильтра проводилось для случая приема сигналов, отраженных от трех целей, расположенных на близком расстоянии друг от друга. По результатам моделирования проводится сравнение уровня боковых лепестков принимаемого сигнала на выходе блока согласованной фильтрации и на выходе инверсного фильтра.

Результаты моделирования приведены на рисунках 2 (сигнал на выходе согласованного фильтра) и 3 (сигнал на выходе инверсного фильтра).

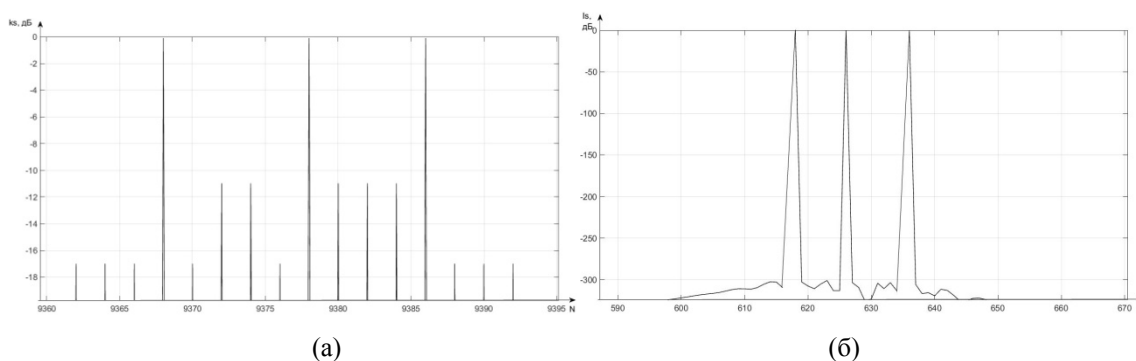


Рис. 2. Автокорреляционная функция сигнала, отраженного от трех близкорасположенных целей (а), и сигнал на выходе блока инверсной фильтрации (б) (дБ)

Как видно из рисунков 2-3, при отсутствии шумов уровень боковых лепестков сигнала при инверсной фильтрации на порядок ниже уровня боковых лепестков АКФ того же эхо-сигнала. Однако в результате проведенного моделирования был сделан вывод, что при подаче на вход инверсного фильтра смеси сигнала и аддитивного белого гауссовского шума результаты обработки сигнала инверсным фильтром становятся некорректными. Такое свойство инверсного фильтра делает невозможным его непосредственное использование в приемном тракте радиолокационной системы.

Математическое описание оптимального фильтра

Предлагаемый А. Эльбардавани в [2] оптимальный фильтр предполагается использовать в каскаде с согласованным фильтром. Суть метода заключается в том, что сигнал на выходе согласованного фильтра можно представить в виде суммы составляющих, описывающих главный и боковые лепестки корреляционной функции (10):

$$R(e^{j\omega}) = M(e^{j\omega}) + S(e^{j\omega}), \quad (10)$$

где $M(e^{j\omega})$ описывает главный лепесток корреляционной функции, $S(e^{j\omega})$ – боковые лепестки.

Тогда в общем виде передаточная функция предлагаемого фильтра примет вид, описываемый формулой (11):

$$H_{op}(e^{j\omega}) = M(e^{j\omega}) * R(e^{j\omega})^{-1}. \quad (11)$$

Для выхода фильтра, согласованного с кодом Баркера длительностью N , передаточная функция описываемого фильтра будет иметь вид (12):

$$H_{op}(e^{j\omega}) = \frac{N}{N + 2 \sum_{i=1}^{\frac{N-1}{2}} \alpha_i \cos(2i\omega)}. \quad (12)$$

В выражении (12) α_i описывает коэффициенты боковых лепестков корреляционной функции. Коэффициенты α_i рассчитываются на основании автокорреляционной функции используемой кодовой последовательности в соответствии с методикой, описанной в [4].

Результаты моделирования оптимального фильтра

На данном этапе исследований моделирование проведено для отражения сигнала от одной цели. В качестве тестового сигнала используется семипозиционный код Баркера. При этом проведены исследования для обработки сигнала в идеальных условиях и при наличии в канале аддитивного белого гауссовского шума.

На рисунках 3 а-б приведены результаты моделирования для идеального случая: корреляционная функция принятого сигнала (рисунок 3, а) и выход оптимального фильтра (рисунок 3, б).

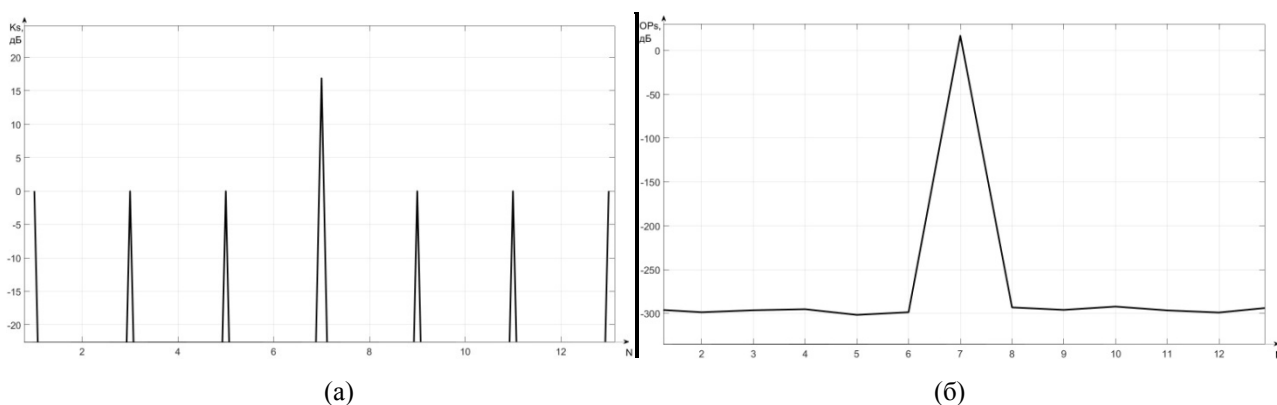


Рис. 3. Результаты моделирования при отсутствии зашумления принимаемого сигнала:
а – корреляционная функция; б – выход оптимального фильтра

Результаты моделирования для зашумленного сигнала приведены на рисунках 4 а-б.

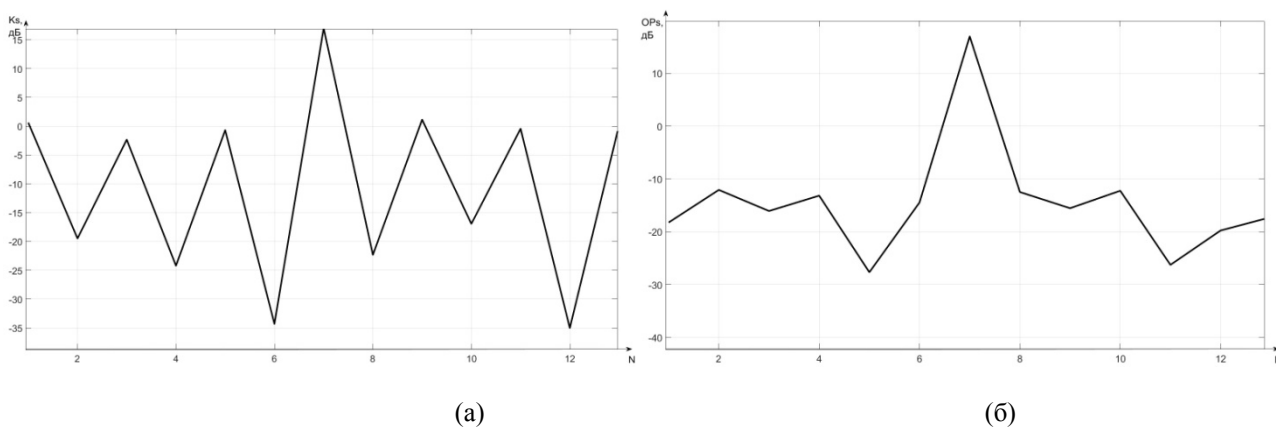


Рис. 4. Результаты моделирования при отношении «сигнал-шум» 10 дБ:
а – корреляционная функция; б – выход оптимального фильтра

Как видно из рисунка 3, предлагаемый в [2] алгоритм фильтрации для случая незашумленного входного сигнала демонстрирует уровень подавления боковых лепестков, практически не уступающий алгоритму инверсной фильтрации. В то же время, как видно из рисунка 4, предлагаемый фильтр сохраняет свою работоспособность при зашумлении входного сигнала, что делает возможным его практическое применение в процессе проектирования радиолокационных систем.

Заключение

Проведенное моделирование продемонстрировало высокую эффективность применения алгоритма инверсной фильтрации для подавления боковых лепестков при приеме эхосигналов с фазовой манипуляцией. Однако дальнейшие исследования показали невозможность использования инверсного фильтра при наличии шумовой составляющей в принимаемом сигнале, что создает существенные сложности для применения инверсного фильтра в радиолокационных системах. С точки зрения практической применимости гораздо лучшие результаты продемонстрировал оптимальный фильтр А. Эльбардавини, не теряющий своих свойств при зашумлении принимаемого сигнала.

Библиографический список

1. Френкс Л. Теория сигналов. Пер. с англ. под ред. Д.Е. Вакмана. — М.: Советское радио, 1974, 344 с.
2. A. Elbardawiny, A. Sobhy. A novel sidelobe cancellation method for binary barker code pulse compression. — Aerospace sciences and aviation technology, 2017, — 10 с.
3. Rihaczek A.W. Range side lobe suppression for Barker codes. — IEEE Transactions Aerospace and Electronic System, Vol AES-7, №6/1971. - pp. 1087-1092.
4. K. Jung, C. Kim. Design of optimum mean square sidelobe suppression filter. — IEEE International radar conference, 1992. — 3 с.
5. Ackroyd M.H. Optimum mismatched filters for sidelobe suppression. — IEEE Transactions Aerospace and Electronic System, Vol AES-9, №2/1973. - pp. 214-218.
6. Erikmats E. Range side lobe suppression method for a phase modulated radar pulse. — U.S. Patent №4095225, 1978.
7. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М.: Радио и связь, 1985. — 384 с.
8. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. — М.: Советское радио, 1970. — 376 с.
9. Тузов Г.И. Статистическая теория приема сложных сигналов. — М.: Советское радио, 1977. — 400 с.

УДК 621.396.49

ТЕХНОЛОГИЯ АСМ В СИСТЕМЕ DVB-S2X

Т.Х. Нгуен

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, taihiennth@gmail.com*

Аннотация. Технология спутникового цифрового видеовещания второго поколения DVB-S2 реализует расширенные возможности методов модуляции и исправления ошибок, обеспечивающие высокую надежность доставки трафика и значительную спектральную эффективность. Разработанный для DVB-S2 адаптивный метод кодирования и модуляции (АСМ), позволяет приемному терминалу VSAT системы оперативно реагировать на изменение интенсивности шума, помех и других условий прохождения радиосигнала по каналу связи. В результате технология АСМ приводит к минимальной избыточности передаваемых сообщений, необходимой для достижения требуемого качества доставки трафика, и тем самым увеличивает общую пропускную способность системы. В статье рассматривается применение технологии АСМ в системе DVB-S2 и ее последующее развитие в системе DVB-S2X, в которой были реализованы дополнительные комбинации видов модуляции и параметров помехоустойчивого кодирования, что обеспечило на практике повышение спектральной эффективности и возможности работы в условиях низких отношениях сигнал-шум.

Ключевые слова: MODCOD, ACM, DVB-S2/S2X, интерактивные приложения.

ACM TECHNOLOGY IN DVB-S2X SYSTEM

T.H. Nguyen

Ryazan State Radio Engineering University,
Russia, Ryazan, taihiennth@gmail.com

The summary. The second-generation DVB S2 satellite-based digital video surveillance technology provides advanced modulation and error correction methods that provide high reliability and wide delivery efficiency. The adaptive coding and modulation (ACM) method developed for DVB-S2, which allows the receiving terminals of the VSAT-system to quickly respond to changes in noise, interference, and other conditions of the passage of the radio signal over the communication channel. As a result, ACM technology results in minimal redundancy of transmitted messages. The article uses ACM technology in the DVB-S2 system and its subsequent development in the DVB-S2X system, in which various types of noise were implemented.

Keywords: MODCOD, ACM, DVB-S2/S2X, interactive applications.

Адаптивное кодирование и модуляция – ACM в DVB-S2

Технология ACM в DVB-S2 позволяет использовать для передачи данных различные комбинации видов модуляции и скоростей помехоустойчивого кодирования (MODCOD) с возможностью их оперативного изменения в процессе передачи. Эта функция может быть реализована только при наличии обратного канала, по которому приемная станция сообщает передатчику о фактических условиях приема. В результате параметры передачи могут быть оптимизированы для каждого отдельного пользователя в зависимости от условий распространения радиосигнала, что приводит к увеличению средней пропускной способности канала связи.

Это означает, что у конечного пользователя VSAT системы при использовании стандарта DVB-S2 появляется возможность оперативной адаптации к пространственно-временным изменениям канала связи путем оптимального выбора MODCOD к текущему значению отношения сигнал-шум плюс помеха (SNIR).

Для достижения высокого качества адаптации требуется наличие большого количества различных MODCOD, обеспечивающих функционирование системы связи в широком диапазоне SNIR. Причем для достижения максимальной производительности передачи данных дискретность изменений SNIR, поддерживаемых системой, должна быть достаточно малой при хороших условиях прохождения радиосигнала и может быть существенно возрастать в зашумленном канале связи.

Спецификация DVB-S2 определяет набор параметров модуляции и помехоустойчивого кодирования, которые включают в себя QPSK, 8-PSK, 16-APSK и 32-APSK [1]. Помехоустойчивое кодирование реализуется каскадной схемой, состоящей из внешнего кода BCH и внутреннего кода LDPC со скоростями кодирования от 1/4 до 9/10. Кодирование выполняется над блоками битов размером $n=16200$ для коротких кадров и $n=64800$ битов для обычных кадров [1]. Комбинацией различных видов модуляции и скоростей помехоустойчивого кодирования в стандарте удалось обеспечить дискретность изменения SNIR порядка 1 дБ в диапазоне значений от -2 дБ до 16 дБ в условиях действия аддитивного белого шума (AWGN).

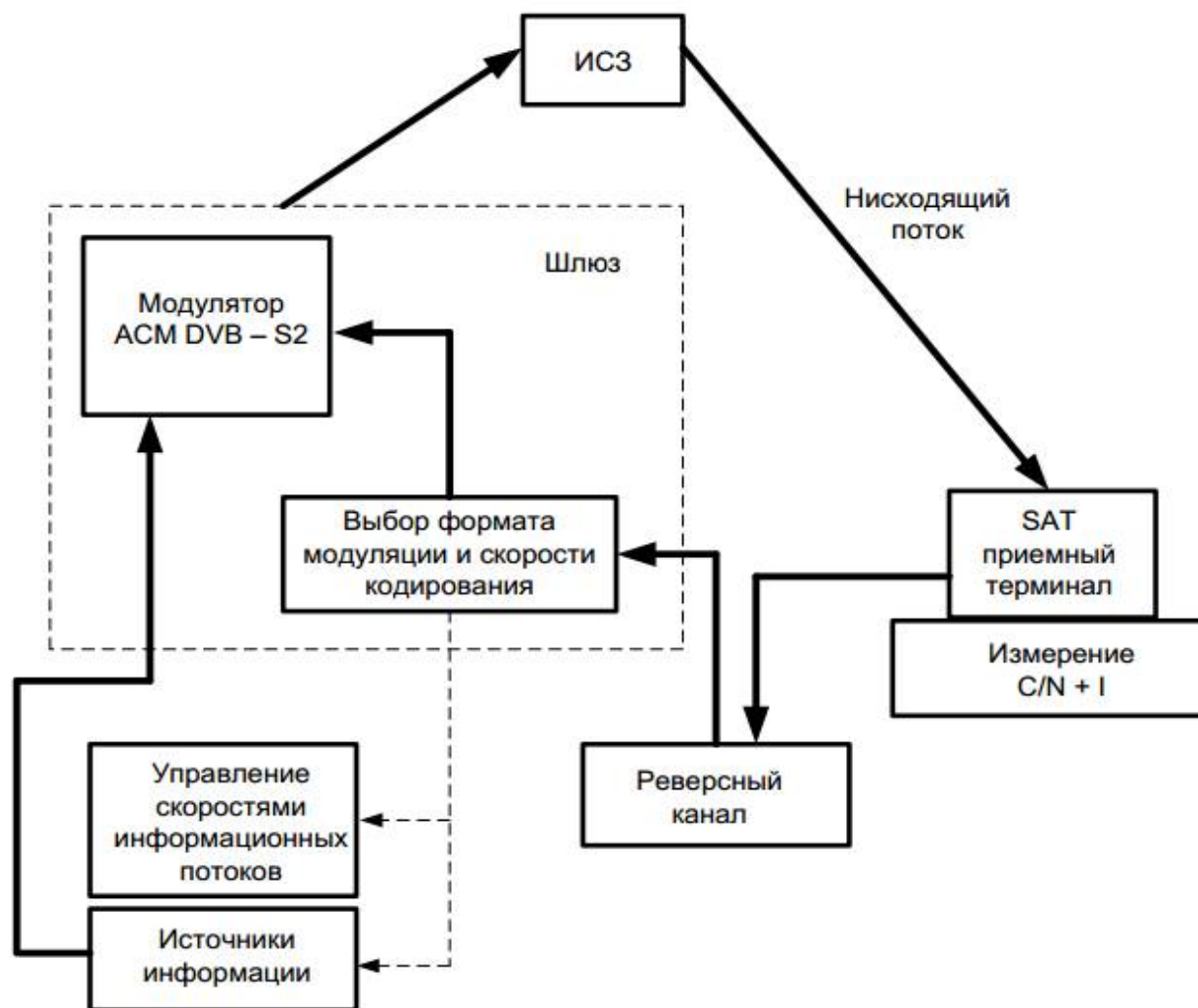


Рис. 1. Блок-схема канала DVB-S2 ACM

На рисунке 1 показана блок-схема спутниковой линии связи DVB-S2 с использованием технологии ACM. Схема включает в свой состав шлюз, состоящий из модулятора ACM и модуля выбора формата MODCOD, ИСЗ (искусственный спутник Земли), спутниковый приемный терминал, соединенный с шлюзом через обратный канал связи. Модулятор ACM DVB-S2 работает с постоянной скоростью передачи символов, поскольку доступная полоса пропускания ретранслятора считается постоянной. Процедура ACM реализуется путем передачи последовательности временных кадров физического уровня (TDM - мультиплексирование с временным разделением), каждый из которых переносит кодированный блок и содержит унифицированный формат модуляции в соответствии с ранее установленным MODCOD. При возникновении соответствующих условий MODCOD может изменяться от кадра к кадру.

Алгоритм ACM обеспечивает наилучший выбор MODCOD для поддержания качества канала связи на требуемом уровне. Невысокая скорость кодирования и низкая позиционность модуляции повышают надежность передачи в условиях низкого качества канала связи, а переход к высоким скоростям кодирования и многопозиционным видам модуляции обеспечит достижение высокой спектральной эффективности передачи в условиях высоких SNIR.

Производительность DVB-S2 в режиме ACM

Технология ACM позволяет значительно увеличить среднюю пропускную способность системы и обеспечивает доступность связи в условиях низких SNIR, что делает систему экономически привлекательной для различных интерактивных приложений. По сравнению с CCM (неадаптивное помехоустойчивое кодирование и виды модуляции) система на основе ACM может обеспечить следующее [1].

1. Более высокую пропускную способность системы, чем при применении CCM за счет оперативной адаптации ACM к складывающейся помеховой обстановке.

2. Более высокую доступность системы связи, поскольку при возникновении глубоких замираний ACM может использовать более надежные схемы модуляции и кодирования. Это достигается за счет небольшого снижения общей пропускной способности системы, поскольку число пользователей, затронутых событиями глубокого замирания, будет ограничено.

3. Большую эффективность повторного использования в сочетании с более сложными антенными системами.

Несмотря на то, что в DVB-S2 отражены 11 скоростей помехоустойчивого кодирования и 4 вида модуляции, в стандарте используются только 28 комбинаций MODCOD из 44 возможных. Практические исследования системы DVB-S2 и моделирование работы профилей физического уровня показали, что с использованием сокращенного подмножества MODCOD можно достичь разумный компромисс между производительностью передачи данных и сложностью технической реализации терминалов.

Краткое изложение основных технических улучшений DVB-S2X

Система DVB-S2X существенно расширяет диапазон SNIR в области низких отношений сигнал-шум (VL-SNIR). Это качество расширяет функциональность DVB-S2X для различных приложений с низким энергопотреблением и малой мощностью излучения, таких как сети VSAT. Вместе с этим DVB-S2X поддерживает работу и при очень высоких SNIR (VH-SNIR), улучшая пропускную способность на высококачественных магистральных линиях связи [2].

В стандарте DVB-S2X существенно доработана сигнализация физического уровня, что обеспечило более точный выбор MODCOD и, как следствие, большую гибкость в отношении оптимизации использования ресурсов канала связи. Спецификация DVB-S2X реализует дополнительные функции MODCOD, которые могут использоваться для линейных режимов работы транспондера (линейные MODCOD, обозначенные суффиксом '-L' в названии), которые оптимизированы для линейного канала при наличии фазового шума [2]. Применение этих функций дает дополнительный прирост в SNIR, в некоторых случаях до 1 дБ при той же спектральной эффективности. Кроме того, с использованием большего количества MODCOD уменьшилась дискретность SNIR от (1..1,5) дБ в DVB-S2 до (0,4..0,5) дБ в DVB-S2X.

В DVB-S2X также заложена возможность использования спектрально-эффективных видов модуляции 64-APSK, 128-APSK и 256-APSK, по сравнению с 32-APSK в DVB-S2. Это приводит к увеличению спектральной эффективности от 10% и выше.

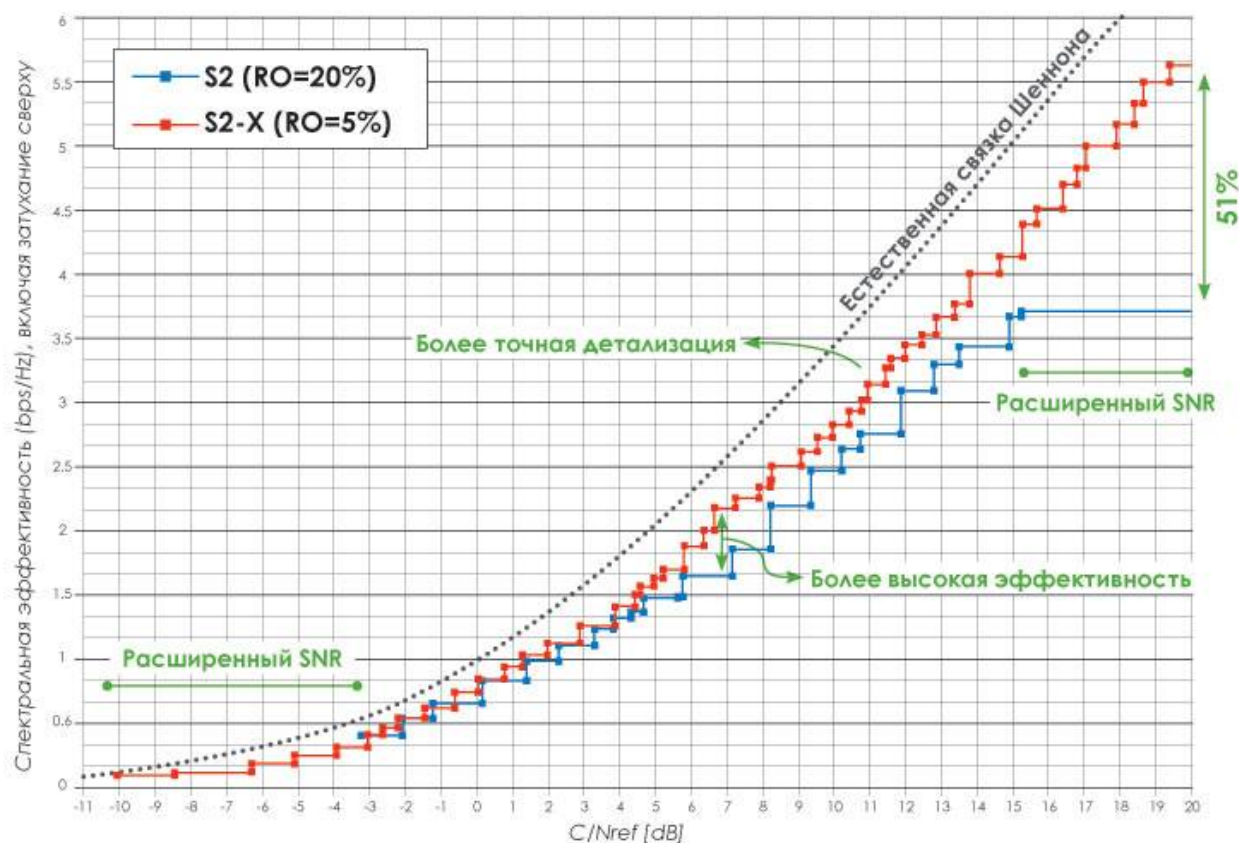


Рис. 2. Спектральная эффективность в зависимости от C/Nref (SNIR) для той же занимаемой полосы пропускания (линейный канал AWGN) [3]

На рисунке 2 показаны смоделированные зависимости спектральной эффективности от SNIR в канале AWGN для DVB-S2 (синие маркеры, связанные с синей сплошной линией) и DVB-S2X (красные маркеры, связанные с красной сплошной линией). Диаграммы построены для стандартных блоков данных (и $n=64800$ битов) со сглаживанием 5% для DVB-S2X и 20% - для DVB-S2.

Как видно из рисунка, система DVB-S2X обеспечивает более высокую спектральную эффективность, которая при C/Nref в 20 dB составляет величину 51% по сравнению с системой DVB-S2.

Заключение

Стандарт DVB-S2X расширяет набор допустимых схем модуляции и помехоустойчивого кодирования MODCOD и предоставляет тем самым лучшие возможности прямого исправления ошибок по сравнению с DVB-S2. Благодаря увеличению количества MODCOD поставщик услуг может дополнительно оптимизировать спутниковую связь в зависимости от приложения и текущих условий связи. С использованием технологии ACM выбором наиболее подходящего MODCOD можно добиться высокой спектральной эффективности и требуемого уровня качества связи. Количество MODCOD выросло с 28 в DVB-S2 до 112 в DVB-S2X, что обеспечило энергетическую эффективность, максимально приближенную к теоретическому пределу Шеннона [2].

Библиографический список

1. Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2.
2. Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: DVB-S2 Extensions (DVB-S2X).
3. DVB-S2X [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://mediasat.info/2015/06/03/dvb-s2x/> – Дата доступа: 14.02.2020.

УДК:621.391; ГРНТИ:49.33.29

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖСОТОВОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В ГЕТЕРОГЕННЫХ LTE СЕТЯХ

И.И. Макаркин

*Рязанский государственный радиотехнический университет,
Российская Федерация, Рязань, dr.makarkin2011@yandex.ru*

Аннотация. В работе проводится краткий обзор по программным моделям, которые могут быть использованы для исследования межсотовой интерференции в мобильных гетерогенных LTE сетях

Ключевые слова: межсотовая координация помех (ICIC), симулятор NS-3, simuLTE .

OVERVIEW OF SOFTWARE MODELS FOR RESEARCH OF INTERMANUAL INTERFERENCE IN HETEROGENEOUS LTE NETWORKS

*Ryazan State Radio Engineering University,
Russia, Ryazan, dr.makarkin2011@yandex.ru*

The summary. The paper provides a brief review of software models that can be used to study inter-cell interference in mobile heterogeneous LTE networks.

Keywords: inter-cell interference coordination (ICIC), NS-3 simulator, simuLTE.

В последние годы спрос на услуги с высокой скоростью передачи данных быстро растет, и это побудило 3GPP разработать новый стандарт под названием Long Term Evolution (LTE). LTE - это широкополосная интернет-система, работающая по протоколу IP, с голосовой связью, и другие службы созданы для обеспечения конкурентоспособности 3GPP по сравнению с другими сотовыми технологиями. Следовательно, в LTE Release 8 достигается пиковая скорость передачи данных 100 Мбит / с в нисходящей линии связи и 50 Мбит / с в восходящей линии связи с задержкой радиосети менее 5 мс. Кроме того, LTE может поддерживать различные полосы пропускания, такие как 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц и 20 МГц, и имеет улучшенную эффективность использования спектра. Главной особенностью LTE, отличающую ее от сетей предыдущих поколений, является использование множественного доступа с ортогональным частотным разделением (OFDMA) в качестве технологии множественного доступа в нисходящей линии связи и множественный доступ с частотным разделением с одной несущей (SC-FDMA) для восходящей линии связи

Проблема внутрисотовых и межсотовых помех в сети LTE

Поскольку ширина полосы радиосвязи является дефицитным ресурсом в беспроводной связи, многие операторы используют частоту повторного использования в своих сотовых сетях. Однако в этом сценарии производительность системы сильно ухудшается из-за помех, вызванных соседними сотами [1]. Внутрисотовые и межсотовые помехи являются двумя основными категориями помех в сотовой сети. Поскольку система нисходящей линии связи LTE использует технологию OFDMA, внутрисотовые помехи не являются проблемой

из-за ортогональности среди поднесущих. Тем не менее, межсотовые помехи, которые вызваны использованием одной и той же частоты между обслуживающей сотой и соседней сотой, могут снизить производительность LTE с точки зрения пропускной способности и спектральной эффективности, особенно для абонентов на границе соты.

В данной статье будут рассмотрены три программных модели сети LTE, позволяющих оценить влияние межсотовой интерференции между сотами, а также реализовать известные методы снижения данного негативного явления.

Сетевой симулятор NS-3 [2]

NS-3 - это сетевой симулятор дискретных событий для интернет-систем, предназначенных главным образом для исследовательских и образовательных целей. NS-3 является свободным программным обеспечением, лицензированным по лицензии GNU GPLv2, и является общедоступным для исследований, разработок и использования.

NS-3 разрабатывается большим сообществом ученых с разнородными исследовательскими интересами и уже включает в себя значительное количество сетевых модулей (например, WiFi, WiMAX, ячеистые сети 802.11s и т.д.). Симулятор ns-3 LTE (Baldo et al., 2011), отныне ns-3-LTE из-за отсутствия лучшего названия, - это постоянное усилие, разработанное для обеспечения сквозного моделирования с реалистичными моделями трафика. Он включает в себя как сеть радиодоступа, так и ядро Evolved Packet Core. Недавно была выпущена платформа SAFE (Simulation Automation Framework для экспериментов), предоставляющая функциональные возможности для планирования, контроля и хранения результатов экспериментов в NS-3. Тем не менее, проект SAFE - все еще продолжающийся на момент написания - кажется, требует нетривиальных усилий на стороне пользователя для интеграции с ns-3.

Ниже приведены некоторые отличительные особенности ns-3 в отличие от других инструментов.

1. ns-3 разработан как набор библиотек, которые могут быть объединены вместе, а также с другими внешними библиотеками программного обеспечения. В то время как некоторые платформы моделирования предоставляют пользователям единую интегрированную среду графического интерфейса пользователя, в которой выполняются все задачи, в этом отношении ns-3 является более модульной. Несколько внешних аниматоров и инструментов анализа и визуализации данных могут быть использованы с ns-3. Тем не менее, пользователи должны ожидать работы в командной строке и с инструментами разработки программного обеспечения C++ и / или Python.
2. ns-3 в основном используется в системах Linux или macOS, хотя существует поддержка для систем BSD, а также для сред Windows, которые могут создавать код Linux, таких как Windows Subsystem для Linux или Cygwin. Собственная Windows Visual Studio в настоящее время не поддерживается, хотя разработчик работает над будущей поддержкой. Пользователи Windows также могут использовать виртуальную машину Linux.
3. ns-3 не является официально поддерживаемым программным продуктом какой-либо компании. Поддержка ns-3 осуществляется наилучшим образом на форуме ns-3-users (ns-3-users@googlegroups.com).

SimuLTE - модульный симулятор системного уровня для сетей LTE / LTE-A на базе OMNeT++ [3]

Симулятор LTE под названием SimuLTE, был разработан для среды моделирования OMNeT (Varga et al., 2008) и был выпущен в рамках LGPL на <http://www.simulte.com>.

SimuLTE моделирует плоскость данных сети радиодоступа LTE / LTE-A и Evolved Packet Core. SimuLTE позволяет моделировать LTE / LTE-A в режиме дуплексной передачи с частотным разделением (FDD) с гетерогенными узлами eNB (макро, микро, пико и т. д), используя всенаправленные и анизотропные антенны, возможно, связываясь через интерфейс X2. Поддерживаются реалистичные модели каналов, MAC и планирование ресурсов в обоих направлениях. В текущем выпуске управление радиоресурсами (RRC) не моделируется. Общая структура трех основных узлов показана на рисунке 1.

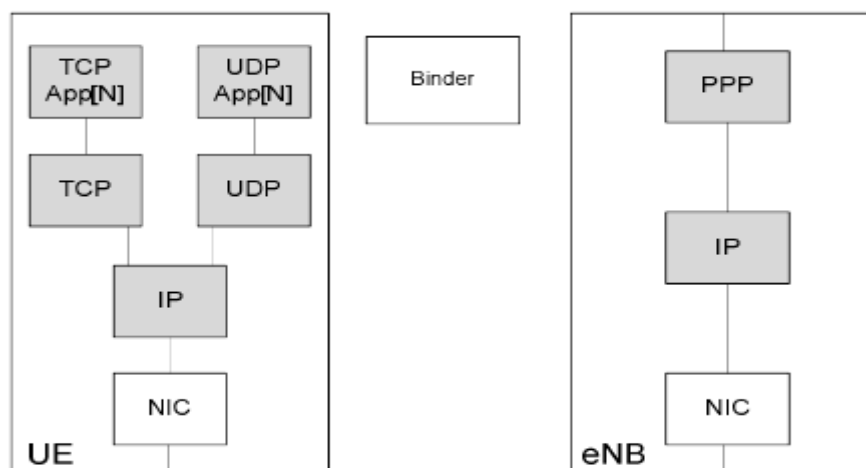


Рис.1. Общая структура узлов симулятора SimuLTE

SimuLTE реализует eNB и UE как составные модули. Они могут быть связаны друг с другом и с другими узлами (например, маршрутизаторами, приложениями и т. д.) для создания сетей. Модуль Binder вместо этого виден всем другим узлам в системе и хранит информацию о них, такую как ссылки на узлы. Он используется, например, для определения местоположения мешающих eNB, чтобы вычислить межсетевые помехи, воспринимаемые UE в его обслуживаемой сети. UE и eNB дополнительно состоят из модулей. Каждый модуль имеет связанный файл описания (.ned), определяющий его структуру, и может иметь класс файл определения (.cpp, .h), который реализует функциональные возможности модуля.

Таким образом, OMNeT, на котором базируется данный симулятор, обладает следующими особенностями: во-первых, это стабильный, зрелый и многофункциональный фреймворк, гораздо больше, чем ns-3. Он был выпущен в 2001 году с явной целью - автоматизировать как можно больше этапов рабочего процесса моделирования, для проведения масштабных симуляционных исследований и преодоления разрыва между записью моделей и получением достоверных результатов. Во-вторых, он идеально модульный, что облегчает написание всего необходимого кода с нуля и облегчает его расширение. В-третьих, он уже включает в себя большое количество имитационных моделей, например, INET, который может похвастаться впечатляющей матрицей протоколов, всем стеком TCP / IP, мобильностью, беспроводными технологиями и т. д. Благодаря модульной структуре это позволяет пользователям моделировать смешанные сценарии. В-четвертых, OMNeT имеет плавную кривую обучения: начинающие пользователи могут использовать графические интерфейсы для настройки и запуска довольно сложных сценариев в кратчайшие сроки, в то время как опытные пользователи могут использовать структурированный язык определения топологии (NED, NETwork Description). Наконец, что не менее важно, он поддерживается большим и активным сообществом пользователей, как из научных кругов, так и из сетевых отраслей.

The Vienna LTE Simulators

Венский симулятор системного уровня LTE института телекоммуникаций в Венском технологическом университете – это программное обеспечение с открытым исходным кодом, разработанное в MATLAB с использованием возможностей объектно-ориентированного программирования (ООП), которые были представлены в выпуске 2008а. Работа была профинансирована A1 Telekom Austria AG и Христианской доплеровской лабораторией беспроводных технологий для устойчивой мобильности. Симулятор доступен в [4]. В рамках проекта сначала разрабатывается симулятор уровня канала связи, а затем модернизируется до симулятора уровня системы. В то время как моделирование на уровне канала позволяет исследовать такие проблемы, как коэффициенты усиления с множественным входом и несколькими выходами (MIMO), обратная связь с адаптивной модуляцией и кодированием (AMC), моделирование кодирования и декодирования канала, моделирование на системном уровне фокусируется больше по вопросам, связанным с сетью, таким как планирование, обработка мобильности, управление помехами или распространение сигналов. Затем при моделировании на уровне системы физический уровень абстрагируется от результатов на уровне канала и изучается производительность сети. Чтобы иметь представление о симуляторе, схематическая блок-схема предлагается на рисунке 2.

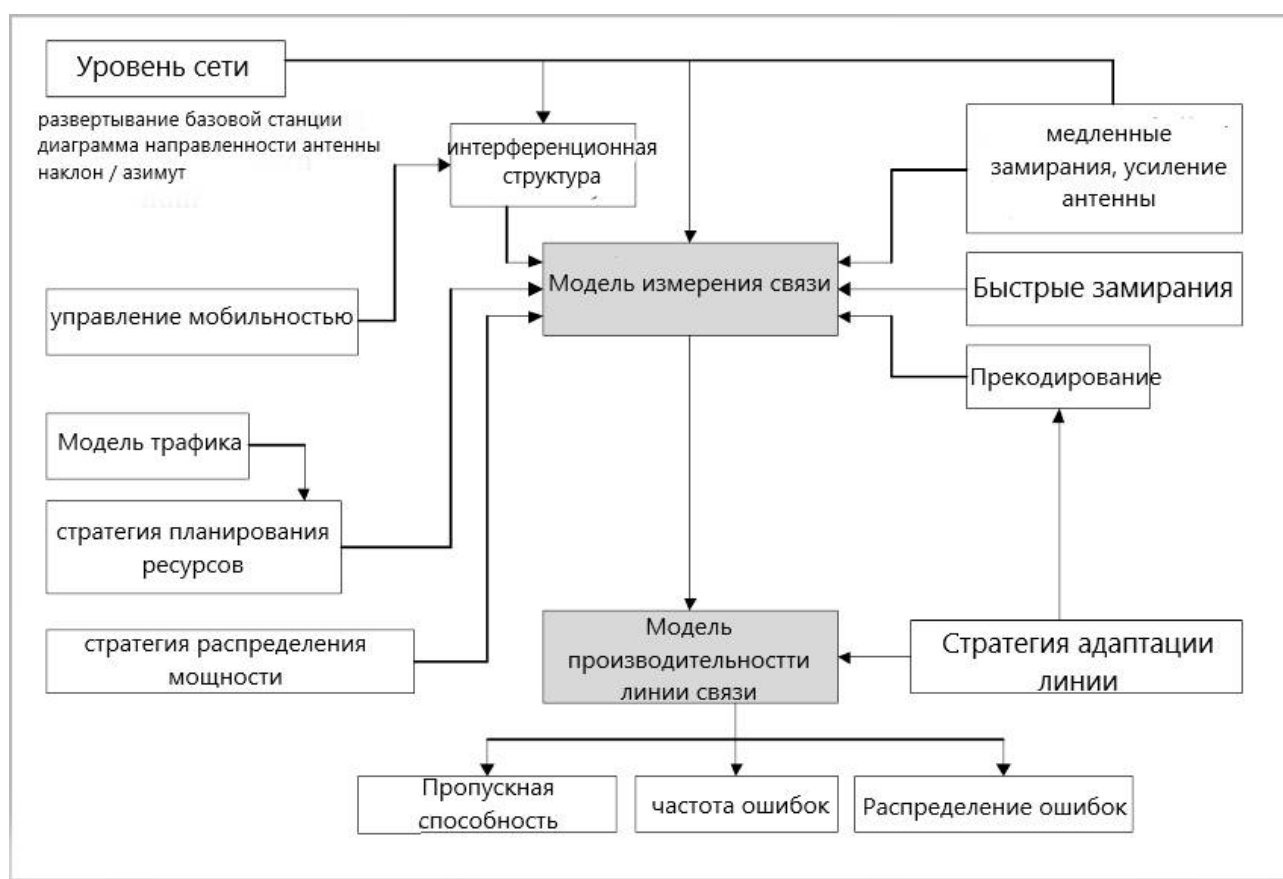


Рис. 2. Структура Венского симулятора

Таким образом, в данной статье были кратко рассмотрены три программных модели, каждая из которых обладает своими отличительными особенностями и может быть использована для исследования существующих методов борьбы с межсотовой интерференции (ICIC).

Библиографический список

1. LTE-SAE architecture and performance / Beming P., Frid L., Hall G., Malm P., Noren T., Olsson M., et al [Электронный ресурс]. — <http://www.ericsson.com>. — Дата доступа: 21.02.2020.
2. Consortium NS-3. ns-3 Model Library // ns-3 project. — 2015. — URL: <https://www.nsnam.org/docs/release/3.24/models/ns-3-model-library.pdf>. — Дата доступа: 21.02.2020.
3. A. Virdis G. Stea G. Nardini. SimuLTE: A Modular System-level Simulator for LTE/LTE-A Networks based on OMNeT++ // SimulTech 2014, Vienna, AT. — 2014. — August. — P. 28–30
4. J. C. Ikuno, M. Wrulich, and M. Rupp. System level simulation of Lte networks. IEEE VTC2010-Spring, May 2010.

УДК 621.396; ГРНТИ 49.03.05

ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИГНАЛОВ В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ

Д.А. Дворянков, С.В. Витязев

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, dvoryankov.d.a@mail.ru*

Аннотация. В работе рассматривается разработка на базе модуля AWR1642 средств экспериментальной оценки статистических свойств радиосигналов, характерных для систем предупреждения столкновений

Ключевые слова: ССВ, системы предупреждения столкновений, отражение сигналов, миллиметровые волны

EVALUATION OF SIGNALS STATISTICAL PROPERTIES IN COLLISION ALARM SYSTEM

D.A. Dvoryankov, S.V. Vityazev

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, dvoryankov.d.a@mail.ru*

The summary. The paper discusses the development of equipment to evaluate statistical characteristics of radio signals in collision avoidance systems based on AWR1642 evaluation module

Keywords: ADAS, collision avoidance systems, signal reflection, millimeter waves

В настоящее время в автомобилях всё чаще используются системы содействия водителю (ССВ), в частности системы предупреждения столкновений. Они повышают безопасность движения на дорогах и позволяют водителю транспортного средства заранее узнавать о возможности ДТП, а также обеспечивают работу устройства экстренного торможения. При текущей статистике опасных ситуаций на дорогах изучение статистических свойств сигналов, используемых в подобных системах, является актуальным. В автомобильных радарх дальнего действия обычно применяется непрерывный сигнал с линейной частотной модуляцией. Одним из аргументов в пользу этого типа сигнала является относительная простота устройств его формирования и обработки. В [1] описываются возможности по комбинированию радаров и систем передачи информации, использующих OFDM. В качестве зондирующего сигнала используется выборка радиочастотного сигнала телекоммуникационной системы, модулированного передаваемым информационным сигналом. Данный сигнал после отражения от объектов принимается приемником, осуществляющим сравнение переданного и принятого сигналов. Расстояние до цели соответствует сдвигу фазы на каждой несущей OFDM, а скорость движения - сдвигу частоты. Эти параметры оцениваются в соответствии с принципом максимального правдоподобия.

Для решения поставленных задач необходимо знать статистические свойства радиотехнических сигналов, отражённых от различных объектов. Данная работа посвящена анализу статистических свойств отражённых сигналов в системах предупреждения столкновений.

Формирование подхода к экспериментальной оценке статистических свойств сигналов

При формировании подхода к экспериментальной оценке статистических свойств отражающихся от различных объектов сигналов возникает ряд проблем. Одной из главных трудностей, возникающих при оценке статистических свойств сигналов, отражённых от реальных объектов и полученных экспериментальным путём, является отсутствие информации о значениях эффективной площади рассеяния (ЭПР). В таком случае можно оперировать значениями спектральной плотности мощности (СПМ) сигнала. Другими словами, в качестве модели отражения радиосигналов от объектов заданных типов можно использовать такую статистическую модель, как закон распределения вероятностей мощности отражения от объектов.

Любое радиолокационное наблюдение - это ансамбль реализаций сигналов $p(n)$. Можно оценивать мощности каждой из реализаций и строить гистограмму мощностей отражений P_n . В основе метода гистограмм лежит построение опытного распределения наблюдаемых значений исследуемого показателя – гистограммы распределения. Гистограмма представляет собой столбчатый график, построенный по полученным опытным (эмпирическим) данным, которые разбиваются на ряд интервалов или дискретных значений (например, середин интервалов), расположенных в порядке возрастания (ось абсцисс – ось X). Число данных (частота значений), попадающих в каждый интервал или соответствующих каждому дискретному значению, определяет высоту столбцов (ось ординат – ось Y) [2]. Пример гистограммы приведен на рисунке 1.

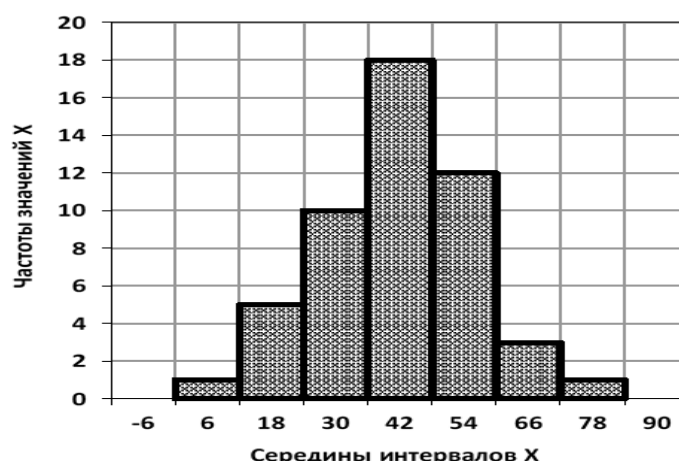


Рис. 1. Пример гистограммы распределения опытных данных

Статистические свойства случайного процесса $X(t)$ можно определить, анализируя совокупность случайных функций времени $\{X_k(t)\}$, называемых ансамблем реализаций. Здесь k — номер реализации. Мгновенные значения случайного процесса в фиксированный момент времени являются случайными величинами. Статистические свойства случайного процесса характеризуются законами распределения, аналитическими выражениями которых являются функции распределения. Данные функции могут быть получены путем аппроксимации гистограмм, являющихся результатом статистической обработки реальных результатов измерения физических величин.

Одномерная интегральная функция распределения вероятностей случайного процесса имеет вид:

$$F_1(x, t_1) = P\{X(t_1) \leq x\} \quad (1)$$

Здесь $P\{X(t_1) \leq x\}$ — вероятность того, что мгновенное значение случайного процесса в момент времени t_1 примет значение, меньшее или равное x .

Одномерная дифференциальная функция распределения случайного процесса или плотность вероятности определяется равенством

$$p_1[x, t_1] = \partial F_1(x, t_1) / \partial x. \quad (2)$$

Наиболее распространенными моментными функциями случайного процесса, определяемыми по одномерной плотности, являются:

среднее значение (первый начальный момент):

$$m_x = \int_{-\infty}^{\infty} xp_1(x, t) dx \quad (3)$$

и дисперсия (второй центральный момент):

$$\sigma_x^2(t) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 p_1(x, t) dx \quad (4)$$

Наиболее часто встречающиеся распределения: нормальное распределение, равномерное распределение, Релеевское распределение (см. рисунок 2). Нормальное распределение имеют многие шумоподобные сигналы, обусловленные совместным действием большого числа независимых факторов. Распределение, близкое к равномерному, могут иметь, например, сигналы, передающие телеметрическую информацию, особенно если в ней отсутствует избыточность, поскольку равномерное распределение обладает максимальной неопределённостью. Релеевское распределение имеют сигналы на выходе линейных амплитудных детекторов при действии на их входе нормального процесса. Близко к нему — распределение телевизионного видеосигнала [3].

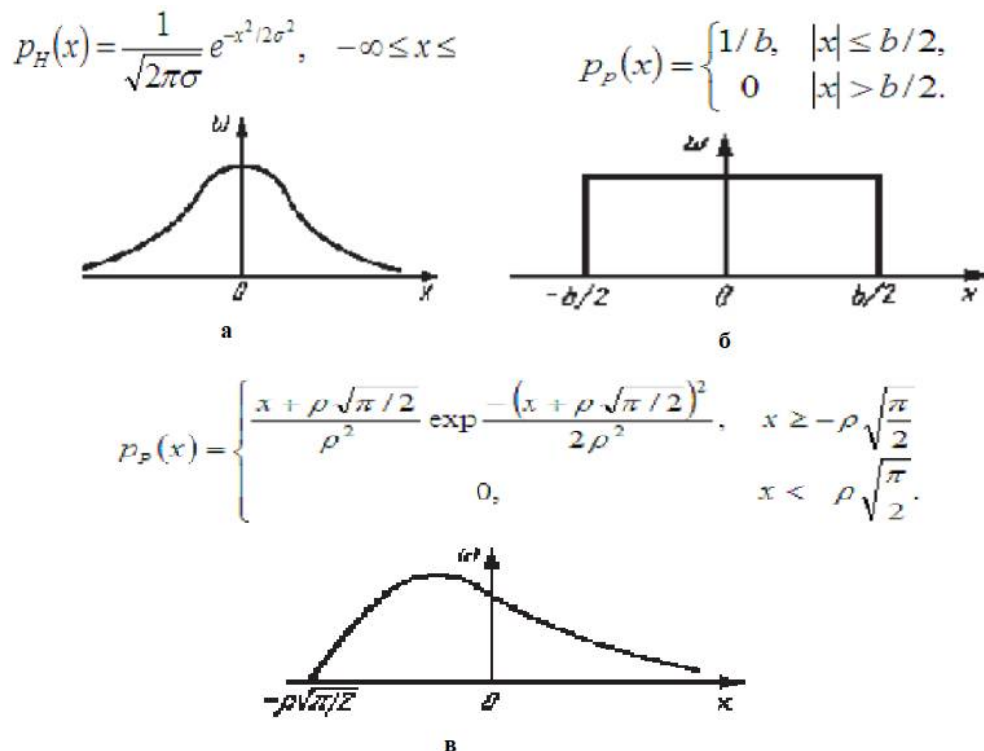


Рис. 2. Распределения случайных величин: а) нормальное; б) равномерное; в) Релеевское.

Зная закон распределения, можно рассчитать все необходимые числовые характеристики, такие как математическое ожидание, дисперсия и другие.

Экспериментальное определение статистических характеристик сигналов

Перед оценкой статистических характеристик сигнала, необходимо зарегистрировать отраженный сигнал в реальных условиях. Для этого в данной работе был использован отладочный модуль AWR1642boost производства фирмы Texas Instruments. Он представляет собой простую в использовании отладочную плату для автомобильного радара AWR1642 с прямым подключением к средствам разработки микроконтроллера. Модуль AWR1642boost построен на базе системы на кристалле, включающей управляющее ядро процессора ARM, ядро сигнальной обработки DSP семейства C674x и радиочастотное ядро, задающее вид сигнала и его параметры. Основу модуля составляет FMCW-радар с несущей частотой – 77 ГГц, с двумя передающими и четырьмя приёмными антеннами с возможностью применения технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output). Применение этой технологии подразумевает одновременное использование нескольких передающих антенн для передачи зондирующих сигналов и записи отражения от целей при помощи нескольких приемных антенн [4].

Для осуществления экспериментальной записи сигнала необходимо установить отладочный модуль на дорожном покрытии, а затем на определённое расстояние от него устанавливать конкретные объекты, символизирующие дорожные препятствия. Объекты также можно устанавливать под разными углами, чтобы изучить каким образом положение объектов влияет на характеристики сигналов, отражённых от них. При этом программное обеспечение модуля было заранее дополнено таким образом, чтобы определять граничные мощности принимаемого сигнала, а затем в полученном диапазоне формировать гистограмму. При этом сигнал записывается только из конкретного канала дальности и канала доплеровского сдвига частоты, где находится исследуемый объект.

Результаты экспериментальной оценки статистических свойств отражённых сигналов

В процессе изучения статистических свойств радиосигналов была проведена запись реальных сигналов, поступающих на автомобильный радиолокатор. В эксперименте использовались следующие объекты: силикатный кирпич и металлический цилиндр. Объекты устанавливались напротив радиолокатора на расстоянии 6,4 метра, что соответствовало 218 каналу дальности и нулевому каналу доплеровского сдвига. Затем в течении 15 минут производилось формирование гистограммы мощностей отражённых сигналов. Полученные в результате гистограммы распределения мощностей представлены на рисунках 3-5.

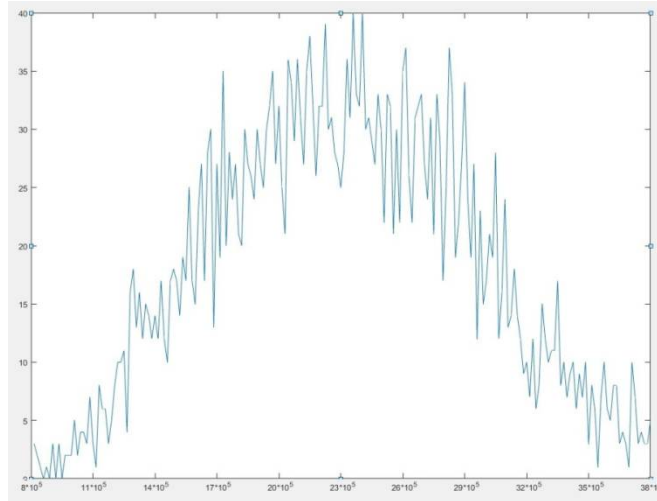


Рис. 3. Гистограмма распределения мощностей принимаемого сигнала при отсутствии цели (по оси X обозначены значения мощности, по оси Y – количество вхождений значений мощности при шаге гистограммы 16000)

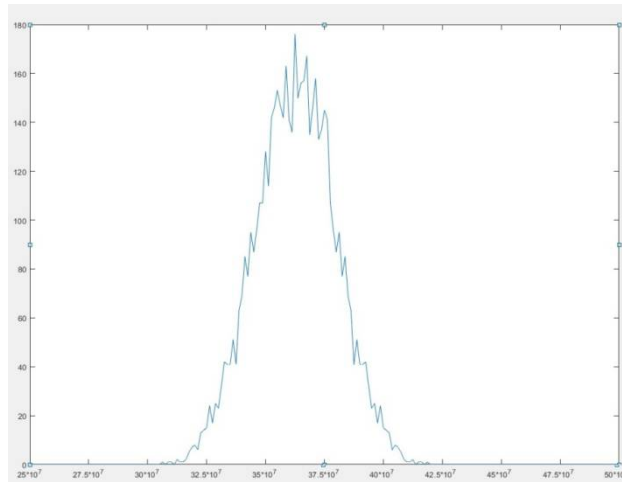


Рис. 4. Гистограмма распределения мощностей сигнала, отражённого от кирпича под углом 0° (по оси X обозначены значения мощности, по оси Y – количество вхождений значений мощности при шаге гистограммы $12,5 \cdot 10^5$)

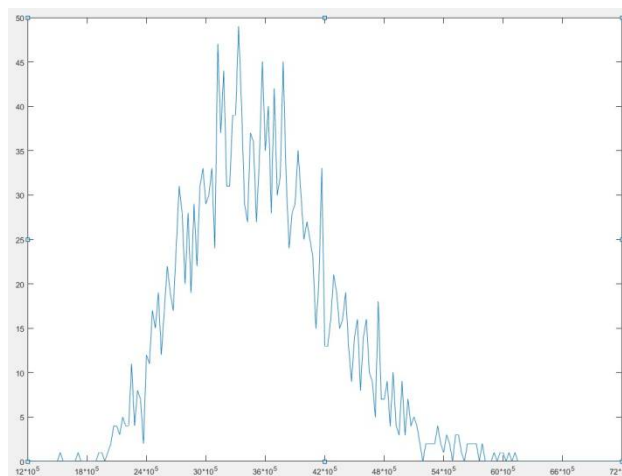


Рис. 5. Гистограмма распределения мощностей сигнала, отражённого от кирпича под углом 45° (по оси X обозначены значения мощности, по оси Y – количество вхождений значений мощности при шаге гистограммы 31000)

В результате проведения описанных выше испытаний были получены экспериментальные данные, которые в дальнейшем подлежат аналитическому исследованию. Необходимо определить по какому вероятностному закону распределены мощности, отражённые от объектов. Определив закон, не составит труда рассчитать необходимые числовые характеристики полученных сигналов. Всё это является целью предстоящих исследовательских работ. Также предполагается определить вероятности ложного обнаружения и пропуска цели, что позволит судить о качестве работы используемого отладочного модуля.

Библиографический список

1. Rohling H. OFDM Concepts for Future Communication Systems / H. Rohling, M. Narandžić, P.A. Hoeher, N. Grip, R. Kays // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. - 2011. – 254 с.
2. Солонин С. И. Метод гистограмм: учебное пособие / С. И. Солонин // М-во образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург, ЦНОТ ИТОО УрФУ, - 2014. - 97 с.
3. Кротова Е.И. Радиотехнические цепи и сигналы (часть 2): практикум / Е. И. Кротова // Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль, ЯрГУ. – 2018. - 68 с.
4. AWR1642 Evaluation Module (AWR1642BOOST) Single-Chip mmWave Sensing Solution, User's Guide, SWRU508A–May 2017–Revised May 2017.- Texas Instruments Incorporated.- 24 с.

УДК 519.25; ГРНТИ 50.43.15

ОБРАБОТКА ПОТОКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

М.Ю. Звездочкин^{1*}, В.В. Миронов²

^{1*} Филиал АО «РКЦ «Прогресс» - ОКБ «Спектр»,

Российская Федерация, Рязань, pub@zvyozdochkin.ru (* главный автор);

²Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина
Российская Федерация, Рязань, mironov.v.v@rsreu.ru

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы обработки цифровой измерительной и видеоинформации с применением кодов Рида-Соломона в условиях ограниченного времени на проведение вычислений. Приводятся два метода снижения времени вычислений, их основные особенности, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: видеосигнал, потоковое видео, искажения цифрового видеосигнала, помехоустойчивое кодирование.

PROCESSING STREAM INFORMATION WITH APPLICATION OF REED-SOLOMON CODES IN REAL TIME

M.Y. Zvezdochkin^{1*}, V.V. Mironov²

^{1*} AO "RKT "Progress" – OKB "Spectr",

Russia, Ryazan, pub@zvyozdochkin.ru (*correspondence author);

²Ryazan State Radio Engineering University named by V.F. Utkin,
Russian Federation, Ryazan, mironov.v.v@rsreu.ru

The summary. The paper discusses the problems of processing of digital measure and videostreams using Reed-Solomon codes in pseudo-real-time mode. Given two time optimization methods, their advantages and disadvantages.

Keywords: video signal, video streaming, digital video signal distortion, error control codes.

Коды Рида-Соломона – это циклические недвоичные коды, созданные для исправления различных ошибок, возникающих при передаче и хранении информации, в системах (блоках) данных. В этих кодах элементами вектора кодов являются не биты, а группы битов (или блоки битов).

Более точно коды Рида-Соломона (или в русской транскрипции РС-коды) являются недвоичными циклическими кодами Боуза-Чоудхури-Хоквингема, составляющие (или символы) которых есть элементы (конечного) поля Галуа $GF(q)$, где $q = 2^m$ – это порядок поля, m – степень поля Галуа [1, 2, 3].

РС-коды (n, k) задаются на всех m -битовых символах при всех допустимых значениях n и k : по определению: $0 < k < n \leq 2^m - 1$, где k — число кодируемых информационных символов, n — число кодовых символов в блоке [4].

Известно, что для практически используемых РС- кодов пара (n, k) оценивается, как $(n, k) = (q-1, q-1-2t)$, где t — количество ошибок, с высокой вероятностью исправляемых кодом, а $n - k = 2t = r$ – это число стандартных контрольных символов [5].

Различают систематические и несистематические коды Рида-Соломона. В случае систематического кодирования исходный код не изменяется, к нему добавляются контрольные символы. При несистематическом кодировании исходные данные кодируются. Важным преимуществом систематического кодирования является то, что при отсутствии искажений сигнала декодирование не требуется [6, 7].

В данной статье рассматривается именно систематическое кодирование Рида-Соломона.

Особым случаем является кодирование и декодирование информации «на лету», в режиме времени, близком к реальному, например, при передаче измерительной и видеоинформации. При этом предъявляются повышенные требования к эффективности алгоритмов кодирования и декодирования информации. Особенно это относится к алгоритму декодирования, поскольку декодирование по Риду-Соломону – значительно более трудоемкая задача, чем кодирование.

Проблемы, возникающие при кодировании

В настоящей статье рассматривается проблематика декодирования «на лету» потоковой видеоинформации, в которой применен систематический код Рида-Соломона с 16-разрядными информационными словами ($m=16$ – степень RS-полинома). Это более сложный код, чем описанный в стандарте ESMА-130, где $m=8$.

Информация передается циклами с периодичностью 4 цикла в секунду. Каждый цикл включает в себя 8 блоков, закодированных по Риду-Соломону. В конце каждого блока размещено 128 контрольных символов, что теоретически позволяет исправить до 64 ошибочных информационных слов.

Перед началом сеанса обработки строится поле Галуа, которое используется для операций над полиномами. С точки зрения программной реализации оно представляет собой массив 16-ти разрядных чисел.

При декодировании для каждого блока проверяется наличие ошибок, для чего находится синдром. Если все компоненты синдрома равны 0, код не содержит ошибок. Это быстрая операция, не затрудняющая дальнейшую обработку и передачу видеоинформации.

Если же ошибки найдены, производится поиск ошибок по алгоритму Берлекэмпа-Мессис. При этом производится вычисление локатора ошибок, затем находятся сами ошибки.

Алгоритм Берлекэмпа-Мэсси – это алгоритм поиска кратчайшего регистра сдвига с линейной обратной связью, которая подается на вход бинарной последовательности. Такие алгоритмы позволяют также найти минимальный многочлен ЛРП (линейной рекуррентной последовательности) над полем $GF(q)$, поданной на вход последовательности [8]. Открытие алгоритма Берлекэмпа-Мэсси позволило найти практического применения кодам Рида-Соломона [9, 10].

По мере увеличения количества ошибок время, необходимое для вычислений, возрастает экспоненциально. Если при максимально возможном количестве ошибок поиск не увенчался успехом, блок считается неисправимым.

Таким образом, большая часть вычислений приходится на неисправимые блоки, т.е. вычисления проводятся как бы «впустую». Следует отметить, что большая часть исправимых ошибок является одиночными, а их число в блоке относительно невелико (в пределах 10 - 20 ошибок на один блок).

Время декодирования цикла из 8 сильно зашумленных блоков даже на современных вычислительных средствах может превысить 0,25 с (период следования циклов) и таким образом привести к потере следующего обрабатываемого цикла.

В ряде случаев потери циклов могут оказаться более критичными, чем ошибки, исправленные кодом Рида-Соломона.

В работе анонсируются два способа борьбы с указанной проблемой. А именно:

1. распараллеливание вычислений при декодировании;
2. искусственное снижение количества ошибок, исправляемых кодом Рида-Соломона.

Первый способ. Распараллеливание вычислений при декодировании

Распараллеливание вычислений является наиболее очевидным средством борьбы с нехваткой вычислительных ресурсов. Его применению в нашем случае способствует то, что каждый из 8 блоков в цикле кодируется независимо.

При получении цикла закодированной видеoinформации декодирование каждого блока помещается в отдельный поток (*thread* в стандартной терминологии). Управляющий поток ожидает завершения декодирования всех 8 блоков, после чего передает объединенный массив декодированных блоков на дальнейшую обработку.

Уменьшение времени декодирования при описанной схеме почти пропорционально количеству ядер процессора (с поправкой на накладные расходы на организацию многопоточности) при условии, что оно не менее количества блоков в цикле. Идеальной является ситуация, при которой количество ядер процессора по крайней мере на 1 больше, чем количество блоков в цикле.

Для уменьшения времени подготовки вычислений (исключение дублирующих вычислений) и потребляемого объема оперативной памяти все 8 объектов-декодеров должны использовать единое поле Галуа, которое рассчитывается перед началом сеанса обработки.

Второй способ. Искусственное снижение количества исправляемых ошибок

Этот метод борьбы с недостатком вычислительных ресурсов основан на особенности построения декодера Рида-Соломона, отмеченной в начале статьи. Как уже отмечалось, наибольшие расходы вычислительных ресурсов приходятся на попытки исправления неисправимых блоков.

Исключить заведомо непроизводительные расходы можно, заранее ограничив сверху количество предполагаемых ошибок N_{\max} .

Если итерационно оцениваемое количество ошибок на какой-либо итерации превышает N_{\max} , вычисления прекращаются, и на дальнейшую обработку передается неисправленный блок данных. Поскольку код Рида-Соломона, применяемый в нашем случае, является систематическим, из таких блоков корректно извлечь видеoinформацию (частично зашумленную). Если же N_{\max} не превышено, вычисления проводятся до количества ошибок, равного (априори) t .

Учитывая нелинейную зависимость объема вычислений от количества ошибок, оптимизация получается весьма существенной, особенно при N_{\max} , приближающемся к t .

Естественным ограничителем величины N_{\max} является теоретически исправимое кодом Рида-Соломона количество t , равное половине сопутствующих контрольных символов. (в рассматриваемом случае $t = 64$). Вместе с тем, эвристический выбор слишком низкого значения t снижает эффективность помехоустойчивого кодирования.

Авторы предлагают (исходя из опыта проведения подобных работ) производить выбор величины N_{emax} на основе априорной информации, полученной из предыдущих сеансов обработки. Одновременно опыт показывает, что ошибки при передаче закодированной видеoinформации можно разбить (и тем самым классифицировать) на две принципиально различные группы:

- одиночные ошибки, когда количество ошибок сравнительно невелико, и они разбросаны по отдельным информационным словам в блоке;
- групповые ошибки, когда искажены продолжительные фрагменты блока.

Исправимые ошибки, как правило, являются одиночными, и абсолютное их количество не превышает 20-40 ошибок на один блок. Если оценка количества ошибок предсказывает большее значения, то с вероятностью, близкой к 1 блок является неисправимым.

В рассматриваемом случае выбрано N_{emax} , равное 40. Правильный выбор N_{emax} является исключительно важным, поэтому авторы предлагают (руководствуясь опытом) проводить анализ и уточнять его значение по мере накопления информации в ходе эксперимента.

Выводы

Каждый из рассмотренных методов борьбы с вычислительной сложностью имеет свои ограничения, описанные выше.

Распараллеливание вычислений ограничено количеством ядер процессора и накладными расходами на переключение потоков.

Искусственное снижение количества исправляемых ошибок ограничено необходимостью сохранения эффективности кода Рида-Соломона.

На практике при построении программной реализации декодера авторы рекомендуют сочетать оба рассмотренных подхода. При этом количество предполагаемых ошибок N_{emax} должно выбираться на основе априорной информации, полученной по итогам анализа предыдущих сеансов обработки.

Дальнейшее научно-техническое продвижение в проблеме эффективное обработки потоковой информации авторы видят в приложениях к смежным проблемам, а также в использовании результатов монографии В.В. Миронова, В.В. Тарасова* «Теория синтеза надежных схем и антивирусов в системах передачи информации», которая планируется к выходу в 2020 г. и которую авторы здесь анонсируют.

Библиографический список

1. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. М.: Техносфера, 2005. 320 с.
2. Сагалович Ю.Л. Введение в алгебраические коды. М.: МФТИ, 2007. 262 с.
3. Чеботарев Н.Г. Теория Галуа. М.: Едиториал УРСС, 2018. 160 с.
4. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки (Theory and Practice of Error Control Codes). – Москва: Мир, 1986. 576 с.
5. D. Lu and K. Yao, "Improved Importance Sampling Technique for Efficient Simulation of Digital Communication Systems," IEEE J. Select. Areas Commun. vol. 6, pp. 67-75, Jan. 1988.
6. Охорзин В.М. Д.С. Кукунин Д.С., М. С. Новодворский М.С. Построение каскадных кодов на основе кодов Рида-Соломона и Боуза – Чоудхури – Хоквингема. СПб.: СПб ГУТ, 2004. 56 с.
7. Деев В.В. Методы модуляции и кодирования в современных системах связи. СПб.: Наука, 2007. – 266 с.
8. Глухов М.М., Елизаров В.П., Нечаев А.А. . Глава XXV. Линейные рекуррентные последовательности // Алгебра. - Учебник в 2-х томах. - М.: Гелиос АРВ, 2003. Т. 2.
9. Massey, J.L. Shift-register synthesis and BCH decoding, IEEE Trans. Information Theory, IT-15 (1969), P. 122 - 127.
10. Kurakin V.L., Kuzmin A.S., Mikhalev A.V., Nechaev A.A. Linear recurring sequences over rings and modules. // I. of Math. Science. Contemporary Math. and it's Appl. Thematic surveys, vol. 10, 1994, I. of Math. Sciences, vol. 76, № 6, 1995.

УДК 004; ГРНТИ 20.15.05

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНФИГУРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ САЙТОВ НА БАЗЕ ФРЕЙМВОРКА SLATE

А.П. Сальников

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, artem7753@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются способы применения богатых текстовых редакторов, базовые принципы их работы, актуальность внедрения этой технологии в конструктор сайтов

Ключевые слова: богатый текстовый редактор (RichTextEditor, RTE)

USING A TEXT EDITOR FOR THE INFORMATION SITE CONFIGURATION SYSTEM BASED ON THE SLATE FRAMEWORK

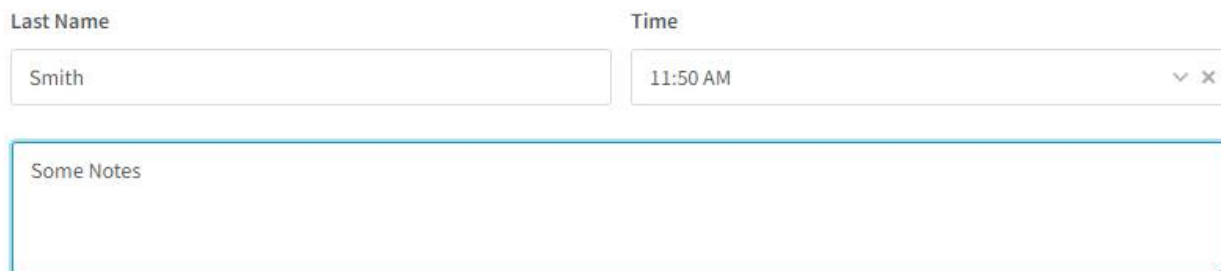
A.P. Salnikov

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, artem7753@mail.ru

The summary. The paper discusses the ways of using rich text editors, the basic principles of their work, and the relevance of implementing this technology in the site Builder

Keywords: RichTextEditor, RTE

Текстовые редакторы, как тип программного обеспечения, появились и широко используются очень давно. Для многих пользователей такие средства являлись одними из первых программ, с которыми они столкнулись в своей профессиональной деятельности. Подобные редакторы общего пользования являются классическим ПО, которое широко используется в составе операционной системы в форме десктопного софта. В отличие стандартного использования редактора существуют случаи специфического применения процедуры редактирования. Например, текстовый редактор в составе браузера - обычная `textarea`. Это поле, куда можно писать текст, оно работает абсолютно везде и обеспечивает отличную кросс-браузерность (рис.1). Основная проблема использования такого компонента текстового редактора – отсутствие стилизации, в том числе сложной верстки в рамках этого текстового редактора. Для более сложного редактирования текстов необходимо использовать фреймворки, что обеспечивает создание текстовых редакторов с расширенными возможностями.



The image shows a web form with three main components. At the top, there are two labels: 'Last Name' and 'Time'. Below 'Last Name' is a text input field containing the text 'Smith'. Below 'Time' is a dropdown menu showing '11:50 AM' with a small 'x' icon to its right. Below these two fields is a large, empty text area with a light blue border and a small 'x' icon in the bottom right corner. The text area contains the placeholder text 'Some Notes'.

Рис. 1. Пример использования обычного `input` и `textArea`

В основе работы редактора с расширенными возможностями положена довольно несложная технология. У объекта `document` есть свойство «`designMode`», оно существует очень давно, еще в конце 90-х годов было реализовано в первых версиях Internet Explorer:

```
document.designMode = "on".
```

Когда это свойство переключается в режим **on**, то абсолютно вся страница, все содержимое `body` становится редактируемым. Можно поставить курсор в любое место и отредактировать текст. Этот способ несовершенен. Его основная проблема заключается в том, что чаще всего не нужно редактировать всю страницу, а только какой-то определенный блок.

Contenteditable – основной браузерный API для создания редактируемых блоков. При переключении этого атрибута в значение **true** все, что находится внутри блока, становится редактируемым[2]. Именно таким образом в последнее время функционирует большинство визуальных редакторов.

Document.execCommand – специальный метод, который позволяет к выделенному участку текста применять браузерные команды. Таких команд фиксированное количество, например, `bold`, `fontSize`, `formatText` и так далее.

Такая технология не нова для браузеров, но широко применяться начала недавно и имеет огромную актуальность: она находит свое применение в абсолютно различных родах сайтов, например с помощью `richTextEditor`-ов верстается все, начиная с комментариев и заканчивая целыми страницами сайтов. В частности, данную технологию предлагается использовать в конструкторах сайтов, так как все системы для конфигурации сайтов используют шаблонную структуру, то есть пользователь может выбрать дизайн из предложенных ему вариантов. Некоторые системы обеспечивают более тонкую настройку, но она ограничивается применением к тексту определенных стилей (жирности, курсива, цвета и т.п.). Предлагаемая система использует `rich text editor`-а на базе фреймворка `slate`. Целью применения данной технологии является расширение возможностей пользователя при конфигурации сайтов. Актуальность данного вопроса заключается в том, что сайт – это самый популярный ресурс, через который аудитория может узнать о человеке или его бизнесе, конструкторы сайтов – одно из самых популярных решений по созданию сайтов для бизнеса, подобная технология с возможностью тончайшей настройки при конфигурации сайта не используется ни в одной известной мне системе.

RichTextEditor (RTE) – богатый текстовый редактор, что является при дословном переводе на русский язык. Это отличное решение, которое позволяет пользователю редактировать HTML разметку изменяя только текстовые свойства внутри редактора[1]. Он позволит пользователю конфигурировать каждый блок сайта так как ему захочется, перетягивать блоки при помощи мыши, писать, редактировать, выравнивать тексты и применять к ним различные стили, вставлять изображения простым перетягиванием внутрь блока, и все это будет осуществляться в реальном времени. То есть пользователь на выходе получит ровно то, что происходило при редактировании(рис.3).

Для реализации RTE можно использовать много готовых фреймворков:

- Draft JS
- Quill
- Slate JS

Первые два подходят в случае необходимости создания чего-то простого, для неизощренной стилизации текста (например, для верстки комментариев). Они отлично справятся с заголовками, списками, стандартными выделениями текста, вставками картинок (рис.2).

Если требуется обработка таблиц, списков большой вложенности, да и просто каких-то очень кастомных компонентов, тут уже будут проблемы. В первых двух вариантах довольно сложно сделать десериализацию документа по вставке.

Заголовок

Текст выделенный различными способами:

1. **жирный**
2. цвет



Пример появления дополнительного меню

Рис. 2. Пример использования richTextEditor на базе Draft JS.

Использование RTE при конфигурации сайта дает ряд преимуществ:

- гибкая настройка стилей под каждый новый сайт;
- адаптивная верстка под все устройства;
- шаблонизация и автоматизация процессов добавления информации на страницы
- live preview – возможность на лету смотреть чистовой вариант верстки.

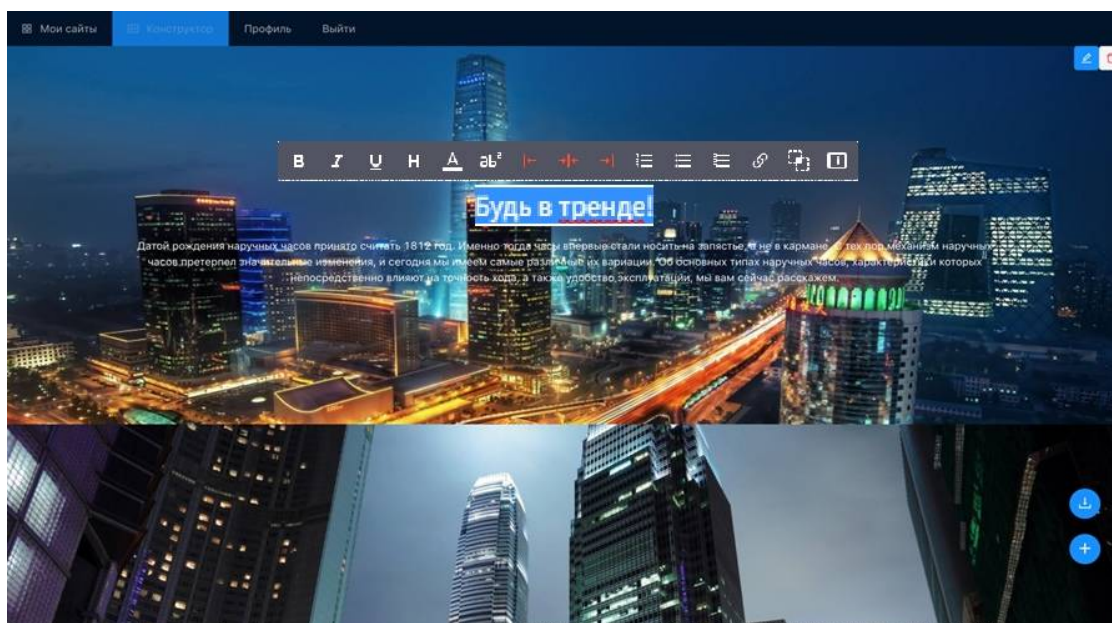


Рис. 3. Пример использования RTE внутри конструктора сайтов

Предполагаемыми инструментами для реализации текстового редактора внутри информационной системы являются:

- Typescript – типизированный язык программирования, расширяющий возможности языка JavaScript и позволяющий в большей мере контролировать качество кода а так же снижающий вероятность допустить трудно обнаружимую ошибку при разработке программ.

- ReactJS – технология для разработки пользовательских интерфейсов и приложений типа SPA (single page application), обеспечивает поддержку широкого круга пользователей и позволяет использовать ПО без установки на компьютер напрямую в браузере.

Библиографический список

1. Flex 3 Cookbook: Code-Recipes, Tips, and Tricks for RIA Developers. Joshua Noble, Todd Anderson. "O'Reilly Media, Inc.", 13 мая 2008 г. – 704с.
2. Хоган Брайан. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения. Издательский дом "Питер", 9 нояб. 2011 г. - 272с.

УДК 621.396; ГРНТИ 49.29

МОДЕЛИ КАНАЛОВ В СИСТЕМАХ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

С.А. Шевлягин, А.Ю. Линович

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, shevapro.silver.flexa1603@gmail.com*

Аннотация. В авиационной радиосвязи возможны несколько ситуаций передачи информации: воздух-воздух, земля-воздух, земля-земля. Для этих ситуаций в данной работе рассматриваются модели каналов, такие как Райса, Релея и двухлучевой.

Ключевые слова: детерминированный модели, стохастические модели, эмпирические модели, отражения, дифракция, рассеивание, канал Райса, канал Релея, двухлучевой канал.

CHANNEL MODELS IN MOBILE RADIO SYSTEMS

S.A. Shevlyagin, A.Y. Linovich

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan shevapro.silver.flexa1603@gmail.com*

The summary. In aeronautical radio communications, several situations of information transfer are possible: air-air, earth-air, earth-ground. For these situations, in this paper we consider channel models such as Rice, Rayleigh, and two-beam.

Keywords: deterministic models, stochastic models, empirical models, reflection, diffraction, scattering, Rice channel, Rayleigh channel, two-beam channel.

Модели канала связи и распространения сигналов, находящихся в среде, делят на группы:

- детерминированные модели;
- стохастические модели;
- эмпирические модели.

Детерминированные модели – это модели, которые в оптимальном случае являются решением уравнений Максвелла для данных критериев среды. Используется трассировка лучей. Эти способы считаются вычислительно неэффективными.

Стохастические модели. Для данных моделей находят плотности вероятности для требуемых характеристик: затухания сигнала, задержек и т.д. Считаются вычислительно действительными, но не точными, как детерминированные модели.

Эмпирические модели. Основаны на согласовании построенных детерминированным или же стохастическим методом моделей с итогами опытов.

Основная масса реальных моделей невозможно отнести к определённой группе, они, как правило, возводятся на базе детерминированных моделей с внесением упрощений для обеспечения вычислительной эффективности; случайного (стохастического) элемента для компенсации внесённых упрощений; но и поправочных коэффициентов, приобретённых в итоге опытов [1,2].

В действительности радиосигналы изредка распространяются в открытом месте. На пути они сталкиваются со всеми возможными препятствиями и появляются физические эффекты, именуемые крупномасштабными. К данным эффектам относятся:

- отражения от больших площадей, где длина волны меньше размера препятствия;
- дифракция – сигнал преграждает путь барьер, но он всё также огибает препятствие;
- рассеивание – почти все составляющие объекта, к примеру листья дерева, отражают сигнал.

Рассмотренные эффекты в большей степени появляются на расстояниях передачи от нескольких сотен метров до десятков километров. При построении моделей для беспроводных сенсорных сетей, где расстояние передачи 10 – 100 метров, в наилучшем случае стоит рассматривать и иные эффекты, действующие на уровень принимаемого сигнала. Этим эффектом считается многолучевое распространение сигнала.

Рассмотрим усложнённую среду распространения сигнала. Сигнал может отражаться от всевозможных иных объектов, встречающихся у него на пути. Этим объектам возможно целое множество и соответствии с этим есть большое количество путей, по коим сигнал имеет шанс попасть на приёмник.

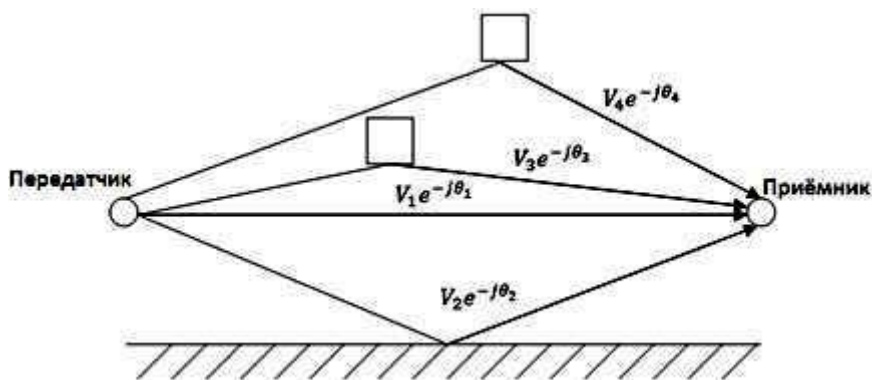


Рис. 1. Многолучевое распространение сигнала

На рисунке 1 изображены пути распространения, и сигналы представлены в комплексной форме, они имеют амплитуду V_k и фазовый сдвиг θ_k , определяемый задержкой.

В общем случае, сигнал, попадающий в приёмник, возможно представить:

$$V_r e^{-j\theta} = V_1 e^{-j\theta_1} + V_2 e^{-j\theta_2} + \sum_{k=3}^N V_k e^{-j\theta_k},$$

где: V_1 – амплитуда сигнала, попадающего на приёмник по прямой видимости;

V_2 – амплитуда отражённого сигнала;

V_k – амплитуда сигналов, попадающих по отражённым путям;

$\theta_1, \theta_2,$ и θ_k – их фазовые сдвиги соответственно.

Первые 2 слагаемых являются зеркальными компонентами, а слагаемые под символом суммы называются рассеянными компонентами. Зеркальные компоненты, как правило, большие по амплитуде, так как попадают на приёмник буквально напрямую, а рассеянные составляющие – путём многочисленных отражений от всевозможных объектов.

Возьмём случай, когда между приёмником и передатчиком нет прямой видимости, то есть на приёмник попадают лишь только рассеянные составляющие сигнала ($V_1 = V_2 = 0$). Запишем выражения для реальной и мнимой части принятого сигнала:

$$\operatorname{Re}(V_r) = \operatorname{Re}\left(\sum_{k=3}^N V_k e^{-j\theta_k}\right) = \sum_{k=3}^N \operatorname{Re}(V_k e^{-j\theta_k}) = X;$$

$$\operatorname{Im}(V_r) = \operatorname{Im}\left(\sum_{k=3}^N V_k e^{-j\theta_k}\right) = \sum_{k=3}^N \operatorname{Im}(V_k e^{-j\theta_k}) = Y.$$

Величины X и Y считаются суммой большого числа случайных величин. Амплитуда сигнала, у которой реальная и мнимая части распределены по Гауссовскому закону, станет распределённой по закону Релея:

$$f_R = \frac{R}{\sigma^2} e^{-R^2/2\sigma^2}, R \geq 0.$$

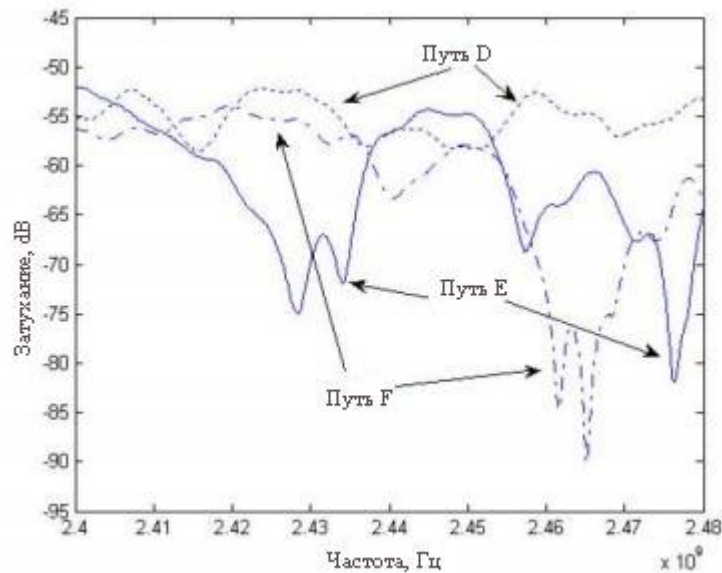


Рис. 2. Экспериментальные данные

На рисунке 2 приведены три всевозможные частотные характеристики беспроводного канала. Кривая D соответствует сравнительно надёжному каналу, в нём нет серьёзных замираний. Кривые E и F имеют диапазоны частот, в которых происходят сильные замирания [3].

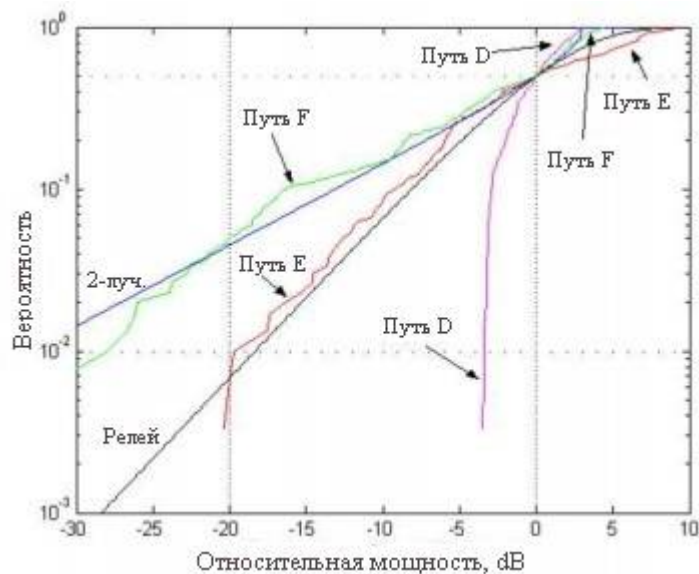


Рис. 3. Статистические характеристики
(путь D – канал Райса, путь E – канал Релея, путь F – двухлучевой канал)

На рис.3 приведены статистические характеристики, которые принадлежат экспериментальным сведениям на рис.2. Подметим, что надёжный канал D соответствует каналу Райса, а канал с наиболее глубокими замираниями F- двухлучевому каналу. Канал E с не настолько основательными, но немаловажными существенными глубокими замираниями соответствует каналу Релея. Релеевские замирания, обусловленные интерференцией достаточно большого числа рассеянных сигналов и сильным ослаблением прямого сигнала, являются наиболее глубокими и приводят к значительным ошибкам при передаче информации. Релеевский канал, в котором замирания сигналов являются наиболее глубокими, характерен для городских условий. Для пригородных и сельских условий более характерным является Райсовский канал, когда наряду с рассеянными сигналами имеется прямой сигнал [4]. Таким образом, сигнал на входе приемника складывается из регулярной и случайной компонент. Амплитуда суммарного сигнала является случайной и подчиняется райсовскому распределению. Причина появления глубоких замираний в двухлучевом канале связи является то, что лучи приходят с достаточно малым углом разности, и чтобы уменьшить потери, необходимо увеличивать угол разности прихода лучей или повысить уровень одного из лучей.

Следовательно, довольно принципиально верно избирать модель для описания канала связи. Без учёта параметров среды канал станет ненадёжным и нужно будет увеличивать мощность передатчика, дабы поддерживать нужный уровень отношения сигнал/шум на приёмнике. При переоценке параметров среды узлы беспроводной сети станут или очень плотно расставлены, или их передатчики будут работать на увеличенной мощности. Для беспроводных сенсорных сетей тем более важен вопрос минимизации энергопотребления, вследствие этого завышать мощности передатчиков нецелесообразно.

Библиографический список

1. Simon G. Simulation-based optimization of communication protocols for large-scale wireless sensor networks, IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, March 8-15,2003.
2. Simon G. Probabilistic wireless network simulator, 2003, <http://www.isis.vanderbilt.edu/projects/nest/prowler>.
3. Tam W.K. and Tran V.N. Propagation modeling for indoor wireless communication, Journal of Electronics and Communication Engineering, pp.221-228, October 1995.
4. Ермолаев, В.Т. Адаптивная пространственная обработка сигналов в системах беспроводной связи/ В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман. - Нижний Новгород, 2006. - 99 с.

СЕКЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УДК 665.6/7

SWOT-АНАЛИЗ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

В.И. Бакулина¹, Е.В. Воробьева^{1,2}

¹Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, minority2009@yandex.ru

²Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета

Аннотация. В работе рассматривается процесс каталитического риформинга нефти и нефтепродуктов, а также проводится его SWOT-анализ. Приводятся основные особенности процесса, достоинства и недостатки, а также возможности и угрозы для его осуществления.

Ключевые слова: SWOT-анализ, каталитический риформинг, высокооктановые компоненты бензина, катализаторы, риформат.

SWOT ANALYSIS OF THE CATALYTIC REFORMING PROCESS

V.I. Bakulina,¹ Ye.V. Vorobyeva^{1,2}

¹Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, minority2009@yandex.ru

²Ryazan Institute (branch) of Moscow Politechnical University

The summary. The paper considers the process of catalytic rhyiming of oil and oil products, and also conducts its SWOT analysis. The main features of the process, advantages and disadvantages, as well as opportunities and threats to its implementation.

Keywords: SWOT analysis, catalytic reforming, high-octane gasoline components, catalysts, reformate.

Состояние любой компании или процесса напрямую зависит от успешного реагирования на разнообразные внешние воздействия. Своевременно решать возникающие проблемы позволяет общий анализ внешней ситуации, способность выделять наиболее существенные на данный период времени факторы, а также их взаимосвязанное рассмотрение с возможностями компании. Необходимо понимать, возможен ли контроль факторов и управление ими со стороны организации, являются ли они внешними или внутренними, поддаются ли изменениям усилиями компании.

Одним из самых распространенных методом, с помощью которого оценивают в комплексе внутренние и внешние факторы, влияющие на развитие организации, можно назвать SWOT-анализ. Это анализ преимуществ и недостатков организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды. «S» и «W» относятся к внутреннему состоянию организации, а «O» и «T» к внешнему окружению.

SWOT-анализ считается этапом предварительного исследования при составлении стратегических планов, разработке стратегических целей и задач компании.

Термин SWOT впервые был использован Кеннетом Эндрюсом (Kenneth Andrews) в 1963 году в Гарварде на конференции по проблемам бизнес-политики.

Суть SWOT-анализа заключается в том, что для улучшения любого процесса или проекта необходимо учитывать следующие параметры:

- S (strengths) – преимущества. Это конкурентоспособность, ценности, уникальные навыки. За счет этого компания увеличивает прибыль, расширяет присутствие на рынке, чувствует уверенность в конкурентной борьбе.

- W (weaknesses) – недостатки. Упущения, в каких организационных моментах компания проигрывает конкурентам. Эти характеристики тормозят рост проекта, мешают развитию, тянут назад.

- О (opportunities) – возможности. Это вероятные тенденции, вероятные изменения, которые поддаются прямому воздействию.
- Т (treats) – угрозы. Трудности, внешние факторы, которые не зависят от принимаемых вами решений, но которые могут нести разрушительный для процесса характер [1].

Простейшая форма представления результатов SWOT-анализа представлена в таблице 1.

Таблица 1. Матрица SWOT-анализа

| | Внутренние факторы | Внешние факторы |
|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| Может способствовать достижению целей | Сильные стороны (Strengths) | Потенциальные благоприятные возможности (Opportunities) |
| Может препятствовать достижению целей | Слабые стороны (Weaknesses) | Потенциальные опасности (Threats) |

В данной статье проводится SWOT-анализ процесса каталитического риформинга, перечислены характеристики, на которые необходимо обратить особое внимание для исследования внешней и внутренней среды процесса. Установка каталитического риформинга бензинов и фракций вторичного происхождения на алюмоплатиновом катализаторе предназначена для переработки прямогонных бензинов с установок гидрокрекинга, фракций КПА в высокооктановые компоненты автобензина, также получается ароматизированный катализат для получения растворителей [2].

Наибольшее распространение процесс каталитического риформинга получил для производства высокооктанового компонента автомобильных бензинов. Данная технология представляет собой совокупность процессов, протекающих в отдельных блоках установки:

- Получение высокооктанового компонента автомобильных бензинов.
- Стабилизация риформата.
- Подогрев сырья риформинга [3].

При проведении каталитического риформинга изменяются характеристики катализатора и технологического оборудования. На начальном этапе не удастся предвидеть эти изменения, а измерить их в процессе эксплуатации установки с необходимой точностью невозможно. Поэтому, необходимо разработать приемы адаптации технологических параметров процесса при эксплуатации установок.

В настоящее время достаточно остро стоит задача получения максимальной прибыли от реализации качественного высокооктанового компонента бензинов отечественного производителя, в соответствии с технологическим регламентом и требованиями экологической безопасности. Таким образом, анализ существующей технологии каталитического риформинга и поиск новых путей оптимизации, весьма актуальны.

В результате проведенного анализа процесса каталитического риформинга мы составили итоговую матрицу SWOT, представим все рассчитанные показатели в таблице 2.

Таблица 2. Показатели SWOT-анализа процесса каталитического риформинга

| № п/п | Сильные стороны процесса | Слабые стороны процесса | Возможности | Угрозы |
|-------|--|---|---|---|
| 1 | Высокое качество продукции | Назначение и технологические параметры процесса требуют гибкой в эксплуатации установки | Разработка более устойчивых к отравлению катализаторов | Низкий уровень эффективности государственного регулирования отрасли |
| 2 | Один из самых перспективных и динамично развивающихся процессов нефтепереработки и нефтехимии | Быстрая отравляемость катализатора из-за катриформинга сырья со значительным содержанием отравляющих компонентов (сера, азот и др.) | Модернизация процесса и оборудования для него | Упущение технологических новинок |
| 3 | Возможность использования отечественного оборудования | Отсутствие стимулов для усовершенствования технологии | Переход на энергосберегающие технологии путем сокращения расхода топлива | Наступление техногенной аварии |
| 4 | Получаемый в процессе побочный продукт (водородсодержащий газ) можно использовать в дополнительных процессах и с меньшими затратами, чем при покупке специального водорода | Вероятность необходимости дополнительной очистки сырья перед переработкой с помощью процесса гидроочистки | Снижение рабочего давления до максимально возможного | Снижение инвестиционной активности |
| 5 | Относительно низкая себестоимость получаемого риформата | Строительство современных установок с непрерывной регенерацией катализатора требует крупных капитальных вложений | Повышение выхода риформата и его октанового числа путем применения процессов с непрерывной регенерацией катализаторов | Очень высокая себестоимость производства |

Итак, мы рассмотрели при составлении матрицы SWOT модель процесса катриформинга. А также выявили его возможные сильные и слабые стороны на основе тщательной оценки внутренних факторов технологического процесса. Проанализировали основные перспективы и риски для его осуществления за счет исследования внешних факторов.

По нашему мнению процесс каталитического риформинга будет развиваться, если применять более эффективные катализаторы, снижать давление до минимально возможного, использовать непрерывную регенерацию катализатора за счет новых установок или реконструкции имеющихся. Энергозатраты можно уменьшить, сокращая расход топлива, а именно, повышая коэффициент полезного действия печей на установке и эффективность работы теплообменников. Повышение стабильности и продолжительности работы катализаторов позволит сократить простои оборудования.

Не менее важным является экологический аспект. На всех этапах переработки нефти происходит загрязнение атмосферного воздуха углеводородами, оксидами серы, азота, углерода. Состав и сочетание углеводородов определяют токсичность нефтепродуктов и выделяющихся газов [4]. Например, тяжелые бензины более токсичны, чем легкие. Значительно возрастает токсичность нефтепродуктов при переработке высокосернистой нефти, особенно комбинация углеводородов и сероводорода.

По принятой технологии в процессе каталитической гидроочистки сероводород и другие сернистые соединения извлекаются в виде серы или серной кислоты и выброс сероводорода в атмосферу в значительной мере исключается. Все мероприятия по охране воздушного бассейна должны быть направлены на строгое соблюдение технологического ре-

жима, сокращение выбросов вредных веществ в период неблагоприятных метеоусловий, разработку и усовершенствование методов контроля и очистки выбросов в атмосферу.

В перспективе качество автомобильных бензинов будет определяться изменением структуры НПЗ в сторону строительства установок вторичных процессов, в первую очередь алкилирования и изомеризации, что приведет к кардинальному изменению компонентного состава бензинов.

Библиографический список

1. Горбаткова Г. А., Волосевич Н. В. SWOT-анализ: его место в информационном обеспечении стратегического анализа для разработки и принятия управленческих решений // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12. С. 193-200.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.
3. Химия нефти и газа: Учеб. Пособие для вузов/ А.И. Богомолов, А.А. Гайле, В.В. Громова и др.; Под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Драбкина. – 3-е изд., доп. и испр. – СПб: Химия, 2003. – 448 с.
4. Шитскова А.П., Новиков Ю.В., Гурвич Л.С., Климкина Н.В. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности – Москва: Химия, 2001 г., 176 с.

УДК 543.068.7:502.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕНЗОЛА В БЕНЗИНАХ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

М.В. Воронов*, **В.В. Коваленко***, **М.В. Лызлова***, **Г.И. Мельник****,
Д.С. Трунькин*, **Т.П. Шуварилова***

* *Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, mvlsid@rambler.ru*

***Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Российская Федерация, Рязань, galame@yandex.ru*

Аннотация. Актуальной проблемой производителей автомобильных бензинов является снижение содержания ароматических углеводородов, особенно бензола. Ароматические углеводороды – это основной источник образования твердых частиц. Бензол является канцерогенным и мутагенным веществом. Для улучшения экологических свойств бензинов европейский стандарт устанавливает жесткие требования на содержание аренов, и особенно бензола. В настоящей работе приводятся результаты использования метода ИК-спектроскопии для проверки автомобильного бензина на содержание бензола.

Ключевые слова: анализ топлива, экологическая безопасность, бензол, ИК-спектроскопия.

RESEARCH OF THE CONTENT OF BENZENE IN GASOLINES BY IR-SPECTROSCOPY

M.V. Voronov*, **M.V. Lyzlova***, **G.I. Melnik****,
D.S. Trunkin*, **T.P. Shuvarikova***

**Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, mvlsid@rambler.ru*

***Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University,
Russia, Ryazan, galame@yandex.ru*

Abstract. The actual problem of automobile gasoline manufacturers is the reduction of aromatic hydrocarbons, especially benzene. Aromatic hydrocarbons are the main source of particulate matter. Benzene is carcinogenic and mutagenic. To improve the environmental properties of gasoline, the European standard sets strict requirements for the content of arenes, and especially benzene. This paper presents the results of using the IR spectroscopy method to test gasoline for benzene content.

Keywords: fuel analysis, environmental safety, benzene, IR spectroscopy.

Мировая статистика регулярно дает информацию о неуклонном росте количества автомобильной техники и о росте потребления топливной углеводородной продукции. Соответственно увеличивается количество отработавших выхлопных газов, представляющих собой продукты сгорания топлива.

В связи с этими явлениями одной из важнейших проблем производителей топлива для автомобилей и стационарных энергетических установок остается обеспечение экологического благополучия окружающей среды и сохранение Планеты от загрязнения, и обеспечение достойной жизни на ней.

Чтобы избежать возможной катастрофы, необходимо регулярно жестко управлять ситуацией, вводить строгие нормы, и вести контроль за их исполнением. Для соблюдения жесткого контроля выполняется полный анализ используемого топлива как по эксплуатационным свойствам, химическому составу, так и по безопасным характеристикам качества.

Актуальной проблемой сегодняшнего дня для зарубежных и отечественных производителей автомобильных бензинов является снижение содержания ароматических углеводородов, особенно бензола. Ароматические углеводороды – это основной источник образования твердых частиц. При увеличении содержания ароматических углеводородов в моторном топливе, например в два раза, удельные выбросы твердых частиц возрастают в пять раз.

Ароматические углеводороды, особенно бензол, представляют для живой природы наибольшую опасность. Бензол является канцерогенным и мутагенным веществом. Его особенность основывается на полной растворимости в биологических жирах и липидах. Бензол и продукты его взаимодействия могут накапливаться в костном мозге, вызывать повреждение печени, почек, привести к лейкемии. В связи с этим в нормативных документах ограничено допустимое содержание бензола и ароматических соединений в бензинах.

Установлено, что эксплуатация автомобильных бензинов с ограниченным содержанием ароматических углеводородов (менее 30%), особенно бензола (до 1%), позволяет улучшить их экологические качества.

Нормативные требования по общему содержанию ароматических углеводородов и бензолу включены в стандарты России и в европейские стандарты. Причем, эти требования регулярно пересматриваются и ужесточаются. Например, до 2005 года общее содержание ароматических углеводородов в автомобильных бензинах нормировалось не выше 45% объемных. С 2006 года это требование ужесточилось до 35% при условии сохранения остальных показателей качества.

Вырабатываемые сегодня автомобильные бензины стандарта Евро 5 марок АИ-92, 95, 98, 100 экологические К-5 должны содержать суммарное количество ароматических углеводородов не более 35% объемных и бензола не более 1,0 %.

В настоящее время готов проект по нормам на автомобильные бензины Евро 6, который вступит в силу в ближайшее время. Согласно этому проекту суммарное содержание ароматических углеводородов должно быть не более 32% объемных и бензола не более 0,8 %.

Для улучшения экологических свойств бензинов европейский стандарт устанавливает жесткие требования на содержание аренов, и особенно бензола, а также неукоснительного выполнения этих норм.

Для объективного мониторинга за качеством топливной продукции действует система контроля за качеством. Это паспортный контроль, который осуществляет производитель. Следующий этап: это приемо-сдаточные испытания, в которых участвует сторона, принимающая продукцию. В последнее время широко практикуется деятельность мобильных передвижных лабораторий, которые осуществляют летучий контроль топлива на автозаправочных станциях по ключевым показателям.

Авторами настоящей статьи предлагается рассмотреть целесообразность использования проверки автомобильного бензина на содержание бензола методом ИК-спектроскопии.

Предлагаемый метод позволит оперативно получать информацию о качестве отобранного образца автобензина на соответствие по содержанию бензола существующему стандарту (или паспортным данным).

В данной работе упор сделан на определение пика бензола по спектрограммам в исследуемых пробах бензина. В качестве примера на рисунке 1 приведена спектрограмма одного из исследованных образцов.

В таблице приведены результаты содержания бензола в пяти образцах бензина АИ-92 различных производителей.

Таблица 1. Содержания бензола в образцах бензина АИ-92

| Номер образца бензина | Площадь пика бензола по методу ИК-спектроскопии. | Содержание бензола по % масс. |
|-----------------------|--|-------------------------------|
| 1 | 0,207 | 0,743 |
| 2 | 0,206 | 0,739 |
| 3 | 0,170 | 0,610 |
| 4 | 0,248 | 0,890 |
| 5 | 0,266 | 0,955 |

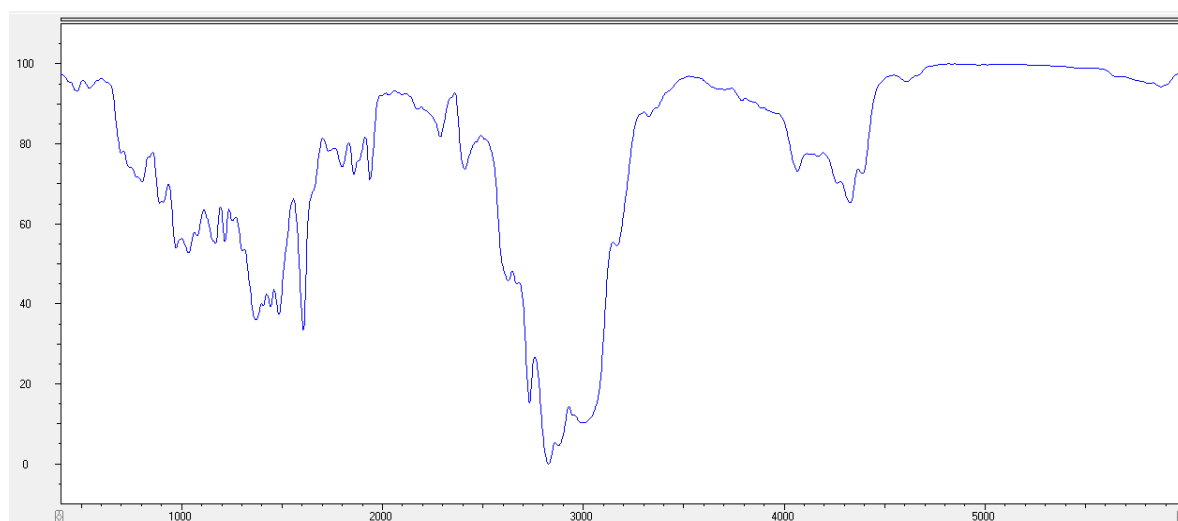


Рис. 1. ИК-спектрограмма бензина марки АИ-92

По наработанным данным по определению содержания бензола в образцах автомобильных бензинов, полученным в условиях лабораторий кафедры «Химические технологии» РГРТУ, можно сделать следующие выводы:

1. Методом ИК- спектроскопии возможно определение содержание бензола в автомобильных бензинах с точностью не ниже, чем при определении бензола методом газовой хроматографии.

2. При выполнении испытаний методом ИК- спектроскопии можно более оперативно получать результат, что очень важно как для производственных лабораторий, так и для передвижных лабораторных пунктов.

3. Аппаратурное оформление испытательного оборудования имеет значительно более компактные формы, что позволяет им пользоваться как в стационарных, так и в полевых условиях.

Данный метод позволит идентифицировать бензины по содержанию бензола перед употреблением, сравнив его с паспортными данными конкретного завода-производителя. В

свою очередь это позволит дисциплинировать предпринимателей, отвечающих за поставку бензина от производителя до заправочных станций.

Библиографический список

1. Капустин, В.М. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы / В.М. Капустин, А.А. Гуреев –М.: Химия, 2015. – 400с.
2. ГОСТ 32513-2013 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия
3. ГОСТ Р 51930-2002. Бензины автомобильные и авиационные. Определение бензола методом инфракрасной спектроскопии.
4. Веснин, В.Л. Исследование бензольной части спектра поглощения бензинов в области первого обертона методом добавок / В.Л. Веснин, В.Г. Мурадов //Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т.12, №4, С.38-40
5. Tarasevich, V.N. Fundamentals of IR spectroscopy with Fourier transform. Sample preparation in IR spectroscopy. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2012. – 22 pages (in Russian).
6. Веснин, В.Л. Спектроскопический анализ сложных углеводородных смесей / В.Л. Веснин, В.Г. Мурадов // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т.15, № 6, С.77-81
7. Важненко Т.В. Использование структурно-группового анализа при исследовании бензиновых фракций/ Т.В. Важненко, И.И. Кошелев, М.В. Лызлова, Г.И.Мельник // Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2019: сб. тр. XXXII Всерос. науч.-техн. конф., 4-6 декабря 2019 г. / под общ.ред. В.И. Жулева. – Рязань, 2019.- С.317-322.

УДК 543.421; 665.765

МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКОГО МОТОРНОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Я.В. Дёмочкина*, В.С. Логинов*, М.В. Лызлова*, Г.И. Мельник**

* Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, mvlsid@rambler.ru

**Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Российская Федерация, Рязань, galame@yandex.ru

Аннотация. Применение метода ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием для мониторинга моторного масла в процессе эксплуатации и хранения. Исследования накопления в масле загрязняющих веществ, деградации базового масла, истощения присадок.

Ключевые слова: ИК-Фурье спектроскопия, моторное масло полусинтетическое 10w40, присадки.

MONITORING OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SEMI-SYNTHETIC MOTOR OIL DURING OPERATION BY THE METHOD IR SPECTROSCOPY

Y.V. Dyomochkina*, V.S. Loginov*, M.V. Lyzlova* , G.I. Melnik**

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, mvlsid@rambler.ru

**Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University,
Russia, Ryazan, galame@yandex.ru

Abstract. Application of the method of infrared spectroscopy with Fourier transform for monitoring engine oil during operation and storage. Studies of accumulation of contaminants in oil, degradation of base oil, depletion of additives.

Keywords: IR Fourier spectroscopy, semi-synthetic motor oil 10w40, additives.

В современной технической литературе понятие «мониторинг» представляет собой систему сбора, регистрации, хранения и анализа небольшого количества параметров объекта (в нашем случае моторного масла для автомобильного инжекторного двигателя), необходимых для вынесения суждения о состоянии данного объекта в целом. Мониторинг состояния

машин и механизмов, в том числе автомобильных двигателей, основанный на анализе моторных масел, применяется в качестве важного и обязательного элемента практики технического обслуживания автомобилей. При этом оперативный контроль технического состояния двигателя по физико-химическим показателям качества работающего масла может осуществляться методами и средствами двух типов: экспресс и лабораторными. Прогресс в применении экспресс-методов анализа масел, направленный на изучение химического состава, был достигнут после того, как получили развитие ИК-спектроскопические методы с Фурье преобразованием. Являясь перспективным инструментом анализа органических соединений, инфракрасная спектроскопия позволяет получать важные эксплуатационные характеристики моторных масел: щелочное и кислотное число, наличие присадок и содержание топлива.

Моторное масло представляет собой смазочное масло для поршневых двигателей внутреннего сгорания, основное назначение которого: принудительное охлаждение поршней двигателя, отвод теплоты от поршней подшипников и других смазываемых деталей; уменьшение потерь на трение и износа поверхностей трения; нейтрализация кислот, образующихся при сгорании топлива и окислении масла; защита двигателя от коррозии; предотвращения роста вязкости масла вследствие загрязнения его сажей и др. Работоспособность масел при температурах от холодного пуска двигателя зимой (-30°C) до температуры наиболее нагреваемой смазываемой детали при работе летом в режиме максимальной мощности (до 300°C) обеспечивается их физико-химическими свойствами. При этом эксплуатация двигателя в таком чрезвычайно широком температурном диапазоне неизбежно приводит к химической деградации основы (базового масла) и присадок.

Целью настоящей работы является изучение химического состава полусинтетического моторного масла методом ИК-спектроскопии на ИК-Фурье спектрометре «Инфраспект ФСМ 2202» с регистрацией спектров в диапазоне $4000\text{-}400\text{ см}^{-1}$ с разрешением 4 см^{-1} .

Для проведения исследования было выбрано моторное масло марки 10w40, разработанное для круглогодичного использования (от -30 до $+40^{\circ}\text{C}$) в атмосферных форсированных двигателях, работающих на бензине. Оно рекомендовано для транспортных средств отечественного производства, особенно для продления работоспособности старых двигателей, так как обладает высокой устойчивостью к окислению, предотвращает образование вредных отложений внутри двигателя за счет хороших диспергирующих свойств, снижает износ двигателя при запуске и в холодное время года, устойчиво работает при повышенных нагрузках, понижает вибрацию на холостых оборотах. Моторное масло в количестве 3,5 л было залито в автомобиль (ВАЗ -21074, 1,6 л, 2006 года выпуска). Условия эксплуатации: в городе (короткие поездки в дневное время)-10%, движение по трассе (расстояние порядка 100 км) - 90%. Пробег автомобиля на масле составил 8291 км апрель- ноябрь 2019 года. Свежему моторному маслу, оставшемуся в канистре и отработанному маслу, слитому из двигателя через 8 месяцев, определили кинематическую вязкость при 40°C и 100°C , щелочное и кислотное число (рис.1).

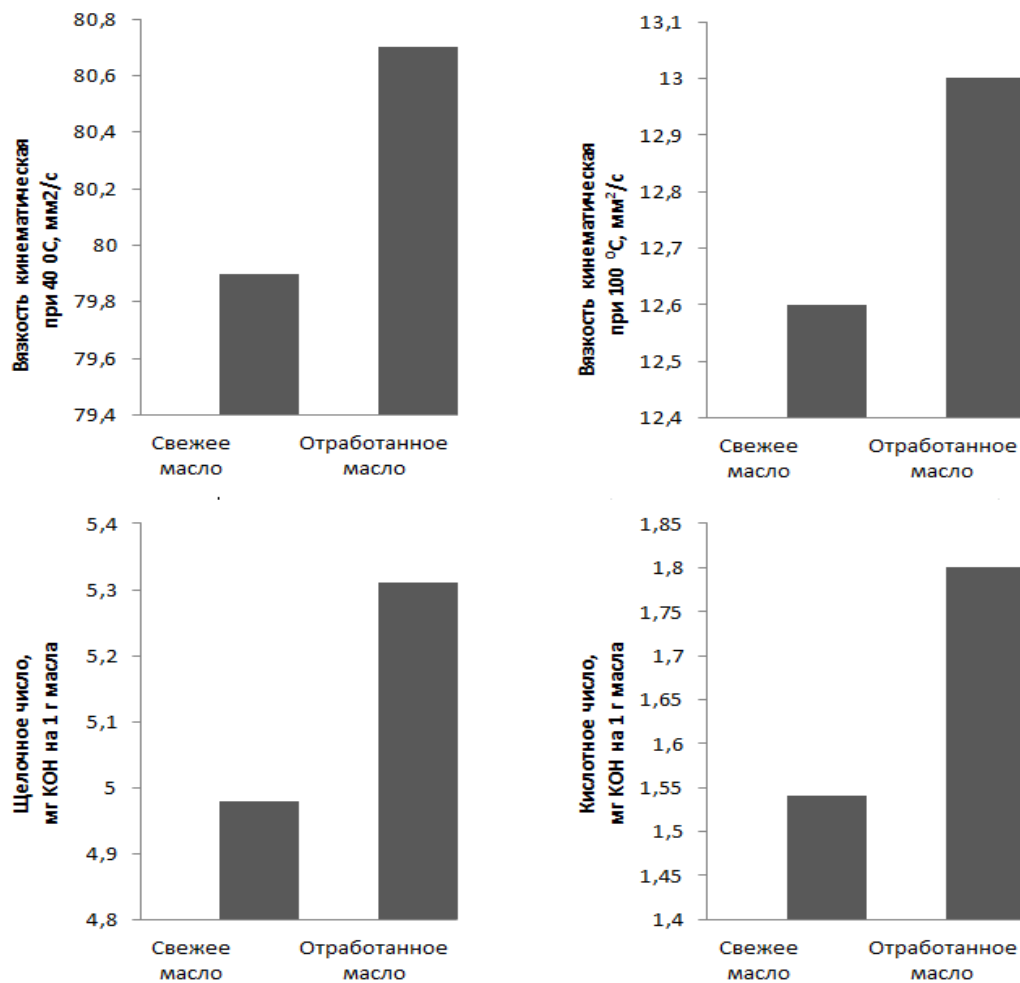


Рис. 1. Изменения показателей качества свежего и отработанного масел

С помощью метода инфракрасной спектроскопии определили следующие показатели масел: окисление с образованием каронильных групп, нитросоединений, сульфосоединений, содержание воды, сажи, гликолей, деградации присадок различного назначения. Полученные ИК-спектры представлены на рисунке 2. Для идентификации и сравнения наиболее характерных групп использовали область спектра $600-4000 \text{ см}^{-1}$.

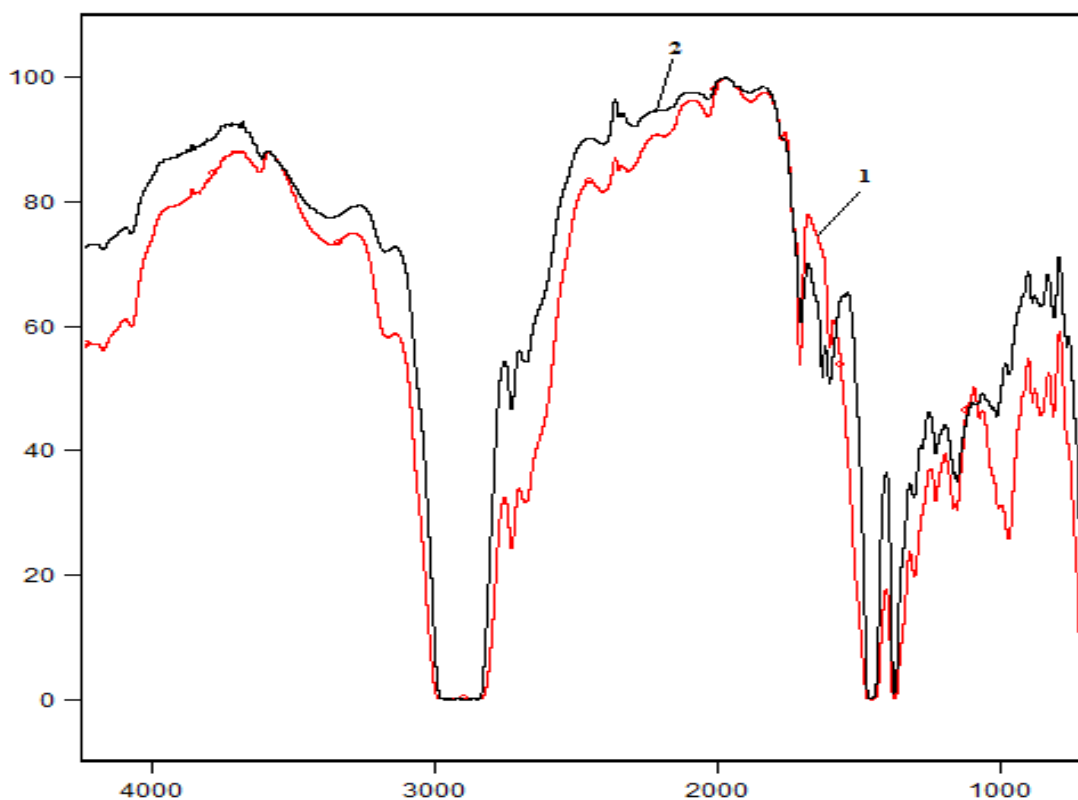


Рис. 2. ИК-спектры свежего (1) и отработанного(2) масел

На полученных спектрах были выделены фиксированные точки по соответствующим полосам поглощения и определена их интенсивность. Результаты представлены на диаграммах. (рис. 3).

Таким образом, анализ спектров поглощения свежего и отработанного моторного масла позволяет сделать следующие выводы.

1. Под действием кислорода воздуха в условиях высокой температуры, моторное масло подвергается окислению с образованием соединений, содержащих карбонильную группу, в том числе и карбоновые кислоты. Карбонильное окисление определяется по величине пика поглощения на волновых числах $879-966 \text{ см}^{-1}$. Карбоновые кислоты повышают кислотность масла, истощают присадки, присутствующие в масле, и вызывают коррозию деталей и механизмов. Степень карбонильного окисления является прекрасным индикатором деградации смазочного материала. Интенсивное карбонильное окисление, превышающее браковочный показатель, указывает на перегрев двигателя или на истощение антиоксидантных присадок (например, Агидол или ДФ-11) в случае превышения срока замены масла.

В результате исследования было установлено, что величина пика (889 см^{-1}) поглощения для свежего и отработанного масел не отличается, что может быть связано с нейтрализацией карбонильных соединений, с окислением свежего масла при хранении.

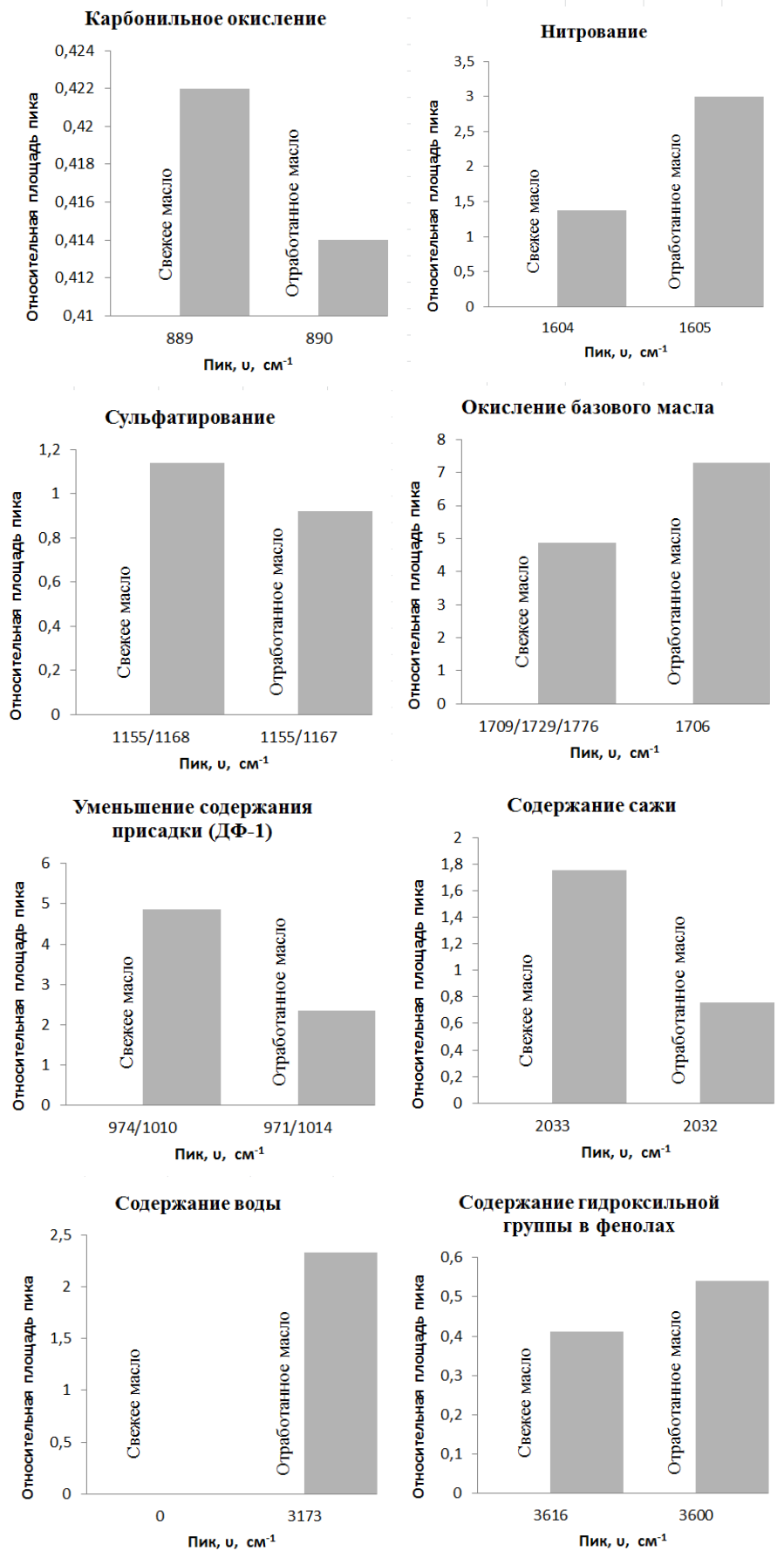


Рис. 3. Спектральные диапазоны функциональных групп масел

2. При сгорании топливно-воздушной смеси, содержащей соединения азота, образуются оксиды азота, которые взаимодействуют с маслом, увеличивают его вязкость и вызывают образование отложений на рабочих поверхностях двигателя. Пик характеризующий образование нитросоединений в процессе нитрования находится в диапазоне волновых чисел $1650-1600\text{ см}^{-1}$. Высокий уровень данного показателя указывает на неоптимальное соотношение топливо-воздух, избыточную нагрузку и повышенную температуру двигателя. Увеличение площади пика в отработанном масле почти в 2,5 раза может быть связан с ухудшением уплотнений в цилиндропоршневой группе двигателя.

3. При сгорании сернистых соединений образуются оксиды серы. Они взаимодействуют с водой, в результате получаются сернистая и серная кислота. Эти соединения нейтрализуются противоизносными присадками (например, ДФ-11-диалкилдитиофосфаа цинка), при этом содержание их в масле уменьшается. Диапазон пиков сульфатирования $1180-1120\text{ см}^{-1}$. Увеличение сульфатов может быть связано с высоким содержанием серы в топливе, неполном сгорании рабочей смеси, пониженной температурой двигателя. В исследуемом отработанном масле содержание сульфатов уменьшается, что объясняется выбросом оксидов серы с выхлопными газами из двигателя в газообразном состоянии.

4. Окисление базового масла характеризуется наличием пиков поглощения в диапазоне $1800-1670\text{ см}^{-1}$. В этой области определяются кислородсодержащие соединения, образующиеся при гидролизе сложных эфиров в присутствии воды и кислот. Эти соединения увеличивают кислотность масла, за счет образования кристаллических соединений могут засорять фильтры. Спектральный анализ показывает, что в отработанном масле почти в два раза увеличивается содержание кислородсодержащих соединений, т.е синтетические сложные эфиры подвергаются окислению.

5. В процессе эксплуатации двигателя уменьшается содержание противоизносной присадки. В исследуемом масле данная деградация определяется величиной нескольких пиков: $1025-960\text{ см}^{-1}$ (связь P-O) и $840-600\text{ см}^{-1}$ (связь P=S). Истощение присадки показывает на избыточную нагрузку двигателя, попадания воды в масло, утечке охлаждающей жидкости или эксплуатации непрогретого двигателя.

6. В отработанных маслах определяют загрязнители - сажу (пик поглощения около 2000 см^{-1}) и воду и гликоли, указывающих на утечку охлаждающей жидкости (пик в области волновых чисел 3400 см^{-1}). Наличие гидроксильной группы в спектре отработанного масла и отсутствие пика, характеризующего утечку охлаждающей жидкости из системы охлаждения, позволяет сделать вывод о том, что вода попадает в масло в результате ее конденсации из-за пониженной рабочей температуры.

Таким образом, исследование химического состава моторных масел методом ИК-спектроскопии в процессе эксплуатации позволяет выявить специфику и природу изменений в структуре масел в зависимости от условий работы механизма, оценить возможные неисправности в двигателе, контролировать свойства используемого смазочного материала и давать рекомендации по его замене.

Библиографический список

1. Kovalenko V.V. IR Spectroscopy to Determine the Structural Group Composition of Base Oils 2019/ V.V. Kovalenko, M.V.Lyzlova, V.S. Loginov, G.I. Melnik // 8th Mediterranean Conference On Embedded Computing (MECO) 2019 including 2019, 10-14 June 2019, Budva, Montenegro, с. 370-373
2. Хазиев А.А. Разработка механизма оценки состояния работавшего моторного масла по физико-химическим показателям// Вестник Моск. Автомоб.-дорож. гос. Техн. Ун-та.-2014.-№4(39). –С.11-17.
3. Демочкина Я.В. Исследование присадок индустриального масла ИПП-18 ИК-спектрометрическим методом/ Я.В.Дёмочкина, Т.А.Модина, М.В. Лызлова, Г.И. Мельник// Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2018: сб.тр. XXXI Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., 4-6 декабря 2018 г. -Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2018.- с. 101-104.

УДК 665.6/7; ГРНТИ 47.47

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЧВОГРУНТА ПУТЁМ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ОТХОДОВ

Е.В. Воробьева, М.С. Шестакова

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, horek.colupaeva@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассматриваются этапы подбора компонентов и получение почвогрунта в лабораторных условиях.

Ключевые слова: апробация технологии, почвогрунт, агрохимические показатели, микроорганизмы, валовые и подвижные формы металлов.

OBTAINING SOIL BY MEANS OF COMPLEX UTILIZATION OF GENERATED WASTE

E.V. Vorobyova, M.S. Shestakova

*Ryazan State Radio Engineering University named after V. F. Utkin,
Ryazan, Russian Federation, horek.colupaeva@yandex.ru*

Annotation. This paper discusses the stages of selecting components and obtaining soil under laboratory conditions.

Keywords: technology approbation, soil soil, agrochemical indicators, microorganisms, gross and mobile forms of metals.

Одной из экологических проблем современности является обращение с отходами. Основным отходом, образующимся в процессе работы как локальных, так и городских очистных сооружений, является осадок сточных вод (ОСВ), который представляет собой смесь избыточно активного ила и сырого осадка, который образуется в процессе жизнедеятельности населения в количестве около 500 кг на одного жителя ежегодно. Осадок, образуется непрерывно в процессе биологической очистки стоков, требует размещения, либо переработки.

Существует множество методов утилизации их плюсы и минусы рассмотрены в статье [3], как наиболее экологически эффективная и экономически целесообразная технология утилизации ОСВ – был выбран способ биоремедиации (получение почвогрунта).

В данной статье рассмотрена апробация технологии получения почвогрунта в лабораторных условиях происходящая в несколько этапов.

Апробация технологии в лабораторных условиях

При выборе технологии утилизации ставилась задача максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот, строгое соответствие производства и полученного продукта нормам природоохранного законодательства, экономической целесообразности и производственной эффективности. Выше перечисленным условиям соответствует технология получения почвогрунта. Апробация которой была проведена в лаборатории.

Основные компоненты почвогрунта, используемые при его производстве (осадки сточных вод, песок, торф, древесные опилки, глина) обладают рядом специфических характеристик.

- Песок. Создает более рыхлую структуру растительного грунта, препятствует образованию почвенной корки и улучшает условия для «дыхания «корней растений».

- Торф. Содержит большое количество органического вещества, значительная часть которого относится к соединениям гуминовых кислот, значительное количество азота, имеет высокие влаго- и газонаполнительные свойства. Он характеризуется антисептическими свойствами.

- Опилки. Содержат все основные элементы питания, которые в процессе минерализации становятся доступными для растений, обладают гумосообразующим потенциалом,

богаты легкодоступными для микрофлоры органическими соединениями. Опилки выполняют функцию регулятора влажности режима почвогрунта.

- Глина. Внесение глины в грунт улучшает механический состав, физические свойства и его влагоемкость.

Для производства почвогрунта использовался ОСВ с влажностью 79,2 %. Было составлено несколько соотношений ОСВ при его смешении с торфом: опилками: песком: и глиной.

Работа проводилась в несколько этапов:

Первый этап: Проведение лабораторных опытов по анализу качества исходного сырья – ОСВ, с целью вывод о пригодности ОСВ в качестве компонента почвогрунта, также анализ качества нефтезагрязненной почвы,

Второй этап: Для обезвоживания, обогащения углеродом и увеличения пористости ОСВ смешивают с древесными опилками (соответствующих требованиям ГОСТ Р 18320 и ГОСТ Р 53381) и производят постоянное перемешивание. Исходный ОСВ обладает средней влажностью 79,2 % в процессе обезвоживания теряет около 20 % влаги.

Внесение сфагнома в загрязненную почву для запуска процесса биоремедиации.

Третий этап: Подбор оптимального соотношения отхода при его смешении с торфом (ГОСТ Р 52067), песком (ГОСТ 8736), глиной в разных соотношениях.

Четвёртый этап: Внесение микроорганизмов в полученные варианты смесей ОСВ и компонентов. Периодическому перемешиванию для активизации аэробных и анаэробных процессов, в результате чего ускоряется процесс естественного разложения органических веществ в минеральные соли, тем самым стабилизируется состав почвогрунта

Пятый этап: Контроль качества полученного продукта на соответствие ГОСТ Р 53381-2009 [5], ГОСТ Р 54534-2011.[2] во время стабилизации состава почвогрунта. Результаты лабораторных исследований (табл. 1).

Таблица 1. Агрехимические показатели

| Наименование показателя | ОСВ | Варианты соотношения компонентов | | | Норма |
|--|------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| | | 45:55 (ОСВ:компоненты) | 50:50 (ОСВ:компоненты) | 55:45 (ОСВ:компоненты) | |
| Массовая доля органических веществ, % на сухое вещество, не менее | 42,4 | 24,3 | 26,0 | 29,9 | 20,0 |
| Реакция среды, рН | 4,1 | 6,7 | 6,3 | 5,1 | 5,5-8,5 |
| Массовая доля общего азота (N), % на сухое вещество, не менее | 3,0 | 1,3 | 1,6 | 1,8 | 0,6 |
| Массовая доля общего фосфора P ₂ O ₅ , % на сухое вещество, не менее | 2,8 | 1,3 | 1,9 | 2,2 | 1,5 |
| Массовая доля влаги, % не более | 79,2 | 24,9 | 32,6 | 44,7 | 70 |
| Массовая доля нефтепродукта, % не более | - | | | | 1000 |

В результате лабораторных исследований было определено оптимальное соотношение компонентов, которое соответствует 50% ОСВ, 20% торфа, 8% опилок, 10% песка, 12% глины. Все исследованные показатели соответствуют нормам ГОСТ Р 53381-2009 [1], ГОСТ Р 54534-2011 [2]. В соотношениях компонентов 45:55 и 55:45 имеются несоответствия по массовой доле общего фосфора и реакции среды соответственно.

Стабилизация почвогрунта во времени

Характерным свойством почвы является её реакция. Она определяет условия жизнедеятельности почвенных организмов, высших растений, а также аккумуляцию и подвижность загрязнителей почвы (тяжёлых металлов). С целью изучения этого фактора было проведено исследование процесса стабилизации почвогрунта во времени (табл. 2).

Таблица 2. Стабилизация состава почвогрунта во времени

| Период, дни | 1 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Водородный показатель, рН _{сол} | 4,1 | 4,2 | 4,5 | 4,6 | 4,9 | 5,1 | 5,6 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,3 | 6,3 |
| Индекс токсичности, Т | 45,5 | 37,1 | 32,9 | 28,2 | 23,2 | 21,5 | 19,7 | 19,3 | 18,9 | 17,6 | 15,2 | 15,2 |

В первую половину периода наблюдалось закисление почвы и высокий уровень токсичности, что вызвано подвижностью тяжёлых металлов в кислой среде. По истечению 44 дней смесь стабилизировалась и стала соответствовать нормам предъявляемым к почвогрунтам-рекультивантам в том числе по водородному показателю и индексу токсичности.

Стабилизация грунта происходила 44 дня в лабораторных условиях (при $t=21^{\circ}\text{C}$, влажности = 48). В зависимости от погодных условий время стабилизации изменяется.

Влияние микроорганизмов на валовые и подвижные формы металлов

В работе были проведены лабораторные исследования на подвижные и валовые формы тяжёлых металлов атомно-абсорбционным методом.

Подвижные формы ТМ являются наиболее опасным явлением, так как именно в такой форме они могут ассимилироваться растениями и поступать в пищевые цепи, также под влиянием тока почвенной влаги перемещаются в нижележащие горизонты вплоть до генетического горизонта и почвообразующих пород.

Исследование почвогрунта показали, что содержание подвижных форм металлов (хром (III), никель медь, цинк, свинец) содержится в пределах нормы, после внесения микроорганизмов по исследуемым элементам превышений допустимых концентраций и фона не обнаружено.

Наблюдалось существенное снижение ТМ (табл.3), что связано образованием мало-подвижных металлоорганических соединений (валовых форм). Образование металлоорганических соединений возрастает с наличием свободной почвенной органики, количество которой возрастает в присутствии микроорганизмов. Их роль в почвогрунте грунтов, азотом, мобилизации фосфора из органических и труднорастворимых неорганических соединений.

Таблица 3. Содержание подвижных форм металлов

| | Хром (III) | Никель | Медь | Цинк | Свинец |
|--------------------------|------------|--------|------|------|--------|
| Норма, мг/кг | 6,0 | 4,0 | 3,0 | 23,0 | 6,0 |
| Результат «до», мг/кг | 4,5 | 2,7 | 1,5 | 19,7 | 4,4 |
| Результат «после», мг/кг | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 7,2 | 2,0 |

Результаты анализов на валовое (кислоторастворимое) содержание ТМ показали, что приготовленный почвогрунт загрязнен медью, цинком, никелем, кадмием, свинцом, ртутью и мышьяком в пределах нормы. Таким образом, металлы в представленном количестве не

являются токсичными для растительных и животных организмов и не являются опасными для окружающей среды.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53381-2009 Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия ;
2. ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель;
3. Воробьева Е.В., Шестакова М.С. Способ получения почвогрунта путем утилизации осадка сточных вод //Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы - Биомедсистемы-2019: сб. тр. XXXI Всеросс. науч.-тех. конф. студ.ентов, мол. уч. спец. - под общ. ред. В.И. Жулева – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2019,с. 69.

УДК 621.357.75; ГРНТИ 61.13.21

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НИКЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ UNITY ENGINE

Н.Ю. Кулавина, Г.А. Шашкина, К.А. Ветшев, А.Д. Рубцова

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Россия, Рязань, xt-kontakt@mail.ru*

Аннотация. В данной работе предложена модель расчета толщины никелевого покрытия в зависимости от параметров технологического процесса: силы тока, времени осаждения и площади поверхности. Интерфейс и программа разработаны в среде Unity Engine.

Ключевые слова: никелирование, гальваническое покрытие, толщина покрытия, электрохимический метод, электролит.

AUTOMATION OF CALCULATION OF PARAMETERS NICKELING TECHNOLOGICAL PROCESS UNITED ENGINE

N.U. Kulavina, G.A. Shashkina, K.A. Vetshev, A.D. Rubtsova

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, xt-kontakt@mail.ru*

Annotation. In this paper, we propose a model for calculating the thickness of a nickel coating depending on the parameters of the technological process: current strength, deposition time, and surface area. The interface and the program are developed in the Unity Engine environment.

Keywords: nickel plating, electroplating, coating thickness, electrochemical method, electrolyte.

Процесс создания пленки из никеля на поверхности металлического сплава называется никелированием. Покрытие защищает изделия от коррозии в атмосфере, в растворах щелочей, солей и слабых органических кислот. Толщина покрытия составляет от 1 до 50 микрон. При неизменном составе электролитического раствора варьировать толщину слоя никеля можно путем изменения силы тока или времени осаждения [1].

В данной работе в качестве электролита применяется раствор, в состав которого входят: сульфат никеля, хлорид никеля и борная кислота с концентрациями 200-250 г/л, 30-60 г/л, 25-40 г/л соответственно.

Вычисления толщины покрытия и времени осаждения проводятся по формуле, выведенной на основании первого и второго законов Фарадея [2].

$$h = \frac{A \cdot I \cdot t \cdot Bm}{z \cdot F \cdot \rho \cdot S} , \quad (1)$$

где A – атомная масса никеля, равная 59 г/моль;
 z – количество электронов, равное 2;
 F – число Фарадея, равное 96500 Кл * моль⁻¹;
 ρ – плотность никеля, равная 8907 г/дм³;
 Vm – выход по току, принимаемый равным 100%,
 I – сила тока, А;
 t – время, мин;
 S – площадь, дм².

Параметры I , t , S задаются пользователем.

Программное обеспечение для расчета параметров технологического процесса разработано в кроссплатформенной среде Unity Engine. На рисунке 1 приведена формула на языке программирования C# [3].

```
float h=(A * i * t * 60) / (z * 96500 * plotnost * S) *1000000;
```

Рис. 1. Формула расчета толщины покрытия на языке C#

В Unity Engine создан интерфейс программы (рисунок 2) из встроенных элементов – кнопок, текстовых полей и всплывающих списков. Программный код написан с использованием Visual Studio 2017 и языка программирования C#.

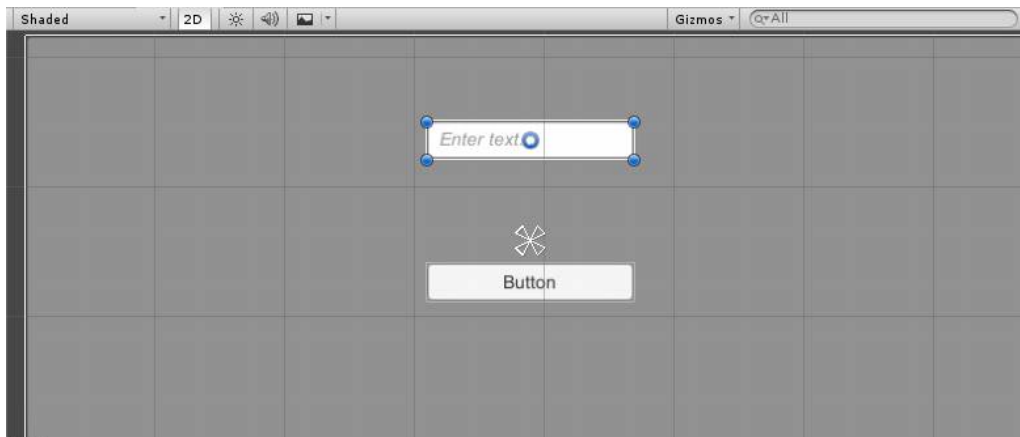


Рис. 2. Разработка интерфейса в Unity Engine

Интерфейс программы для расчета толщины покрытия представляет собой две главные панели (рисунок 3).

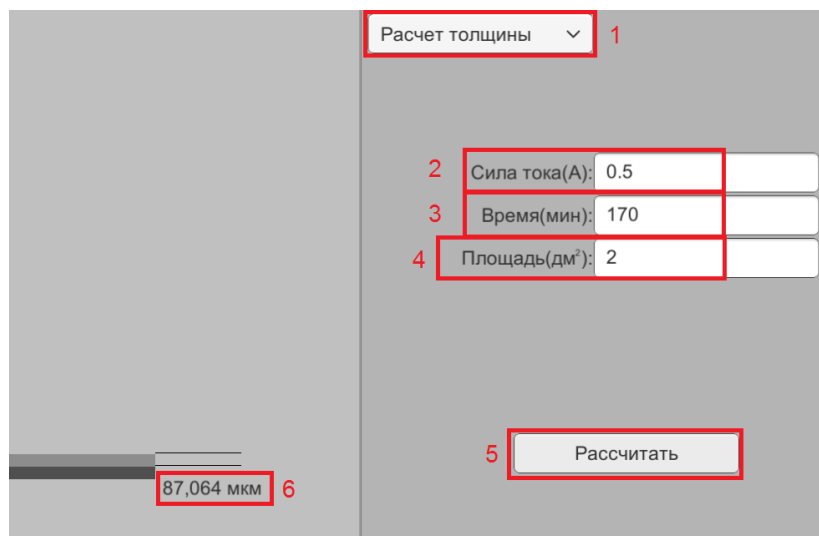


Рис. 3. Интерфейс разработанной программы для расчета толщины покрытия

На левой панели визуализируется рассчитанная толщина покрытия. Правая панель является переключаемой. На ней задаются требуемые параметры технологического процесса. Выпадающий список 1 управляет выбором режима расчета: расчет толщины покрытия и расчет времени нанесения покрытия.

В режиме расчёта толщины покрытия на правой панели находятся три заполняемых поля и кнопка для вычисления. В текстовое поле 2 вводится сила тока в амперах, в поле 3 – время в минутах, в поле 4 – площадь покрываемой поверхности в дм^2 . При нажатии кнопки 5 производится расчёт толщины покрытия.

Рассчитанное значение (в микрометрах) отображается в поле 6. Для наглядности на левой панели появляется визуальное изображение толщины покрытия. При превышении предельного значения плотности тока программа автоматически оповещает пользователя и блокирует кнопку расчета (рисунок 4).

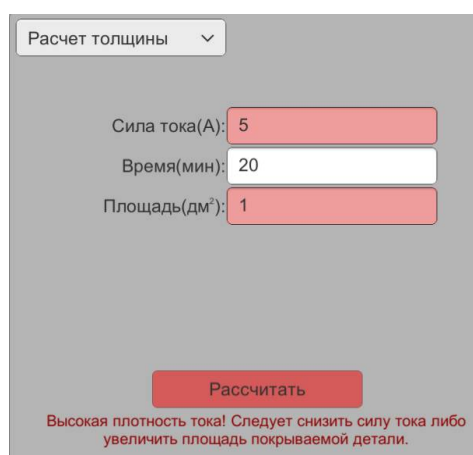


Рис. 4. Ошибка при попытке установления высокой плотности тока

В режиме расчёта времени нанесения покрытия на правой панели будет одно заполняемое поле, выпадающий список и кнопка для вычисления. В текстовое поле 1 вводится толщина покрытия в микрометрах, которую требуется получить. В выпадающем списке 2 выбирается рабочая плотность тока. После нажатия кнопки расчёта в поле 3 появится требуемое время (рисунок 5).

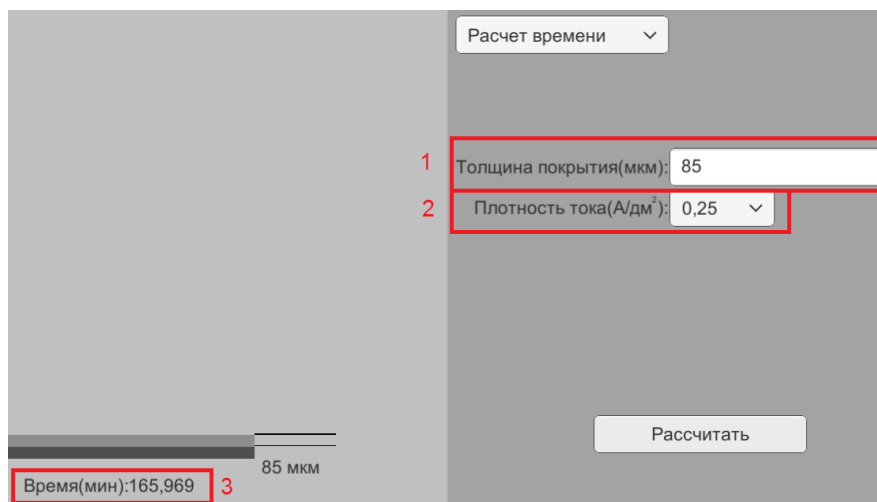


Рис. 5. Интерфейс разработанной программы для расчета времени нанесения покрытия

Полученная модель расчета параметров технологического процесса позволяет сократить время расчета толщины никелевого слоя при известных значениях величины тока и площади покрытия.

При известной плотности тока и толщины покрытия обеспечивается расчет времени никелирования.

Для расчета параметров технологического процесса для других видов покрытия предложенная программа может быть доработана путем изменения соответствующих параметров.

Библиографический список

1. Функциональная гальванотехника: учебное пособие/ В. И. Мамаев. – Киров : ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2013. – 208 с.
2. Электрохимия и химическая кинетика : учебное пособие / Г. В. Булидорова, Ю. Г. Галяметдинов, Х. М. Ярошевская, В. П. Барабанов. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 371 с.
3. Руководство Unity [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/current/Manual/index.html>.

УДК 66.087.7; ГРНТИ 31.15.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМОГО ПОКРЫТИЯ

Е.В. Воробьева, К.А. Ветшев, А.Д. Рубцова

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Россия, Рязань, adr1999@list.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрены стационарный и нестационарный режимы электроосаждения металла. На примере никелевого гальванического покрытия экспериментально выявлены закономерности влияния выбранных режимов на качество получаемого покрытия.

Ключевые слова. Электролиз, режимы электролиза, никелирование, постоянный ток, толчок тока.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ELECTROLYSIS MODE ON THE QUALITY OF THE RESULTING COATING

E.V. Vorobyova, K.A. Vetshev, A.D. Rubtsova

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, adr1999@list.ru

Annotation. In this paper, stationary and non-stationary modes of metal electrodeposition are considered. On the example of nickel plating, the patterns of the influence of the selected modes on the quality of the resulting coating are experimentally revealed.

Keywords: electrolysis, electrolysis mode, nikelage, direct current, push current.

Гальванические покрытия наиболее часто выполняют защитную функцию, для реализации которой необходимо выполнение ряда требований согласно ГОСТ 9.301-86. Важнейшим из них является наличие мелкокристаллической структуры и плотноупакованность [1]. На практике этого можно достичь путем регулирования скоростей образования центров кристаллизации и роста кристаллов покрытия от них [2]. В ходе данной исследовательской работы рассматривается влияние стационарного и нестационарного режимов проведения электроосаждения никеля на стальной поверхности на качество получаемого покрытия (рисунок 1).

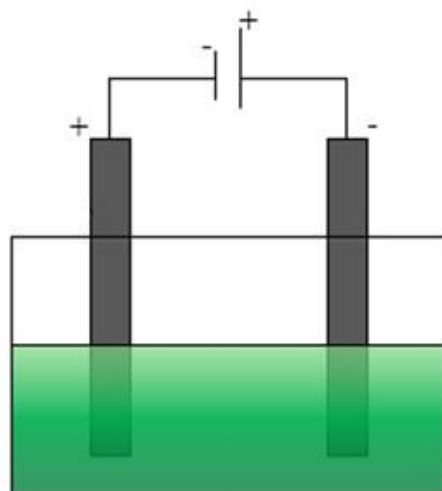


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из гальванической ванны, заполненной электролитом сернокислого никелирования, никелевого анода, имеющего положительный заряд, и отрицательно заряженного катода, в качестве которого выступает покрываемая стальная пластина. Режимы электролиза подобраны таким образом, чтобы от источника в систему подавался только постоянный ток.

В эксперименте используется обыкновенный электролит сернокислого никелирования без различных добавок, с целью исключения их влияния на результаты. Состав электролита представлен в таблице 1 [3].

Таблица 1. Состав используемого электролита сернокислого никелирования

| Компонент | Концентрация, г/л |
|----------------|-------------------|
| Сульфат никеля | 200-250 |
| Хлорид никеля | 30-60 |
| Борная кислота | 25-40 |

Исходными параметрами для рассматриваемых процессов являются сила тока, площадь покрываемой детали, время проведения электролиза и температура электролита. Чтобы условия экспериментов были одинаковыми, площадь и время принимаются равными $7,5 \text{ см}^2$ и 20 минут. Значение силы тока устанавливается в соответствии с физическими закономерностями процессов. Температура электролита в процессе электролиза остается постоянной и равна 25°C (н.у.).

Сила тока для стационарного электролиза принимается равной 75 мА.

При визуальной проверке полученного покрытия выявлена неравномерность его распределения по поверхности пластины, отмечается значительное количество незаполненных участков (рисунок 2). Кристаллы электроосажденного никеля получаются крупными, что впоследствии может привести к отслаиванию покрытия или его растрескиванию.



Рис. 2. Микрофотография поверхности никелевого покрытия, полученного в условиях стационарного электролиза

В качестве нестационарного электролиза используется метод толчка тока. Его сущность заключается в том, что как только в гальваническую ванну заводится пластина, в систему подается ток, превышающий рабочий в 2-3 раза. Продолжительность такого толчка составляет 20-30 секунд. Затем возвращается рабочее значение тока.

Рабочая сила тока для нестационарного электролиза принимается равной 75 мА, как и в стационарном режиме. Толчок тока в таком случае равен 150 мА.

На основании визуальной оценки полученного покрытия можно судить о его мелкокристаллической структуре, но недостаточной равномерности распределения по поверхности пластины (рисунок 3). Это явление можно объяснить следующим образом: нестационарный электролиз проводится, как правило, при высоких плотностях тока. В данном случае, так как эксперименты осуществляются в одинаковых условиях, рабочая величина рассматриваемого параметра составляет 1 А/дм^2 , а его максимальное значение при скачке тока - 2 А/дм^2 соответственно. При повышении плотности тока можно добиться более равномерного распределения кристаллов электроосаждаемого металла по поверхности [4].

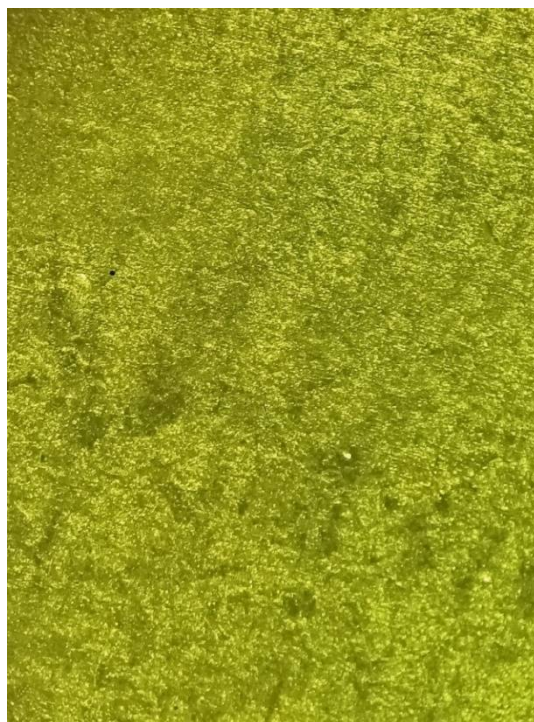


Рис. 3. Микрофотография поверхности никелевого покрытия, полученного в условиях нестационарного электролиза

Таким образом, можно сделать вывод, что режим проведения электролиза оказывает влияние на соотношение скоростей стадий процесса электрохимического нанесения металлических покрытий. Применение нестационарных режимов электролиза, в частности наиболее простого – толчка тока – ускоряет образование кристаллизационных центров, что благоприятно сказывается на качестве получаемого покрытия.

Библиографический список

1. Технология электрохимических покрытий: Учеб. Для средних специальных учебных заведений/ М.А. Дасоян, И.Я. Пальмовская, Е.В. Сахарова. – Л.: Машиностроение. Ленигр. От-ние, 1989. – 391 с.
2. Попова С.С., Целуйкина Г.В., Соловьева Н.Д., Целуйкин В.Н. Функциональные покрытия на основе сплавов железа / С.С. Попова, Г.В. Целуйкина, Н.Д. Соловьева, В.Н. Целуйкин // Гальванотехника и обработка поверхности. 2001. Т. 9. №1. С. 34-40.
3. Функциональная гальванотехника: учебное пособие/ В. И. Мамаев. – Киров : ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2013. – 208 с.
4. Шушков Р.В., Соловьева Н.Д. Влияние режима электролиза на свойства никелевых покрытий / Р.В. Шушков, Н.Д. Соловьева // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. Т.1. №1. С. 53-57.

УДК 665.6/7; ГРНТИ 47.47

ДОСТИЖЕНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Д.В. Мельников

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, horek.colupaeva@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассматриваются этапы проведения мутагенеза на городских очистных сооружениях, а также результаты лабораторных и гидробиологических исследований.
Ключевые слова: мутагенез, микроорганизмы, предельно допустимые концентрации, гидробиологический анализ, лабораторные исследования.

ACHIEVING THE QUALITY OF TREATED WASTEWATER

D. V. Melnikov

*Ryazan State Radio Engineering University named after V. F. Utkin,
Ryazan, Russian Federation, horek.colupaeva@yandex.ru*

Annotation. This paper discusses the stages of mutagenesis in urban treatment facilities, as well as the results of laboratory and hydrobiological studies.
Keywords: mutagenesis, micro-organisms, maximum permissible concentration, hydrobiological analysis, and laboratory studies.

Очистные сооружения – один из главных объектов инфраструктуры города. Однако морально и физически устаревших технологии очистки, а также качество поступающих стоков не позволяют очистить сточную воду до необходимого уровня ПДК. Решать эту проблему необходимо с «сердца» биологической очистки – микроорганизмов активного ила. В данной статье рассмотрен метод восстановления активного ила – мутагенез и приведены результаты внедрения этого метода на практике.

Методика химического мутагенеза

Биологическая очистка сточных вод протекает в аэротенках. В данном процессе основной агент очистки – биоценоз активного ила.

Активный ил представляет собой хлопья состоящие из бактериальных клеток, между которыми находятся простейшие организмы. Для их нормальной жизнедеятельности необходима энергия и питание, основой которого являются органические вещества. Микроорганизмы аккумулируют из органических веществ энергию, при этом происходит окислительно- восстановительный процесс.

При отклонении возможно появление «вспухания» – изменения состояния биоценоза активного ила в неблагоприятных экологических условиях, характеризующееся увеличением объема ила и нарушением его седиментационных свойств [2].

При изменении экологических условий - появление токсикантов, недостаток кислорода, питания появляется ответ биоценоза активного ила - «вспухание». Что бы избежать этого необходимо, во-первых, улучшение экологических условий в аэротенках, во-вторых, – изменение и активирование ферментативных свойств микрофлоры аэротенков с целью роста и развития устойчивого стабильного биоценоза с заданными оптимальными характеристиками

В последние десятилетия самым эффективным и легко реализуемым является метод химического мутагенеза, позволяющий устранять причины «вспухания». Метод основывается на увеличении ферментативной активности микрофлоры, селекцией новых видов, обладающих алкилирующими свойствами [3].

При применении метода формируются новые популяции микроорганизмов. Биоценоз при воздействии мутагена адаптируется к специфике заданного стока, в результате появляется возможность конкурентно подавлять развитие патогенных и нитчатых бактерий. Таким

образом при данном методе микрофлора содержит все ферментные необходимые для данных объектов загрязняющих веществ.

Этапы мутагенеза. Проведение ОПИ

Для проверки эффективности метода мутагенеза были проведены опытно промышленные испытания на территории цеха №20 Установки БОС АО «РНПК», место проведения аэротенки 4 очереди 1 ступени. В качестве агентов химического мутагенеза был выбран реагент- лимонная кислота.

Работа проводилась в несколько этапов [1]:

1. Обработке подвергается незначительная часть активного ила– 0,00001 % от общего объёма, находящегося в аэротенках и регенераторах. Обрабатывается около 30 дм³ активного ила, который отстаивается и сгущается так, чтобы концентрация его перед обработкой составляла 4-6 г/дм³. Используется незначительная часть ввиду исключения возможности появления нежелательных мутаций

2. Сгущенная иловая аэрируется непрерывно аквариумным микрокомпрессором. До обработки ил не подкармливался.

3. В активный ил добавляется мутаген – лимонная кислота (0,08 % от объема иловой смеси – 13 гр.), и смесь аэрируется в течение 18-24 часов.

4. После разрушения мутагена в активный ил добавляется 30 см³ осветлённых сточных вод (подкормка – сточные воды городского коллектора) и ампульные препараты витаминов группы В: В1, В6, В12 в концентрации 1,0 см³ каждого на 1 дм³ иловой смеси. В этом режиме подрачивания ил выдерживается не более 12 часов.

5. Обработанная иловая смесь выливается в голову сооружений.

6. Повторные обработки (по той же схеме) обязательны, их должно быть 2-3 с интервалом 3-5 суток.

Полученный эффект регистрировался каждый день при гидробиологическом контроле и по лабораторным исследованиям каждые сутки по компонентам азотной группы и через 5 суток по остальным показателям (табл. 1).

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований

| № п/п | Показатели | Единица измерения | Вход до обработки | Выход до обработки | Выход после обработки | Норматив контроля | Обозначение НД на методику |
|-------|--------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. | Фосфат- ионы (на P)** | мг/дм ³ | 2,8(0,68) | 2,4 (0,61) | 1,3 (0,34) | 0,2 | ПНД Ф 14.1:2.4.112-97 |
| 2. | Взвешенные вещества | мг/дм ³ | 43,7 | 27,8 | 26,3 | 23,35 | ПНД Ф 14.1:2.110-97 |
| 3. | Сульфат- ионы | мг/дм ³ | 179,4 | 123,2 | 1 | 100,0 | ПНД Ф 14.1:2.159-2000 |
| 4. | Сульфид- ионы | мг/дм ³ | 0,11 | 0,0057 | <0,002 | 0,005 | ПНД Ф 14.1:2.109-97 |
| 5. | Хлорид- ионы | мг/дм ³ | 137,4 | 132,9 | 131,2 | 204,0 | ПНД Ф 14.1:2.96-97 |
| 6. | Сухой остаток | мг/дм ³ | 851 | 764 | 757 | 953,0 | ПНД Ф 14.1:2.4.114-97 |
| 7. | Ионы аммония (по N)*** | мг/дм ³ | 19,6 (15,2) | 0,61 (0,47) | 0,47 (0,37) | 0,39 | ПНД Ф 14.1:2.1-95 |
| 8. | Нитрат- ионы (по N)**** | мг/дм ³ | 78,4 (17,6) | 63,9 (14,4) | 62,3 (13,1) | 9,0 | ПНД Ф 14.1:2.4.4-95 |
| 9. | Нитрит- ионы (по N)***** | мг/дм ³ | 0,038 (0,012) | 0,028 (0,0085) | 0,030 (0,0088) | 0,02 | ПНД Ф 14.1:2.4.3-95 |
| 10. | Нефтепродукты | мг/дм ³ | 8,1 | 0,089 | 0,046 | 0,05 | ПНД Ф 14.1:2.4.5-95 |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | | | |
|-----|----------------|---------------------|-------|-------|--------|-------|----------------------|
| 11. | Фенолы летучие | мкг/дм ³ | 0,007 | 0,005 | 0,0018 | 1,0 | ПНД Ф 14.1:2.105-97 |
| 12. | Железо (общее) | мг/дм ³ | 0,63 | 0,46 | 0,39 | 0,1 | ПНД Ф 14.1:2:4.50-96 |
| 13 | Ионы цинка | мг/дм ³ | 0,12 | 0,1 | 0,05 | 0,01 | ПНД Ф 14.1:2:4.60-96 |
| 13. | Ионы меди | мг/дм ³ | 0,02 | 0,013 | 0,004 | 0,001 | ПНД Ф 14.1:2:4.48-96 |


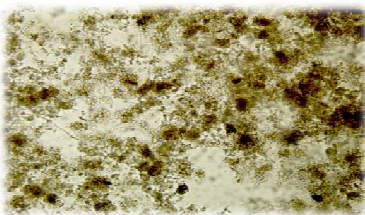

По результатам лабораторных исследований видно, что эффективность очистки повысилась по таким показателям, как БПК пол (в 3,5 раза), фенол (в 1,5 раза), медь (в 3,25 раз), цинк (в 2 раза), фосфаты (в 1,8 раз) и нефтепродукты (в 1,78 раз).

Обработка активного ила химическим мутагеном позволило значительно улучшить качество биологической очистки. При этом был достигнут устойчивый эффект увеличения скорости и глубины изъятия загрязняющих веществ и улучшения влагоотдающих свойств ила.

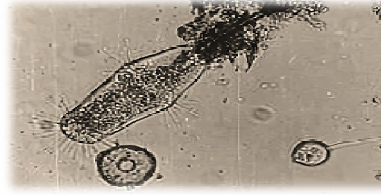
По гидробиологическим показателям активный ил после обработки улучшил свои седиментационные свойства (иловый индекс снизился с 200 до 70, скорость осаждения иловых хлопьев уменьшилась). Кроме того, применение метода мутагенеза для улучшения свойств ила позволило существенно повысить наследственное разнообразие микроорганизмов.

Мутагены способствовали появлению новых мутаций, полезные свойства которых повысили устойчивость микроорганизмов к неблагоприятным факторам - промстокам, в результате чего увеличилась эффективность очистки ила (табл. 2).

Таблица 2. Результаты анализа

| Период | Среда | Активный ил | Биоиндикаторы | Иловый индекс |
|---------|---|---|---|---------------|
| 0 день | Промстоки. Мало питания. Нитчатое вспухание |  | Нитчатые бактерии, мелкие голые амебы | 150 |
| 10 день | Промстоки. Питание удовлетворительное |  | Крупные раковинные амебы, свободноплавающие инфузории | 120 |
| 20 день | Промстоки. Достаточно питания |  | Коловратки, нематоды, прикрепленные инфузории | 90 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | |
|---------|-----------------------------|---|---|----|
| 30 день | Промстоки. Много питания |  | Брюхопесочные черви, сосущие инфузории, коллатки хищные, солнечники, дафнии | 70 |
|---------|-----------------------------|---|---|----|

В результате применения метода химического мутагенеза за 30 изменилось видовое разнообразие, улучшились седиментационные свойства – система вышла в устойчивое состояние В случае воздействия на токсиканта, активный ил перейдет в состояния 20 дня, из этого состояния ил легко восстановить, возобновив проведение мутагенеза.

Библиографический список

4. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – Акварос – 2015 – с.506;
5. Журминская Ольга, «Оценка состояния биоценоза активного ила и создание базы данных экспертной системы», диссертация на соискание ученой степени доктора биологии по специальности 03.00.18 – Гидробиология, Ихтиология. Кишинев, 2012;
6. Чжу О. П., Ракевич Ю. В. Повышение активности и устойчивости ила аэротенков очистных сооружений методом химического мутагенеза // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 20. – С. 3741–3745. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/55013.htm>.

УДК 678.028; ГРНТИ 61.01.77

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТОЛСТОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

А.О. Дмитриев

Тамбовский государственный технический университет,
Россия, Тамбов, phys@nnn.tstu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются технологические проблемы, возникающие при изготовлении толстостенных полимерных композитных изделий. Был проведен детальный причинно-следственный анализ технологических проблем. Мы нашли наиболее уязвимые этапы технологии и наметили пути их решения на основе метода математического моделирования и оптимизации. Метод позволяет рассчитать температурно-конверсионные поля при отверждении полимерных композиционных материалов и выбрать правильную стратегию оптимизации технологического процесса формования.

Ключевые слова: математическая модель; оптимальный режим; полимерные композиты; процесс отверждения.

TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE MANUFACTURE OF THICK-WALL POLYMER COMPOSITE PRODUCTS

A.O. Dmitriev

Tambov State Technical University,
Russia, Tambov, phys@nnn.tstu.ru

Abstract. The article discusses the technological problems encountered in the manufacture of thick-walled polymer composite products. A detailed causal analysis of technological problems was carried out. We found the most vulnerable stages of the technology and identified ways to solve them based on the method of mathematical modeling and optimization. The method allows us to calculate the temperature-conversion fields during the curing of polymer composite materials and choose the right strategy for optimizing the molding process.

Keywords: mathematical model; optimal cycle; polymer composites; curing process.

В настоящее время одними из перспективных конструкционных материалов являются полимерные композиты (ПК). Они применяются в различных отраслях промышленности, включая авиационную, автомобильную, судостроительную, химическую, электротехническую и другие отрасли современной техники, Основными классами ПК являются стеклопластики, органопластики и углепластики. Характеристики и качество ПК существенно зависят от свойств ингредиентов, которыми являются полимерная матрица и армирующий наполнитель, от их соотношения, технологического цикла и многих других производственных причин. Поэтому для получения наилучших физико-механических свойств необходимо проанализировать причины, связанные с разработкой технологии, производственным циклом и организацией производства крупногабаритных толстостенных изделий из ПК, в том числе провести анализ термокинетического процесса и расчет оптимальных режимов отверждения полимерных композитов в зависимости от толщины [1].

Технология производства изделий из ПК включает в себя следующие важные факторы: температурно-временной цикл отверждения (должен быть оптимальный для данной рецептуры, толщины и конфигурации продукта), метод формования (должен соответствовать форме продукта), режим давления (должен обеспечивать необходимое заполнение фактор и прочность продукта), продолжительность процесса (должна быть минимальной, но достаточной для окончания процесса отверждения), оборудование (должно отвечать способу формирования продукта).

Важное значение имеет выбор ингредиентов, которые необходимы для выполнения технологических, экономических, экологических и других требований к продуктам ПК. Сырье также зависит от способа формования изделий. Когда используется «сухой» метод, используется препрег, и важно, чтобы необходимые условия хранения (температура и продолжительность) не нарушались, время установки в продукт не превышало время хранения, пропорции ингредиентов также важны.

Квалификация персонала напрямую влияет на процесс производства продуктов из ПК. Здесь важны квалификация, опыт, навыки, заинтересованность и мотивация персонала, участие в процессах управления качеством, а также организация труда. Не менее важным является обучение лучших практикующих коллег.

Из опыта производства ПК известно, что основными причинами дефектности полимерных композиционных изделий являются следующие: прочностные свойства ПК ниже требуемых; деградация смолы в ПК; низкая степень отверждения смолы в ПК; растрескивание материала; деформация (нарушение геометрии) готового изделия; расслоение продукта, пустоты; места плохой пропитки; пузырьки воздуха между слоями. Эти проявления объясняются тем, что процесс отверждения изделий из ПК на основе термореактивных смол сопровождается экзотермической реакцией. Из-за низкой теплопроводности ПК, перпендикулярно упрочняющим ориентационным слоям отток тепла изнутри изделия осложнен, и при неоптимальном температурно-временном цикле отверждения возникает неоднородность поля температуры.

Определение оптимальных температурно-временных циклов отверждения полимерных композиционных изделий является сложной и острой проблемой. Задача определения оптимальных температурно-временных циклов отверждения толстостенных изделий может быть решена на основе математического моделирования и оптимизации процесса отверждения ПК, что гарантирует создание высококачественного готового продукта за минимальное время и низкие стоимостные затраты [2]. Основные проблемы, которые необходимо решить при определении оптимального цикла отверждения для толстостенных изделий из ПК, заключаются в следующем [2-4]: сокращение продолжительности цикла отверждения; уменьшение температурно-конверсионных неоднородностей в ПК; полное отверждение смолы.

При проектировании оптимальных технологических циклов отверждения ПК необходимо минимизировать некоторый критерий оптимальности с использованием математиче-

ской модели и ограничений, налагаемых на задачу. Математическая модель термокинетического процесса отверждения ПК, необходимая для решения задачи оптимизации для каждого метода формования и технологического процесса, имеет свою специфику и при этом одинаковую структуру [5]. Поэтому модель строится в соответствии с используемым способом формования изделий. Регулирующим фактором здесь является температура формы $U(\tau)$. Параметры модели, необходимые для решения уравнений математической, определяются экспериментально с помощью разработанной нами информационно-измерительной системы (ИИС) исследования процесса отверждения полимерных композитов [6].

Целевой функцией задачи оптимизации цикла отверждения является минимизация длительности процесса τ_k :

$$I_{\tau_k} = \min_{U(\tau; \tau_k)} \int_0^{\tau_k} d\tau.$$

Математическая постановка задачи оптимизации процесса отверждения изделий из ПК плоской формы толщиной L заключается в поиске температурно-временного цикла $U(\tau)=T_B(\tau)$ на поверхностях нагреваемого и отверждаемого продукта, являющийся управляющим воздействием:

$$U(\tau; \min \tau_k) = \{T_0(\tau), T_L(\tau)\}.$$

Найденный цикл должен обеспечить минимум критерия оптимальности I и гарантировать высокое качество готового продукта с минимальным временем процесса τ_k . Требуемый температурно-временной цикл отверждения рассчитывается как кусочно-линейная функция:

$$U_j(\tau) = \begin{cases} \tilde{T}_{j-1} + \tilde{K}_j \tau, & \tau_{j-1} < \tau < \tau_{n_j} \\ \tilde{T}_j, & \tau_{n_j} \leq \tau \leq \tau_j \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, k_{ст},$$

где \tilde{K}_j - скорость нагрева поверхности изделия;

K / c ; $k_{ст}$ - количество ступеней нагрева;

\tilde{T}_j - температура изотермической выдержки на j -й стадии нагрева, К.

Ограничения в задаче оптимизации следующие: максимально допустимая температура T_{max} внутри продукта, выше которой побочные нежелательные реакции начинают происходить в смоле, вызывая разрушение смолы; максимально допустимая разница температур по толщине изделия $\Delta \bar{T}$, не вызывающая неоднородности процесса отверждения материала; максимально допустимый температурный градиент при отверждении $\bar{\chi}$, не вызывающий накопление остаточных напряжений в материале. Ограничения, связанные с механическими характеристиками полимерных композитов, мы определили экспериментально или в результате численного анализа остаточных напряжений в совместном решении уравнений математической модели.

Алгоритм решения задачи поиска оптимальных циклов отверждения изделий из ПК различной толщины основан на специальном методе, включающем поэтапную оптимизацию каждой стадии нагрева [2-4].

В качестве примера рассмотрен процесс изготовления изделий из углепластика армированного волокном (CFRP). На основе исследования характеристик углепластика, с помо-

щью ИИС были рассчитаны оптимальные циклы отверждения изделий толщиной до 30 мм. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.

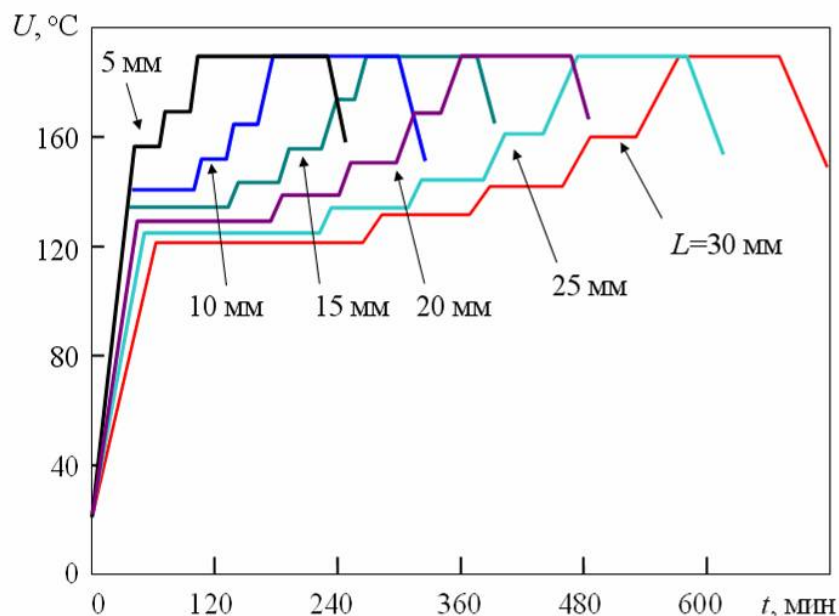


Рис. 1. Оптимальные циклы отверждения изделий различной толщины L из углепластика

В исходном состоянии углеродный препрег представляет собой однонаправленную ленту из углеродного волокна, покрытую с одной стороны слоем смолы. Существующий стандартный цикл отверждения углепластика является одностадийным и включает повышение температуры со скоростью 3 К/мин от внутрицеховой до 190°C, выдержка при $T = 190^\circ\text{C}$ в вакууме 0,7-0,9 атм. в течение $\tau_1 = 30$ мин, затем давление увеличивается до $P = 2$ атм. и удерживается в течение $\tau_2 = 150$ мин. Общее время изотермической выдержки при $T = 190^\circ\text{C}$ составляет $\tau = 180$ мин. Продолжительность процесса отверждения составляет $\tau_k = 230$ мин. Затем продукт охлаждают до комнатной температуры. Этот цикл был определен с использованием методов термического анализа для тонких продуктов и не приемлем для толстостенных изделий. Поэтому возникла необходимость в данной работе.

В результате расчетов были получены циклы отверждения, которые отличаются от стандартных более низкими температурными перепадами по толщине, значительно более низкими температурными градиентами и постепенным увеличением степени отверждения. Анализ графиков показывает, что с увеличением толщины изделий из ПК продолжительность процесса отверждения значительно увеличивается, а температура первого и последующего изотермического выдерживания заметно снижается. Это до заданных уровней снижает неоднородность температурного поля и приводит к улучшению качественных показателей полимерных композиционных изделий, что позволяет использовать рассчитанные циклы отверждения для производства крупногабаритных толстостенных изделий из ПК.

Таким образом, на основе причинно-следственного анализа выявлены основные технологические и организационные проблемы, возникающие при технической подготовке изготовления толстостенных полимерных композиционных изделий. Одним из способов улучшения качества продуктов для ПК является организация исследований с целью определения оптимальных температурно-временных циклов отверждения толстостенных изделий с учетом возможностей оборудования, имеющихся в технологическом процессе, и строгого соблюдения циклов изготовления ПК. Приведен пример выбора оптимальных циклов отверждения пластин из углепластика различной толщины на основе метода компьютерного моделирования и оптимизации. Предпринятые действия позволят устранить технологические

проблемы при производстве крупногабаритных толстостенных изделий для ПК и улучшить их качественные показатели.

Библиографический список

1. Каблов, Е. Н. Становление отечественного космического материаловедения // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2017. – Т. 95. № 3. – С. 97-105.
2. Дмитриев, О. С. Расчет и анализ оптимальных режимов отверждения изделий из стеклопластиков в зависимости от их толщины / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, Н.С. Кавун, А.О. Дмитриев // Пластические массы, – 2011. – № 10. – С. 21-27.
3. Дмитриев, О. С. Определение оптимальных режимов отверждения толстостенных изделий из полимерных композитов / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, А.О. Дмитриев, А.В. Зуев // Тепловые процессы в технике. – 2013. – № 10. – С. 467-475.
4. Dmitriev, O. S. Optimization of Curing Cycles Products of the Polymer Composite Materials on Base of Glutinous Prepregs / O. S. Dmitriev, S. V. Mischenko, S. O. Dmitriev, V. N. Kirillov // Polymer Science. Series D. – 2009. – V. 2, No. 4. – pp. 223–229.
5. Дмитриев, О. С. Тепломассоперенос и кинетика отверждения полимерного композиционного материала при автоклавном вакуумном формовании изделий / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, С.В. Мищенко, А.О. Дмитриев // Инженерная физика. – 2010. – №9. – С. 3-12.
6. Дмитриев, О. С. Интегрированная информационно-измерительная система исследования свойств и расчета режимов отверждения полимерных композитов / О.С. Дмитриев, С.В. Мищенко, А.О. Дмитриев и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14. № 2. – С. 230-240.

УДК 665.7; ГРНТИ 61.51.17

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ ЦЕОЛИТОВ

А.С. Самойлов, В.В. Коваленко

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Россия, Рязань, alexss1994@mail.ru*

Аннотация. Основной целью проекта является оптимизация процесса регенерации цеолитов установки «Изомалк-2-ЛИН-800». Практическая значимость проекта предусматривает снижение безвозвратных потерь водорода в процессе регенерации цеолитов, путем изменения схем.

Ключевые слова: регенерация цеолитов, оптимизация, установка Изомалк-2-ЛИН-800

OPTIMIZATION OF ZEOLITE REGENERATION PROCESS.

A.S. Samoilov, V.V. Kovalenko

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, alexss1994@mail.ru*

Abstract. The main goal of the project is to optimize the process of regeneration of zeolites from the Izomalk-2-LIN-800 unit. The practical importance of the project provides for the reduction of hydrogen irrecoverable losses during regeneration of zeolites by modifying circuits.

Keywords: Zeolite regeneration, optimization, unit Izomalk-2-LIN-800

Введение

В связи с повышением требований к технико-технологическим показателям товарных автомобильных бензинов задача совершенствования установок изомеризации является актуальной [1]. Установка изомеризации предназначена для переработки пентан-гексановой фракции в высокооктановый компонент товарного автобензина по лицензированной технологии низкотемпературной изомеризации «ИЗОМАЛК-2». Процесс осуществляется в среде водородсодержащего газа на сильноокислотном платиновом катализаторе СИ-2. Кислотность катализатора обеспечивается сульфат-группой, привитой на матрице из оксидов циркония и алюминия [2]. Данный катализатор позволяет вести процесс при температурах 130-180 °С,

что в соответствии с принятой в современном мире классификацией относит его к низкотемпературным.

Процесс осушки водородсодержащего газа

Важное значение для сохранения активности и селективности катализатора изомеризации СИ-2 имеет поддержание низкой влажности в системе.

Адсорберы 02-К-5 А, Б (В, Г) предназначены для осушки циркулирующего водородсодержащего газа в процессе изомеризации и сушки циркулирующей азотно-кислородной смеси при регенерации и активации катализатора изомеризации СИ-2 до содержания влаги не более 5 ppm об. Осушка проводится на адсорбенте NaX [3].

Для обеспечения низкого гидравлического сопротивления слоя адсорбента и более благоприятных условий осушки газов применена схема с параллельной работой двух осушителей. Таким образом, из четырех осушителей в работе всегда находятся два осушителя, один на регенерации и другой в резерве.

По мере насыщения цеолитов влагой осушители поочередно переключаются на регенерацию с включением в работу резервного осушителя. Направление движения газа в режиме осушки циркулирующих газов – снизу вверх, в режиме регенерации адсорбента – противотоком (сверху вниз).

Регенерация адсорбента – осушителя водородсодержащего газа

Процесс регенерации адсорбента в колоннах 02-К-5А-Г заключается в отпарке поглощенной влаги и углеводов при помощи нагрева адсорбента до температуры испарения компонентов, поглощенных ранее адсорбентом.

Во время работы установки регенерацию цеолитов проводят водородсодержащим газом «на проток» (рис. 1).

Расход водородсодержащего газа для эффективного удаления влаги должен составлять не менее $300 \text{ нм}^3/\text{м}^3$ цеолита в час. Процесс регенерации считается законченным, когда температура газов на выходе из адсорбера достигнет $270 \text{ }^\circ\text{C}$. Прокалка при $270 \text{ }^\circ\text{C}$ на выходе из 02-К-5А-Г должна продолжаться не менее 2-х часов/

При условии соблюдения требований к содержанию влаги в сырье и свежем ВСГ, регенерация адсорбента производится 1 раз в 2 месяца.

Свежий водородсодержащий газ из сепаратора 03-С-9 нагревается в межтрубном пространстве теплообменника 02-Т-9, электронагревателе 02-ЭН-1, затем поступает в адсорбер-осушитель 02-К-5А÷Г.

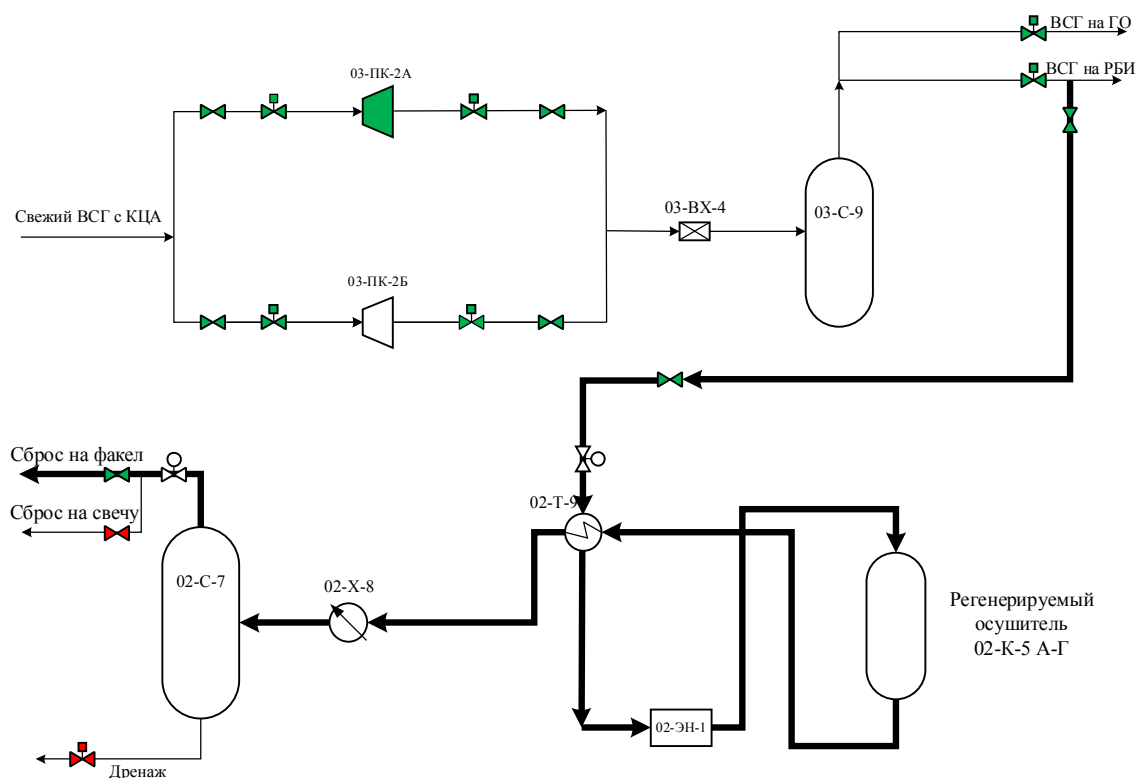


Рис. 1. Существующая схема регенерации цеолитов

В адсорбере 02-К-5А÷Г водородсодержащий газ проходит слой адсорбента сверху вниз, десорбируя влагу.

Поток газа из адсорбера 02-К-5А÷Г проходит трубное пространство теплообменника 02-Т-9, холодильник 02-Х-8 и поступает в сепаратор 02-С-7, откуда сбрасывается на факел.

Описание предлагаемой схемы оптимизации процесса

С целью снижения безвозвратных потерь водородсодержащего газа предлагается использовать схему с циркуляцией (рис. 2). Регенерация проводится путем циркуляции водорода дожимным компрессором 03-ПК-2А,Б. Расход водородсодержащего газа для эффективного удаления влаги должен составлять $300-350 \text{ нм}^3/\text{м}^3$ цеолита в час, давление в адсорбере не более 1,0 МПа. Процесс регенерации считается законченным, когда температура газов на выходе из адсорбера достигнет $270 \text{ }^\circ\text{C}$. Прокалка при $270 \text{ }^\circ\text{C}$ на выходе из 02-К-5А-Г должна продолжаться не менее 2-х часов, после чего отключается компрессор 03-ПК-2 А,Б.

Предлагается для поддержания концентрации водорода в системе применить подпитку свежим водородом. При этом сброс на факел будет минимальным порядка $300 \text{ нм}^3/\text{ч}$, исключительно для поддержания давления в системе.

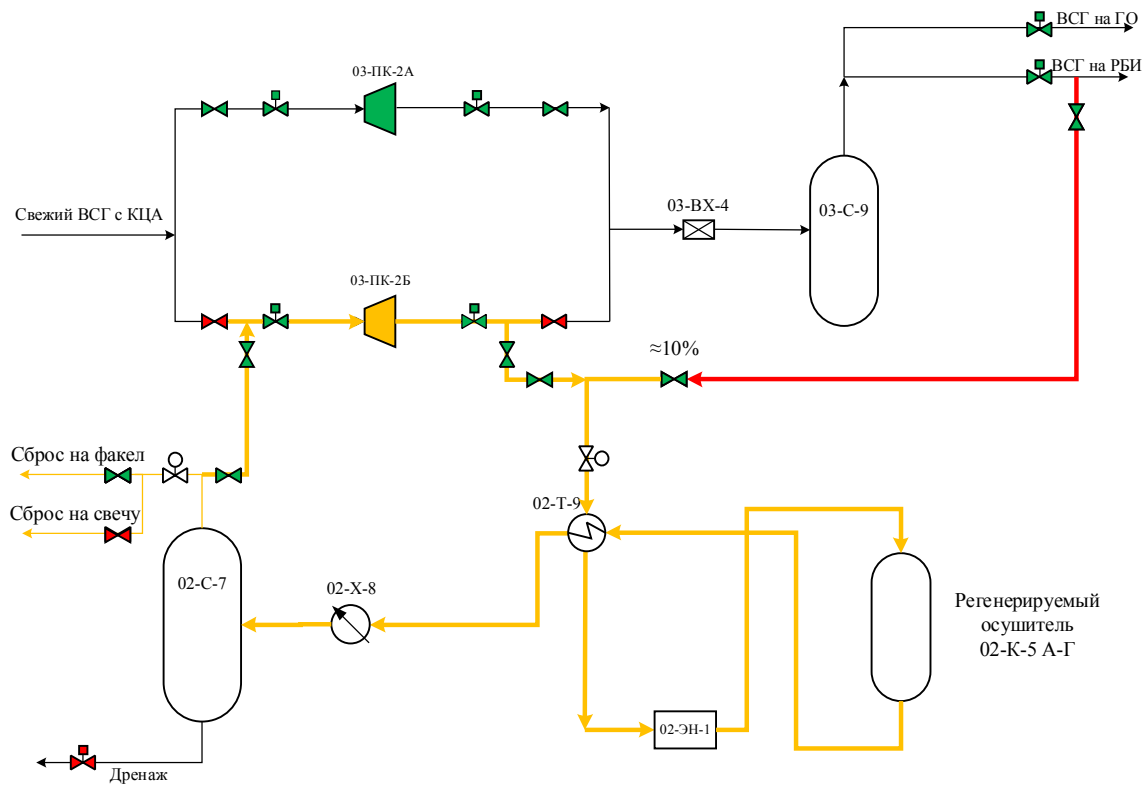


Рис. 2. Предлагаемая схема проведения регенерации цеолитов

Выводы

Реализация предлагаемой схемы позволяет:

- сократить сброс на факел – более 2 000 000 $\text{нм}^3/\text{год}$;
- снизить нагрузку на установку УПВ и блок КЦА установки Л-24/6;
- сократить безвозвратные потери.

Библиографический список

1. Игумнов А.С., Солнышкина Е.А., Леденев С.М. Вариант совершенствования установки изомеризации бензиновых фракций // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 6. – с. 193.
2. Турукалов М. Полная изомеризация // Нефтегазовая вертикаль. – 2008. – № 16
3. Palmer E.R., Kao, S.H., Tung C, Shipman D.R. Consider options to lower benzene levels in gasoline. New regulations further limit this aromatic from the refinery blending pool // Hydrocarbon Processing, June 2008.

УДК 665.7; ГРНТИ 61.51.17

ВНЕДРЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ РЕАКТОРНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ ГВГ

М.А. Шамело

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, shamelo.maks@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматривается возможность внедрения дополнительных теплообменных аппаратов в реакторный блок установки гидроочистки вакуумного газойля с целью снижения нагрузки на печи, а также с целью экономии топливного газа и электроэнергии.

Ключевые слова: реакторный блок, гидроочистка вакуумного газойля, экономия топлива, теплообменные аппараты

INTRODUCTION OF ADDITIONAL HEAT EXCHANGERS FOR THE REACTOR UNIT VGO

M.A. Shamelo

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, shamelo.maks@yandex.ru

The summary. The paper considers the possibility of introducing additional heat exchangers into the reactor block of a vacuum gas oil hydrotreatment unit in order to reduce the load on the furnace, as well as to save fuel gas and electricity.

Keywords: reactor unit, vacuum gas oil hydrotreating, fuel economy, heat exchangers

Теплообменники Т1007/1 и Т1007/2 предназначены для нагрева сырьевой смеси вакуумного газойля с бензином перед смешением с потоком циркулирующего ВСГ на входе в печи ОН-1000/1,2 потоком газопродуктовой смеси из реактора. Краткая технологическая схема реакторного блока 1-го потока представлена на рисунке 1.

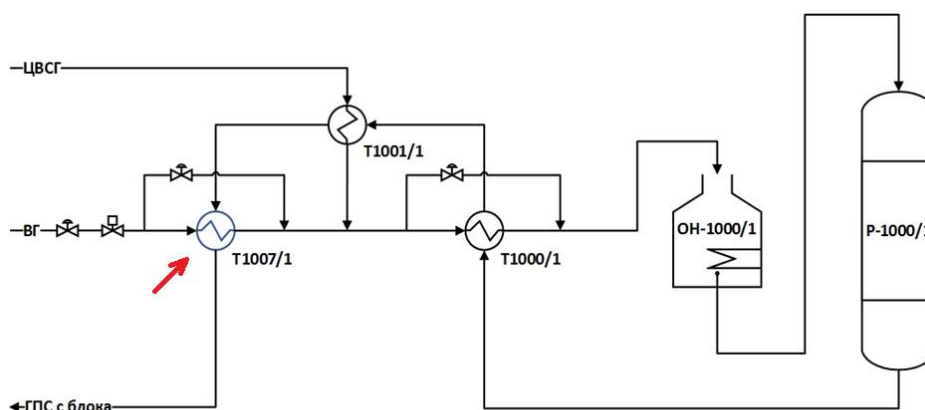


Рис. 1. Краткая технологическая схема реакторного блока

К концу межремонтного пробега установки, снижается активность катализатора, что приводит к необходимости повышения температуры в реакторе и как следствие к увеличению нагрузки на печи. Решением данной проблемы является увеличение площади теплообмена аппаратов Т 1007/1 (для 1-го потока) и Т 1007/2 (для 2-го потока) путём последовательного внедрения дополнительных теплообменника. Дополнительная площадь теплообмена приведёт к снижению потребления топливного газа в печах, а также позволит снизить нагрузку на АВО-1000.

В ходе проекта была разработана инженерная модель реакторного блока, представленная на рисунке 2.

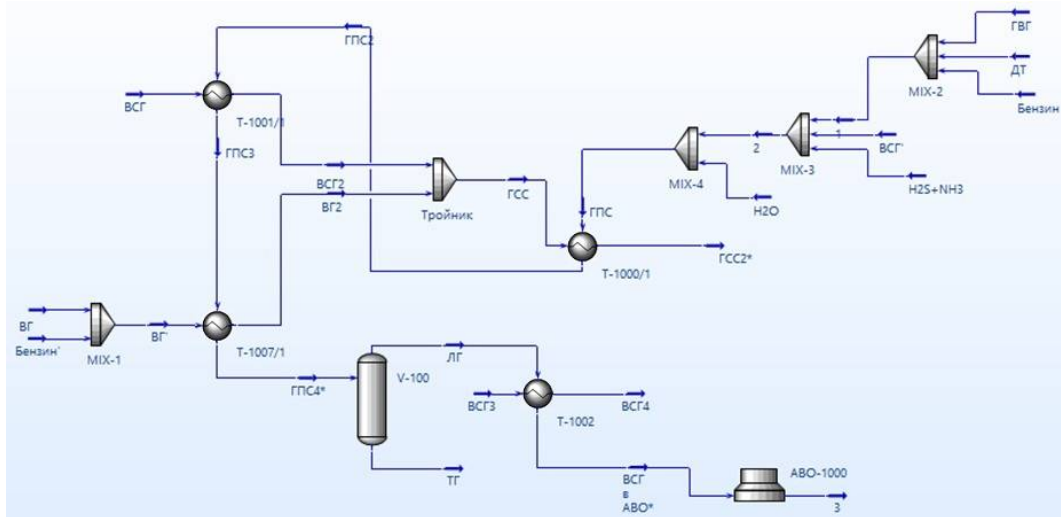


Рис. 2. Инженерная модель реакторного блока

Расчёты инженерной модели показали, то что температура потока газосырьевой смеси на входе в печь после увеличения площади теплообмена на 170 кв. метров (Т1007/1*) увеличилась на 5,5 °С. В свою очередь температура лёгкого гидрогенизата (ЛГ) снизилась на 13 °С.

На основании расчётов инженерной модели были подобраны теплообменные аппараты Т1007/1* и Т1007/2* для первого и второго потоков соответственно. Характеристика аппарата представлена на рисунке 3.

| ИНДЕКС ПО СХЕМЕ | ТИП АППАРАТА | КОЛ-ВО, ШТ | МАТЕРИАЛ | ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ | | | | | | | | |
|-----------------|--|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------|-------------------------------|-------|--------|-------|-------------------|-----------------------|----------------------------|
| | | | | ТЕМПЕРАТУРА, °С | | ДАВЛЕНИЕ, КГС/СМ ² | | DН, ММ | L, ММ | V, М ³ | S Т/О, М ² | ЧИСЛО ТРУБ, ШТ / D ТРУБ ММ |
| | | | | ТРАБ. | ТРАСЧ. | РАБ. | РАСЧ. | | | | | |
| Т-1007* | Теплообменник кожухотрубный горизонтальный с U-образными трубами | 2 | Корпус: 10Х2М1А Днище: 10Х2М1А | 301 | 343,4 | 80 | 97,5 | 800 | 8115 | 2,78 | 170,7 | 240/ 25,4 |

Рис. 3. Характеристика выбранного теплообменного аппарата Т1007*

В результате внедрения теплообменников Т1007/1,2* нагрузка на каждую из печей снизится на 0,957 Гкал/ч.

С учётом КПД печей (ОН-1000/1 - 78,3% и ОН-1000/2 - 79,4%) и коэффициента перевода из у.т. в натуральную форму (1,67), количество потребляемого природного газа сократится на 152 тонны в месяц или 18,67%.

Потребление электроэнергии в АВО-1000 снизится на 8553 кВт*мес или на 8,6% с учётом 100% нагрузки в летний период и 50% загрузки в зимний (8 электродвигателей с мощностью 22,3 кВт*ч каждый).

Экономическая эффективность

Суммарный экономический эффект от сокращения расхода природного газа и электроэнергии представлен в таблице 1.

Таблица 1. Экономический эффект проекта

| Наименование | Кол-во | Стоимость за ед. | Экономия в год, тыс. руб. |
|----------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| Природный газ | 152 (тонн/мес.) | 6653,32 | 12136 |
| Электроэнергия | 8553 (кВт*мес.) | 3,93 | 403 |
| Итого: | | | 12539 |

Распределение капитальных вложений на проект представлено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение капитальных вложений

| Капитальные вложения | Стоимость, руб. |
|---------------------------------|-----------------|
| Закупка и доставка оборудования | 9 000 000 |
| Строительно-монтажные работы | 700 000 |
| Пуско-наладочные работы | 150 000 |
| Прочие затраты и работы | 100 000 |
| Итого | 9 950 000 |

Окупаемость проекта:

График распределения прибыли представлен на рисунке 10. Ориентировочный срок окупаемости проекта составит 9,5 месяцев.

Резюмируя выше сказанное: в данной работе была рассмотрена возможность внедрения дополнительных теплообменных аппаратов в существующую схему реакторного блока. Инженерная модель показала, что внедрение теплообменников позволит:

- Сократить расход топливного газа на установке на 12,5 млн. рублей в год;
- Сократить расход электроэнергии на 403 тыс. рублей в год;
- А также повысить надёжность работы установки.

Библиографический список

1. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Изд. 2-е, пер. и доп. Л. Химия, 1974, Стр. 344
2. Технологический регламент установки гидроочистки вакуумного газойля цеха №2

УДК 661.7; ГРНТИ 61.01

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА БЛОКА ПОДОГРЕВА СЫРЬЯ ПЕРЕД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПЕЧАМИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА УСТАНОВКЕ Л-24/600

Е.А. Зайцев

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, alekseuy@mail.ru*

Аннотация. Предмет исследования – теплообменники блока подогрева сырья. Область исследования – гидроочистка прямогонной керосиновой фракции. Целью проекта является обоснование оптимизации блока подогрева сырья теплообменных аппаратов на установке гидроочистки авиакеросина Л-24/600 АО «РНПК» для снижения нагрузки и потребления топлива на технологических печах установки. Данная цель достигается решением следующих задач: изучить технологический процесс установки гидроочистки авиакеросина Л-24/600 АО «РНПК»; провести поверочный расчет блока сырьевых теплообменников установки гидроочистки авиакеросина Л-24/600; предложить и обосновать новую энерго- и ресурсосберегающую технологию, позволяющую уменьшить тепловую нагрузку и расход топлива; рассчитать новое теплообменное оборудование; оценить эффект от предложенной модернизации. Актуальность работы обусловлена тем, что растет спрос на топливо заданного качества, обеспечивающее бесперебойную работу ракетных и авиационных двигателей. Также необходимо добиться снижения нагрузки и потребления топлива на технологических печах установки.

Ключевые слова: гидроочистка керосиновой фракции, энергосбережение, ресурсосбережение, теплообменные блоки

OPTIMIZATION OF RAW MATERIAL HEATING UNIT HEAT EXCHANGE BEFORE PROCESS FURNACES IN ORDER TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF THE UNIT L-24/600

Е.А. Зайцев

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, alekseuy@mail.ru*

Annotation. The subject of research is heat exchangers of the raw material heating unit. Research area-Hydrotreating of straight-run kerosene fraction. The purpose of the project is to justify the optimization of the raw material heating unit of heat exchangers at the L-24/600 jet fuel Hydrotreating unit of JSC rnpc in order to reduce the load and fuel consumption at the plant's process furnaces. This goal is achieved by solving the following tasks: to study the technological process of the L-24/600 jet fuel Hydrotreating plant of JSC " rnpc»; perform a calibration calculation of the raw material heat exchanger unit of the AVI-akerosin L-24/600 Hydrotreating unit; propose and justify a new energy-and resource-saving technology that reduces heat load and fuel consumption; calculate new heat exchange equipment; evaluate the effect of the proposed upgrade. The relevance of the work is due to the growing demand for fuel of the specified quality, ensuring the smooth operation of rocket and aircraft engines. It is also necessary to reduce the load and fuel consumption on the process furnaces of the plant.

Keywords: hydrotreating of kerosene fraction, energy saving, resource saving, heat exchange units

Введение

Нефтеперерабатывающие заводы в России, как и в других странах по всему миру, сталкиваются со многими проблемами. Главные проблемы состоят в рационализации производственных возможностей, улучшении качества продуктов систем контроля и оптимизации производства, модернизации существующих производств, повышение надежности и эффек-

тивности эксплуатации, а также в достижении более строгих показателей по охране окружающей среды и безопасности производства.

В связи политикой энергосбережения на любом нефтеперерабатывающем предприятии необходимо предусматривать мероприятия по экономии материальных и энергетических ресурсов. Эти мероприятия должны включать в себя использование тепла отходящих потоков, внедрение новых экономичных установок, реконструкцию уже существующих технологий, замену отдельных узлов и аппаратов на более совершенные [1].

Каждый год требования к экологическим характеристикам топлив ужесточаются во всем мире. Особенно жестко нормируются показатели по содержанию серы, ароматических и олефиновых углеводородов как в бензине, так и керосине.

Совершенно очевидна необходимость удовлетворения всех требуемых эксплуатационных характеристик керосинов, которые обеспечивают бесперебойную работу ракетных и авиационных двигателей. К числу важнейших из них относятся: теплота сгорания, плотность, термическая стабильность, противоизносные, низкотемпературные свойства и др.

Именно поэтому гидроочистка нефтяных дистиллятов является наиболее распространенным процессом на предприятиях по переработке сернистых и высокосернистых нефтей. Основной целью гидроочистки является уменьшение содержания серо-, азот-, кислородсодержащих и металлосодержащих соединений.

В связи с этим тема выпускной квалификационной работы является актуальной.

Промышленные процессы основаны на контактировании сырья с активными катализаторами, в основном, с алюмокобальтмолибденовыми и алюмоникельмолибденовыми. В результате 97 % исходного сырья превращается в очищенный продукт, одновременно образуется незначительное количество низкооктанового бензина, сероводорода, углеводородных газов и других продуктов.

Установка гидроочистки авиакеросина Л-24/600 построена в 1967 г. Генеральным проектировщиком установки является институт «ЛЕНГИПРОНЕФТЕХИМ».

Установка состоит из двух идентичных блоков, которые предназначены для переработки фракции керосиновой прямогонной и удаления сернистых, кислородсодержащих и азотистых соединений из дизельных и керосиновых фракций путем деструктивной гидрогенизации.

Целью выпускной квалификационной работы является обоснование реконструкция блока теплообменных аппаратов на установке гидроочистки авиакеросина Л-24/600 АО «РНПК» для снижения нагрузки и потребления топлива на технологических печах установки

Для достижения цели исследования ставятся следующие задачи:

- изучить технологический процесс установки гидроочистки авиакеросина Л-24/600 АО «РНПК»;
- провести поверочный расчет блока сырьевых теплообменников установки гидроочистки авиакеросина Л-24/600;
- предложить и обосновать новую энерго- и ресурсосберегающую технологию, позволяющую уменьшить тепловую нагрузку и расход топлива;
- рассчитать новое теплообменное оборудование;
- оценить эффект от предложенной модернизации.

Основная часть

Оба блока установки Л-24-600 абсолютно одинаковы по аппаратурному оформлению и взаимозаменяемы при очистке фракции керосиновой прямогонной.

При переработке фракции керосиновой прямогонной сырье 1 блока поступает в емкость прямого питания Е-1 с установок АВТ-1, АВТ-2, АВТ-3, АВТ-4, АТ-6. Емкость Е-1 ра-

ботает под давлением водородсодержащего газа, который поступает в верхнюю часть емкости через клапан-регулятор, регистрируется и регулируется.

Давление в Е-1 поддерживается в пределах 0,5-2,0 кгс/см². На линии подачи водородсодержащего газа установлен предохранительный клапан, который открывается при давлении 4,3 кгс/см² в случае резкого повышения давления в емкости Е-1 и сбрасывает избыток газа в факельную емкость Е-102.

Сырье подается в трубное пространство теплообменников Т-201, где нагревается до 80-90 °С за счет тепла стабильного гидрогенизата, и далее в тройник смешения на смешение с водородсодержащим газом, который подается с какой-либо из установок каталитического риформинга.

После смешения газосырьевая смесь проходит межтрубное пространство теплообменников высокого давления Т-104, Т-103, Т-102, где подогревается за счет продуктов реакции до температуры 205 °С и поступает в печь П-101.

Из печи П-101 газосырьевая смесь, нагретая до 280°С поступает в реактор Р-101. Реакции гидроочистки (температура в зоне реакции: 270-350°С) идут с небольшим выделением тепла, которое компенсируется теплотерями реактора в окружающую среду.

Из реактора Р-101 газопродуктовая смесь направляется в трубное пространство подогревателя Т-101 низа колонны К-101. Часть продукта идет помимо Т-101 в Т-105, Т-107. Этот поток отдает тепло поступающей газосырьевой смеси в Т-102, Т-103, Т-104.

Газопродуктовая смесь с температурой 100-170 °С поступает в горячий сепаратор С-101, где происходит разделение водородсодержащего газа и гидрогенизата.

Отделившийся ВСГ с верха С-101 направляется в воздушный холодильник ВХ-1, где охлаждается до 60 °С, а гидрогенизат поступает в холодный сепаратор С-102.

ВСГ из сепаратора С-102 направляется в заводскую топливную сеть, либо на установки гидроочистки дизельного топлива. ВСГ из сепаратора С-102 направляется в заводскую топливную сеть, либо на установки гидроочистки дизельного топлива.

Отделившийся в сепараторах С-101 гидрогенизат объединяется с потоком из С-102 (и направляется в трубную часть теплообменников Т-105, Т-106, Т-107 на загрузку в отпарную колонну К-101.

В колонне К-101 от гидрогенизата отпариваются сероводород, влага, углеводородные газы. С верха колонны К-101 (К-101А) отпаренные продукты с температурой до 145 °С через воздушный холодильник ВХ-1 поступает в сепаратор С-103, откуда насосом ЦН-7 возвращается в колонну К-101 в качестве орошения. Балансовый избыток через клапан-регулятор уровня С-103 откачивается на установку ЛЧ-24-7. Есть возможность откачивать избыток отгона по линии некондиции в сырьевую емкость Е-1. Также возможен сброс избытка отгона по линии некондиции в сырьевую емкость Е-2.

С низа колонны К-101 стабильный гидрогенизат проходит по межтрубному пространству теплообменников Т-105, Т-106, Т-107, где отдает тепло нестабильному гидрогенизату, поступает на прием насоса ЦН-11, проходит межтрубное пространство теплообменников Т-201, где отдает тепло сырью, далее проходит через воздушный холодильник ВХ-1, доохлаждается в холодильниках Х-102, Х-103 и с температурой 40-60 °С через клапан-регулятор уровня низа К-101 выводится на узел дозирования присадок или в цех № 11.

Углеводородный газ из С-103 направляется на узел очистки углеводородного газа в сепаратор С-201.

В случае если не работает узел очистки газа, углеводородный газ из С-103 ввиду высокого содержания сероводорода, сбрасывается на факел (сброс согласовывается).

Газовый конденсат из С-201 по показанию уровнемера перепускается в факельную емкость Е-102.

Углеводородный газ с верха С-201 поступает в нижнюю часть абсорбера К-201. В верхнюю часть абсорбера К-201 противотоком подается 25-50 % раствор МДЭА с установки

Л-24-6. Насыщенный раствор МДЭА поступает на прием насосов ЦН-14 и откачивается на установку Л-24-6 на блок регенерации насыщенного раствора МДЭА.

Очищенный углеводородный газ сверху абсорбера К-201 поступает в сепаратор отбойник С-202. Из С-202 углеводородный газ направляется в сепаратор топливного газа С-104 и далее через подогреватель топливного газа Т-110 с температурой 80÷150 0С поступает к печам П-101 установки.

Насыщенный раствор МДЭА из сепаратора С-202 насосом ЦН-14 откачивается на установку Л-24-6. Откачка производится периодически.

Построение инженерной модели теплообменного блока установки гидроочистки авиакеросина Л-24-600 выполнено в одном из программных обеспечений (ПО) для моделирования химико-технологических процессов.

Одним из вариантов реконструкции блока теплообменных аппаратов на установке гидроочистки авиакеросина Л-24/600 может быть замена существующих теплообменных аппаратов на новое теплообменное оборудование.

Все необходимы данные для построения инженерных моделей теплообменников известны: температуры, давления, расходы и составы газосырьевой и газопродуктовой смеси, а также основные параметры существующего и нового теплообменного оборудования (таблица 1).

Таблица 1. Основные параметры существующего и нового теплообменного оборудования

| Основные параметры | Значение | |
|---|-----------------|----------------|
| | Существующие ТО | Новые ТО |
| 1 | 2 | 3 |
| Общие | | |
| Число ходов по корпусу | 1 | 1 |
| Число корпусов последовательно | 3 | 2 |
| Число трубных ходов в корпусе | 1 | 2 |
| Ориентация ТО | горизонтальная | горизонтальная |
| Направление движения теплоносителей | противоток | противоток |
| Трубки | | |
| Диаметр наружный, 25 мм | | |
| Толщина труб, мм | 2 | 2,5 |
| Длина труб, м | 9 | 6 |
| Сопротивление загрязнения, м ² *ч*С/ккал | 0,0004 | 0,0004 |
| Корпус | | |
| Внешний диаметр корпуса, 800 мм | | |
| Расстояние между перегородками, мм | 400 | 500 |
| Число труб, шт | 368 | 480 |
| Шаг труб, мм | 32 | 32 |
| Расположение труб | Квадрат (90°) | Квадрат (90°) |
| Сопротивление загрязнения, м ² *ч*С/ккал | 0,0004 | 0,0004 |

По данным из таблиц можем сделать вывод о том, что теплообмен между горячим и холодным теплоносителем улучшился, о чем свидетельствует увеличение температуры ГСС на выходе из блока ТО на 16,3 С и уменьшение температуры ГПС – на 14,9 С.

Схемы инженерной модели блока теплообменных аппаратов на установке гидроочистки авиакеросина Л-24/600 до и после реконструкции представлены на рисунках 1 и 2.

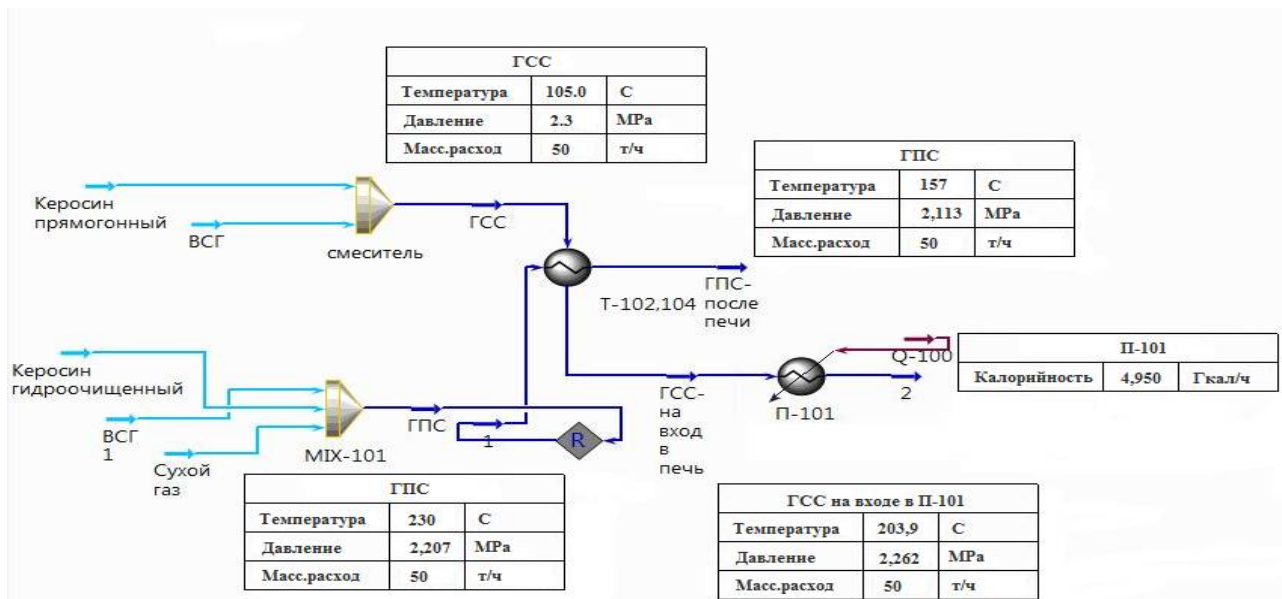


Рис. 1. Схема инженерной модели до реконструкции блока ТО установки Л-24/600

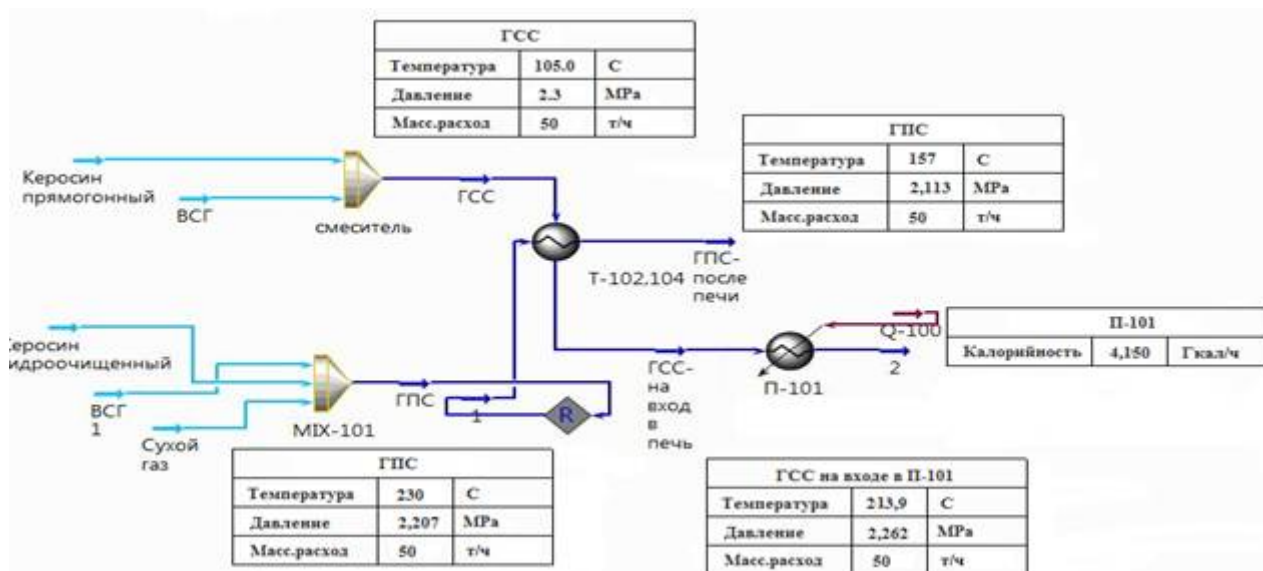


Рис. 2. Схема инженерной модели после реконструкции блока ТО установки Л-24/600

Вывод

Проектная работа на тему «Оптимизация теплообмена блока подогрева сырья перед технологическими печами с целью повышения энергоэффективности на установке Л-24/600 АО «РНПК» для снижения нагрузки и потребления топлива на технологических печах установки» выполнена в соответствии с заданием.

В рамках проектной работы были изучены и проанализированы особенности технологического процесса установки гидроочистки авиакеросина Л-24/600 АО «РНПК», проведён поверочный расчет блока сырьевых теплообменников, и на основании литературных данных и исследований предложена оптимизация существующего блока. Рекомендуется замена существующего теплообменного оборудования на новые фирмы Lotus, в которой по конструкторскому расчету новый блок нагрева сырья состоит из двух идентичных кожухотрубчатых теплообменником с плавающей головкой с внешним диаметром 1000 мм и площадью поверхности теплообмена 285 м².

Благодаря этому внедрению существенно снизится расход топливного газа на 436 т/год на технологическую печь установки гидроочистки авиакеросина Л-24/600 АО «РНПК», а вырученная за продажу газа прибыль, окупит новое оборудование за 7 лет.

Библиографический список

1. Ахметов С. А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. — СПб.: Недра, 2006. — 868 с.; ил.
2. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Часть 2. Деструктивные процессы. - М.: КолосС, 2007. 334 с.: ил.
3. Капустин В.М. Технология переработки нефти Часть I. Первичная переработка нефти: учебник. – М.: «Издательство «Химия»», 2018.—400 с.
4. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс] : учеб. / В.М. Потехин, В.В. Потехин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 896 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53687>. — Загл. с экрана.
5. Технологический регламент АО «РНПК» УСТАНОВКА ГИДРООЧИСТКИ АВИАКЕРОСИНА Л-24/600 ЦЕХА №3 ВЕРСИЯ 3.00: Рязань, 2017. — 203 с.

УДК 661.7; ГРНТИ 61.01

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ 12/1 С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ I-C5

В.Д. Михов

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, atomer417@gmail.com*

Аннотация. Предмет исследования – оборудование чёткой ректификации. Область исследования – получение изопентана. Цель работы заключается в повышении качества сырья НК-85 °С за счёт использования существующих аппаратов и дополнительного оборудования. Работа посвящена анализу и поиску решения задачи выделения изопентана (i-C5) на установке четкой ректификации 12/1 ЗАО «РНПК». В данной статье был выполнен расчёт колонны чёткой ректификации К-202, расчёт основного дополнительного оборудования, была создана инженерная модель, подтвердившая возможность использования колонны К-202 установки 12/1 для повышения качества фракции НК-85 °С сырья установки Изомалк-2. *Ключевые слова:* реконструкция, ректификация, установка Изомалк-2, выделение изопентана, колонна К-202

RECONSTRUCTON OF 12/1 RECTIFICATION COLUMN FOR I-C5 EXTRACTION

V.D. Mikhov

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, atomer417@gmail.com*

Annotation. The subject of research is rectification column. The activity of this work is to improve the quality of raw materials NK-85 °C. The work is devoted to the analysis and search for solutions to the problem of isopentane separation (i-C5) for the installation of a clear rectification of 12/1 CJSC RNPК. In this paper the columns were calculated with a clear rectification of K-202, the basic calculations for which were created an engineering model, the confirmed possibility of using the K-202 columns of the 12/1 installation to improve the quality of the fractional impact of NK-85 °C with the production of Izomalk-2 installations, Graphic material presented in applications.

Keywords: reconstruction, rectification, unit Isomulk-2, allocation of an isopentane, column K-202

Введение

Одним из важнейших приоритетов в нефтепромышленной отрасли является модернизация и реконструкция технологических установок для обеспечения выпуска качественных моторных топлив, смазочных материалов, экспорта нефтепродуктов, качество которых должно соответствовать мировым стандартам и требованиям экспортного и внутреннего рынка.

С улучшением качества выпускаемой продукции необходимо внедрение новых технологий, направленных на снижение энергопотребления при производстве и сокращение потерь ценных продуктов и компонентов.

Решением данной задачи может быть, как установка нового технологического оборудования, так и внедрение уже установленных аппаратов в модернизированный технологический процесс, позволяющее добиться желаемого результата без больших инвестиционных затрат. Именно этот вариант будет рассмотрен в данной работе.

Цель работы – вывод i-C5 с установки четкой ректификации 12/1, что является необходимым условием, для снижения загрузки и исключения рецикла на установке низкотемпературной изомеризации «Изомалк-2».

Для осуществления данной цели решаются следующие задачи:

- проведение анализа литературных данных по теоретическим основам и аппаратурно-технологическому оформлению процессов вторичной перегонки бензинов,
- проведение технологического расчёта колонны К-202,
- проведение анализа работы установки после модернизации,
- оценка эффекта от предполагаемой модернизации.

Основная часть

Фракция НК-85 °С, отбираемая с верха колонны К-302, выводится с установки.

Фракция 85-180 °С, отбираемая с низа колонны К-301 подается в следующую колонну К-201, в которой происходит разделение на фракции 85-120 °С (верх колонны К-201) и 120-180 °С (низ колонны К-201). Предусмотрено острое орошение в колоннах К-301 и К-201.

Сырьё с установок ЭЛОУ-АВТ-1, ЭЛОУ-АВТ-2, ЭЛОУ-АВТ-3, ЭЛОУ-АВТ-4, ЭЛОУ-АТ-6, ГФУ, ЛЧ-24-7, Л-24-6, Л-24-600, установки гидроочистки вакуумного газойля с температурой до 55 °С поступает по «жесткой» связи в параллельно работающие сырьевые емкости Е-201, Е-301, Е-302. Выводы сырья из сырьевых емкостей Е-201, Е-301, Е-302 объединены с выводом из резервуаров Е-397, Е-398. Уровень в каждой из емкостей Е-201, Е-301, Е-302 контролируется дистанционно.

Из сырьевых емкостей насосом Н-306, Н-306р сырьё через запорно-регулирующий клапан расхода направляется в трубное пространство теплообменников Т-303, Т-302, Т-301, Т-204, где нагревается до температуры не более 90 °С и поступает в разрезную колонну К-301, К-302. Этот же клапан служит для дистанционного отсечения блока приема и нагрева сырья от блока колонны К-301, К-302 в случае аварийной ситуации.

В теплообменнике Т-303 сырьё нагревается фракцией 85-120 °С, в теплообменниках Т-302, Т-204 - фракцией 120-180 °С, в теплообменнике Т-301 - фракцией 85-180 °С. Предусмотрена блокировка сырьевых насосов Н-306, 306р по сигналу датчиков «сухого хода», по которому при отсутствии перемещаемой жидкости в трубопроводе перед насосами произойдёт останов сырьевых насосов Н-306, Н-306р (рисунок 1).

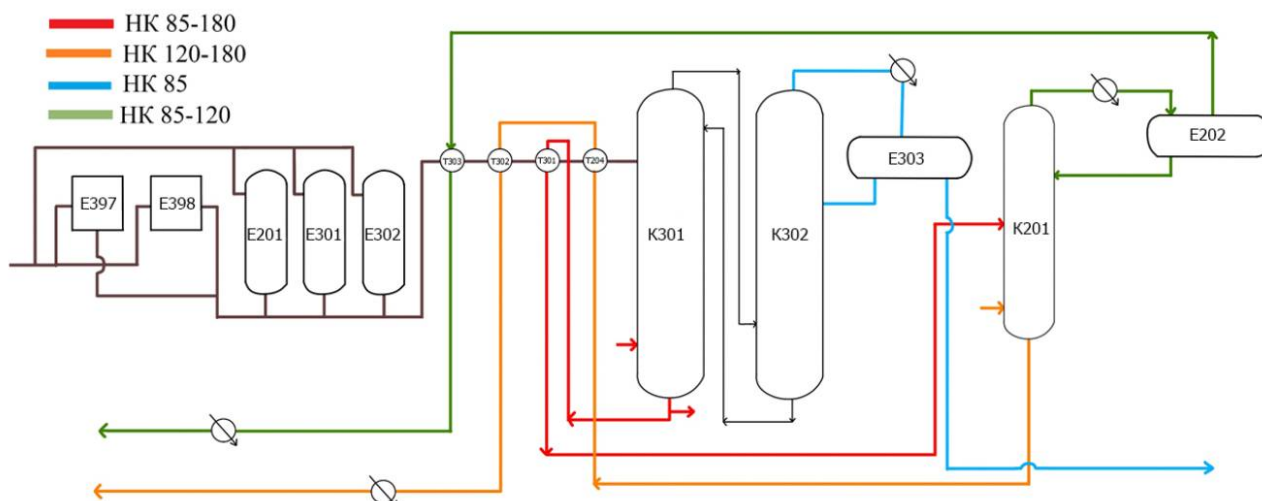


Рис. 1. Схема установки 12/1 ЗАО «РН»

Вывод

В рамках данной работы были рассчитаны основные технологические параметры работы колонны К-202 для дебутанизации фракции НК-85 с целью уменьшения потерь изопентана в колонне деизопентанизации К-2 установки низкотемпературной изомеризации Изомалк-2. Было рассчитано основное технологическое оборудование: АВО, насос подачи сырья, ребойлер, ёмкость. Была создана рабочая инженерная модель колонны, подтвердившая правильность рассчитанных параметров, и как следствие, возможность использования колонны К-202 с целью предварительной дебутанизации сырья установки низкотемпературной изомеризации Изомалк-2. Был выполнен экономический расчёт стоимости оборудования, а стоимости установки приборов КИПиА и монтажных работ.

Были выполнены следующие задачи:

- был проведён анализ литературных данных по теоретическим основам и аппаратурно-технологическому оформлению процессов вторичной перегонки бензинов,

Библиографический список

1. Левинтер М. Е., Ахметов С. А. Глубокая переработка нефти. — М. : Химия, 1992. — 222 с.
2. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов ВА. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ООО "Недра- Бизнесцентр", 2000. — 677 с.
3. Ахметов С. А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. — СПб.: Недра, 2006. — 868 с.
4. Технология переработки нефти и газа. Процессы глубокой переработки нефти и нефтяных фракций: Учеб.-метод. комплекс для студ. спец. в 2-х ч./Сост.: С.М. Ткачев - ч.1 Курс лекций. - Новополюк: ПГУ, 2006. — 345 с.
5. Кузнецов А. А., Кагерманов С. М., Судаков Р. Н. Расчеты процессов п аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Изд. 2-е, пе и доп. Л., «Химия», 1974. — 275 с.

УДК 661.7; ГРНТИ 61.01

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОДУКТАХ ЭКСТРАКЦИИ БЕНЗИНОВ

И.И. Кошелев, М.В. Лызлова, Г.И. Мельник

*Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, ivan141337@bk.ru*

Аннотация. В работе рассматривается возможность использования ИК-спектроскопии как экспрессного метода анализа для контроля качества нефтепродуктов, в частности продуктов экстракции бензинов.

Ключевые слова: бензиновые растворители, ароматические соединения, анализ нефтепродуктов, контроль качества нефтепродуктов, поточные анализаторы, ИК-спектроскопия.

ANALYSIS OF RESEARCH METHODS FOR AROMATIC COMPOUNDS IN GASOLINE EXTRACTION PRODUCTS

I.I. Koshelev, M.V. Lyzlova, G.I. Melnik

*Ryazan State Radio Engineering University named after V. F. Utkina,
Russian Federation, Ryazan, ivan141337@bk.ru*

Annotation. The paper considers the possibility of using IR spectrometry as an Express analysis method for quality control of petroleum products, in particular gasoline extraction products.

Keywords: gasoline solvents, aromatic compounds, analysis of petroleum products, quality control of petroleum products, flow analyzers, IR spectrometry.

В настоящее время для анализа и идентификации бензинов, как товарных продуктов, так и бензиновых фракций процессов первичной перегонки нефти и вторичных деструктивных процессов, применяются методы химического анализа, основанные на различных физико-химических законах. Наиболее распространенными для определения группового состава являются хроматографические методы, расчетные методы с использованием оптических и реологических свойств индивидуальных органических соединений и их смесей, спектроскопические методы (инфракрасная спектроскопия (ИКС) и спектроскопия комбинационного рассеяния - рамановская (КР)).

Одним из наиболее доступных и информативных является ИК-спектроскопический метод с Фурье преобразованием [1]. При использовании данного метода обычно не требуется высокого спектрального разрешения, высокая производительность (время регистрации спектра может быть меньше секунды) и значительная величина отношения сигнал/шум в полученных спектрах позволяет работать с малопрозрачными объектами, такими как нефть и нефтепродукты [2–4]. Применяя данный способ исследования при определении функциональных групп органических соединений, можно получать и анализировать спектры испускания, поглощения и отражения в ИК-области. При использовании метода ИК-спектроскопии в анализе многокомпонентных смесей, к которым относятся нефть, нефтяные фракции различных процессов переработки, в том числе и бензины риформинга, индивидуальные ароматические углеводороды, выделяемые в процессе экстракции из катализаторов риформинга, учитываются структурные особенности данных смесей.

Авторами исследований [5, 6, 7] предложены методики изучения содержания ароматических углеводородов в нефтяных смесях. Известно, что индивидуальные углеводороды в ИК-спектре имеют определенные полосы поглощения. В работах [5, 6] был проведен безэталонный количественный анализ смесей по рассчитанным квантовохимическим методом абсолютных интенсивностей бензола, изооктана и их смесей различных концентраций в четыреххлористом углероде с использованием программы „GAMESS”. Интегральные интенсивности на основании экспериментальных ИКС находили методом приближенного интегрирования Симпсона. При этом абсолютные интенсивности рассчитывали для молекул индивиду-

ального бензола в области применимости закона Бера в интервале концентраций от 10^{-1} до $5 \cdot 10^{-1}$ моль \cdot л $^{-1}$.

При изучении химического состава твердых углеводородов ИК-спектрометрическим методом жидкие ароматические и парафиноароматические углеводороды сначала были выделены методом жидкостной хроматографии на силикагеле из нефтяных масел, затем им были сняты ИК-спектры и рассчитаны коэффициенты, характеризующие степень разветвленности и степень ароматичности структурных органических молекул [7].

Наличие парафинов определялось по полосам поглощения при 720 и 1300 см $^{-1}$. Степень разветвленности характеризовалась коэффициентом β - отношением интенсивностей наиболее характерных полос поглощения для СН $_3$ - и СН $_2$ -групп парафиновых цепей в области 1376 и 1464 см $^{-1}$:

$$\beta_{1464}^{720} = \frac{V_{1464}}{V_{720}}.$$

Присутствие аренов подтверждалось наличием полос поглощения 812–816 и 1600 см $^{-1}$. Степень ароматичности может быть охарактеризована коэффициентами β - отношением интенсивностей полос поглощения аренов относительно метиленовых групп парафинов:

$$\beta_{1600}^{720} = \frac{V_{1600}}{V_{720}}$$

и для аренов отношением интенсивностей относительно метиленовых групп парафинов:

$$\beta_{1600}^{1464} = \frac{V_{1600}}{V_{1464}}.$$

Определение данных коэффициентов позволяет сделать заключение о том, что чем выше соотношения интенсивностей определенных полос, соответственно больше эти коэффициенты, то больше степень разветвленности или ароматичности исследуемого соединения.

Исследования содержания ароматических углеводородов в продуктах нефтепереработки

В работе [8] был произведен анализ качества бензинов вторичных процессов, в качестве объектов исследования взяли бензин коксования, изомеризат, алкилат, риформат, бензин каталитического крекинга и ряд кислородсодержащих соединений (оксигенатов). в том числе и на содержание в них ароматических соединений. Для ИК-спектрометрии важно создание библиотеки эталонов.

Бензины-растворители схожи по составу между собой и содержат гораздо меньше составляющих веществ, чем автомобильные бензины, что упрощает определение их компонентного состава. Анализ на содержание ароматических соединений в продуктах ректификации риформата, таких как бензиновый растворитель нефрас С2 80/120 и Уайт-спирит, представлен в работе [9]. Эти вещества не должны содержать арены, хотя в нефрасе может содержаться их до 2,5 %. Уайт-спирит содержит 28 % ароматических углеводородов, тогда как содержание их не должно превышать 25 %. Это лишний раз показывает эффективность ИК-спектрометрии как метода исследования качества нефтепродуктов.

Применение ранее упомянутого метода так же подходит для таких товарных продуктов экстракции как бензол, толуол и сольвент. Пример такого возможного использования представлен в работе [10], где методом КР- и ИК- спектрометрии (КР - комбинационное рас-

сеяние) были получены и сравнены, с более ранними исследованиями, спектрограммы бензола и толуола в области поглощения 400–3300 cm^{-1} :

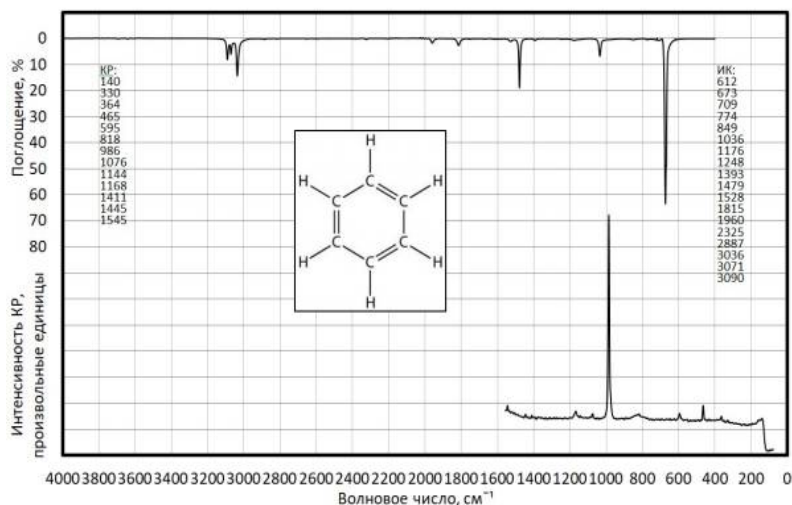


Рис. 1. Раман и ИК-спектрограммы жидкого бензола ($t=23\text{ }^{\circ}\text{C}$)

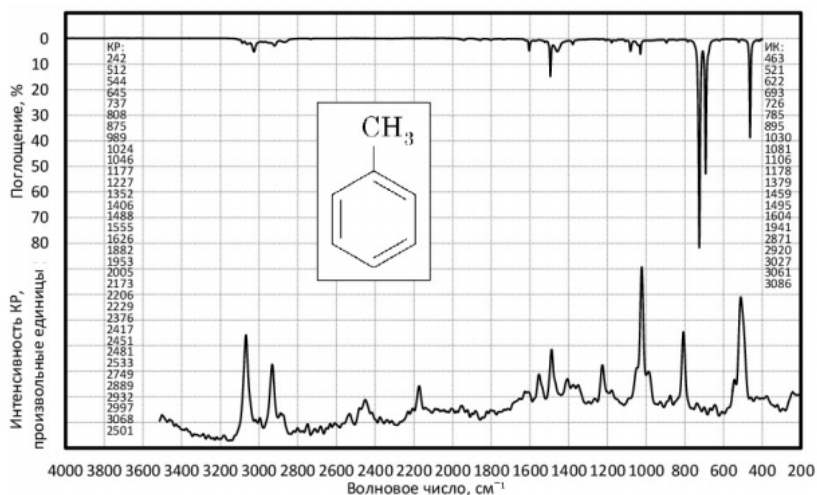


Рис. 2. Раман и ИК-спектрограммы жидкого толуола ($t=23\text{ }^{\circ}\text{C}$)

В теоретическом плане для полного описания ИК-спектра толуола было выдвинуто предположение, что существуют в структуре кластеров димеры с конфигурацией молекул с минимальной частотой либрационных колебаний. Таким образом удалось описать спектральные полосы в интервале частот от $63\text{ } \text{cm}^{-1}$ до $2890\text{ } \text{cm}^{-1}$.

Внедрение ИК-спектрометрии для контроля качества нефтепродуктов, в том числе для контроля качества продуктов экстракции

Предпринимаются попытки внедрить ИК-спектрометрию для решения вопросов контроля качества нефтепродуктов. Широкое внедрение этих методов в отечественной нефтеперерабатывающей промышленности при явных преимуществах (малое количество пробы, отсутствие вспомогательного оборудования для пробоподготовки, сокращение времени анализа, неразрушаемый метод анализа) не может быть полностью осуществимо на данный момент, ввиду отсутствия методики измерения. Известно небольшое количество методов ASTM, где применяется ИК-спектрометрия, например, для определения содержания арома-

тических соединений в бензинах, в то числе совместное использование газовой хроматографии и ИК-спектроскопии [11–13].

Под контролем качества товарных продуктов экстракции таких как: бензол, толуол, сольвент, нефрас П1 63/75, нефрас С2 80/120, понимается определение основных характеристик исследуемого нефтепродукта: фракционный состав, степень загрязнения механическими частицами, компонентный состав, наличие воды; количество примесей циклогексана (для бензола), содержание ароматики (для нефрасов). При организации контроля качества нефтепродуктов действительными являются только арбитражные методы ГОСТ.

Перспективными, является экспресс метод определения состава и контроля при помощи установки поточных анализаторов при выходе непосредственно с установки, так как ИК-спектрометры позволяют в реальном времени и с минимальными задержками отслеживать качество определённого продукта [14,15].

Заключение

ИК – спектроскопия, в настоящее время, очень стремительно развивается. С её помощью возможно быстро определять необходимые показатели таких лёгких продуктов, как продукты экстракции бензинов, в том числе и при выходе с самой установки-производителя. Препятствиями являются: цена поточных анализаторов; отсутствие методик для определения качества таких продуктов как: бензол, толуол, сольвент, нефрас П1 63/75, нефрас С2 80/120, а также отсутствие библиотеки эталонов в области ИК-спектра в отношении нефрасов.

Библиографический список

1. Белл Р. Дж. Введение в Фурье-спектроскопию. М.: Мир, 1975. –160 с.
2. Шпаченко, А. П. Инфракрасная фурье-спектроскопия как метод анализа нефтепродуктов, топлива, смазочных масел и присадок/ Шпаченко А. П., Спирина В. Н., Волина О. В.// Международная научно-практическая конф. «Новые топлива с присадками». СПб. 1–3 июня 2004: сборник трудов. СПб.: Акад. приклад. исслед, 2004. С. 379–385.
3. Бутина Н. П. Определение содержания углерода ароматического соединения в нефтяных остатках типа гудрона методом ИК-Фурье спектроскопии// Нефтепереработка и нефтехимия. 2007. №4. С. 24–25.
4. Веснин, В.Л. Спектроскопический анализ сложных углеводородных смесей / В.Л. Веснин, В.Г. Мурадов // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т.15, № 6, С.77-81
5. Татко Д. А., Сухинин И. А. // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии: сборник научных трудов конф. Саратов, 2004. С. 157–160.
6. Татко, Д. А., Безэталонный спектральный анализ независимых компонент смесей: экспериментальная практика/ Татко Д. А., Муштакова С. П., Грибов Л. А. // Всероссийская конференция по аналитической химии, посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. И. П. Алимариной. «Аналитика России», Москва, 27 сент.–1 окт., 2004: Тез. докл. М., 2004. С. 133
7. Агаев, С. Г. Парафиновые отложения Верхнесалатского месторождения нефти томской области/ Агаев С. Г., Землянский Е. О., Гуляев С. В. // Нефтепереработка и нефтехимия. 2006. №3. С. 8–12.
8. Гильмутдинов, А.Т. Анализ качества бензинов вторичных процессов с помощью инфракрасного спектра при добавлении кислородсодержащих соединений/ А.Т. Гильмутдинов, И.Г. Лапшин, И.Р. Тафтиева, Э.Р. Шавалиева // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело, Уфимский государственный нефтяной технический университет (*Уфа*), 2019. №5. С. 114-130.
9. Синютина, С.Е. Исследование состава и свойств некоторых видов нефтяного моторного топлива и нефтяных растворителей / С.Е. Синютина, С.Д. Виноградов, И.П. Новиков //Вестник Тамбовского университета, серия Естественные и технические науки, 2009. №1. С. 69-72.
10. Игнатенко, Н. М. Результаты исследований методами КР- и ИК-спектроскопии некоторых арен / Игнатенко Н. М., Мельников Г.А., Беседин А. Г, Сучилкин В. В, Манжос О. А., Громков А. С. // Современные инновации в науке и технике: сборник научных трудов 9-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2019. С. 133-143
11. ASTM D4053-98. Стандартный метод определения бензола в моторном и авиационном бензине методом ИК-спектроскопии
12. ASTM D5986-96(2001). Стандартный метод определения оксигенатов, бензола, толуола, ароматики C₈–C₁₂ и общей ароматики в бензине методом газовой хроматографии с детектором – ИК-Фурье спектрометром.

13. ASTM D6277-01. Стандартный метод определения бензола в топливах для двигателей внутреннего сгорания методом ИК-спектроскопии в средней ИК-области
14. Королев, В. Н. Метод определения детонационных характеристик нефтепродуктов на основе регрессионного анализа спектров поглощения в ближнем инфракрасном диапазоне / Королев В. Н., Маругин А. В., Цареградский И. Б. // Журнал технической физики, 2000. Т. 70. Вып. 9. С. 83–88.
15. Глаголева О.Ф., Белова О.А., Спускова Н.В., Садыров А.Ю., Пискунов И.В., Чернышева Е.А. Разработка методов ИК-спектрометрии для экспресс-анализа качества нефти и нефтепродуктов на НПЗ / Глаголева О.Ф., Белова О.А., Спускова Н.В., Садыров А.Ю., Пискунов И.В., Чернышева Е.А. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2017. № 1. С. 27-31.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВКИ «ИЗОМЕРИЗАЦИЯ»

И.И. Синеv

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, ilyasiniov@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассматривается схемамодернизации системы охлаждения насосного оборудования установки «Изомеризации»

Ключевые слова: система охлаждения, антифриз, обратная вода, потребный напор, поверхность теплообмена.

MODERNIZATION OF THE COOLING COOLING SYSTEM OF THE PUMPING EQUIPMENT OF THE ISOMERIZATION INSTALLATION

I.I. Sinev

*Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkina,
Russian Federation, Ryazan, ilyasiniov@yandex.ru*

Annotation. The paper discusses the scheme of modernization of the cooling system of the pumping equipment of the installation "Isomerization"

Keywords: cooling system, antifreeze, circulating water, required pressure, heat exchange surface.

На сегодняшний день остро стоит проблема повышения надёжности работы оборудования, в том числе машинного. Эта проблема является очень важной, потому что её решение позволит, не только увеличить срок эксплуатации технологических насосов, но, и, что более значимо, повысить безопасность труда работников АО «РНПК», на что в конечном счёте и направлена любая деятельность по модернизации технологического оборудования.

Существующая система охлаждения технологических насосов имеет ряд недостатков:

- Качество обратной воды, неудовлетворяющее современным реалиям производства, приводит к частому загрязнению системы охлаждения, отсюда растёт температура подшипников, как итог, снижение ресурса и качества работы оборудования;
- В зимний период возможность замерзания обратной воды в трубках системы охлаждения, значит нестабильность работы насосов, аварийные остановки установки + затраты на ремонт.

Внедрение данного проекта позволит решить сразу несколько задач:

- Экономия на ремонте;
- Снижение рисков производственных аварий;
- Повышение надёжности работы оборудования.
- Повышение безопасности работников.

Цель проекта: Расчёт возможности замены воды в системе охлаждения технологиче-

ских насосов на 50 - % водный раствор этиленгликоля для повышения срока эксплуатации и улучшения работы оборудования.

Задачи, поставленные перед проектом:

1. Расчёт насосной сети;
2. Расчёт водного холодильника E-910A;
3. Экономический расчёт.

Существующая схема циркуляции оборотной воды в системе охлаждения технологических насосов представлена на рисунке 1.

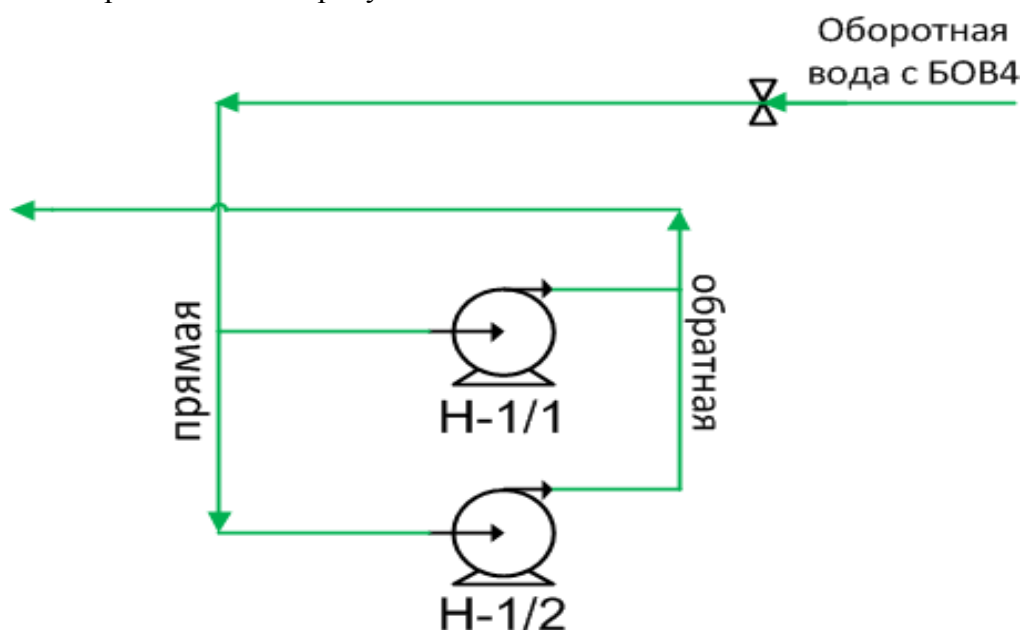


Рис. 1. Существующая схема циркуляции оборотной воды в системе охлаждения технологических насосов

Предлагаемая схема представлена на рисунке 2.

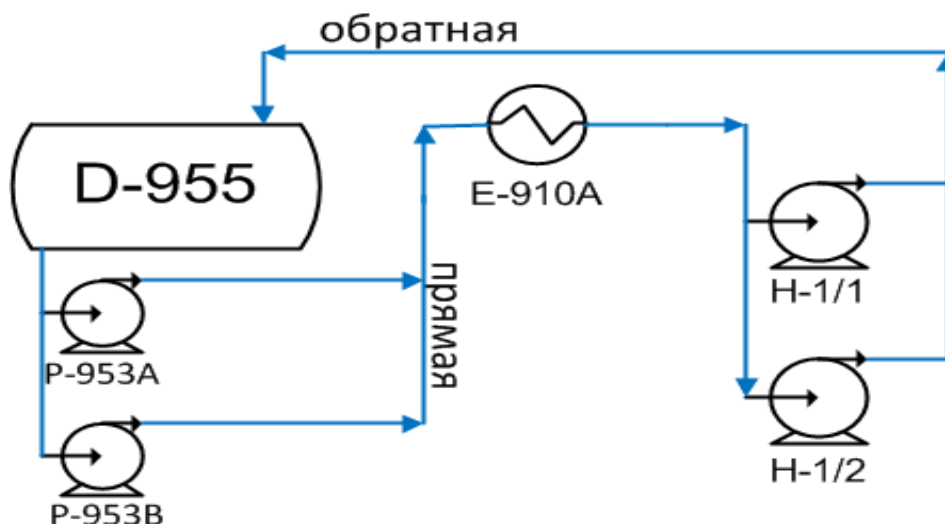


Рис. 2. Предлагаемая схема циркуляции оборотной воды в системе охлаждения технологических насосов

Основное преимущество предлагаемой схемы – это замена оборотной воды на антифриз, в данном случае на 50-% водный раствор этиленгликоля. Этиленгликоль, $\text{HO}-\text{CH}_2-$

СН₂—ОН - кислородсодержащее органическое соединение, двухатомный спирт, широко используется в системах охлаждения автомобилей, компьютеров, в качестве антифриза. 50%-водный раствор этиленгликоля позволит устранить недостатки существующей системы охлаждения, так как имеет температуру замерзания равную -37°C. Значит, практически исключается вероятность его замерзания в системе охлаждения. Отсюда, повышается стабильность работы насосов в зимний период снижаются затраты на ремонт. Предлагаемая схема модернизации системы охлаждения построена исходя из мирового опыта. Как видно из рисунка 2, антифриз будет циркулировать по закрытой системе, это ещё одно ключевое преимущество данного проекта. Почему это важно? Потому что система будет изолирована, а значит трубки системы охлаждения насосов не будут забиваться, отсюда температура подшипников будет находиться в приемлемом диапазоне температур и не будет их перегрева в процессе работы. Это приведёт к снижению нагрузки на насосы, повысится надёжность работы машинного оборудования.

В летний период для охлаждения циркулирующего водного раствора этиленгликоля необходимо направить антифриз по межтрубному пространству водного холодильника Е-910А, где он охладится обратной водой, циркулирующей по трубкам водного холодильника. Далее, охлаждённый раствор этиленгликоля направляется в систему охлаждения насосов Н-1/1,2. Оттуда, как видно по рисунку 2, антифриз возвращается по обратке в заглубленную ёмкость D-955, и далее, откачивается полупогружными насосами Р-953А, В межтрубное пространство водного холодильника Е-910А.

Данную схему циркуляции антифриза необходимо внедрять повсеместно.

В ходе работы необходимо было рассчитать линию подачи этиленгликоля от ёмкости D-955 до насосов и обратно, чтобы убедиться, что насосам Р-953А, В хватит мощности для перекачки антифриза. Расчёт производился по следующим формулам:

Гидравлические потери напора на прямых участках Δh_L определяются по формуле Дарси – Вейсбаха:

$$\Delta h_L = \frac{\gamma \cdot l \cdot w_T^2}{d \cdot 2 \cdot g} .$$

Потери напора в местных сопротивлениях:

$$\Delta h_M = \varepsilon \cdot \frac{W^2}{2 \cdot g} .$$

Гидравлическое сопротивление трубопровода рассчитывается по уравнению:

$$\Delta h_{\Pi} = \Delta h_L + \Delta h_M .$$

Вычисляется потребный напор по формуле:

$$H_{\text{потр}} = h + \frac{P_{\text{изб}}}{\rho \cdot g} + \Delta h_{\Pi} .$$

Выводы

Потребный напор (42,7м) получился меньше номинального напора (50м) насоса Р-953А/В, и, если учитывать 10 - процентную поправку при выборе насоса, то $H_{\text{потр}} = 42,7 + 4,27 = 46,97$ м, то есть меньше номинального напора, значит производительности насоса хватает, для циркуляции 50%-водного раствора этиленгликоля.

Также, необходимо было рассчитать водный холодильник E-910A с целью убедиться, что указанной в паспорте аппарата поверхности теплообмена $F = 62 \text{ м}^2$ хватит для охлаждения 50%-водного раствора этиленгликоля оборотной водой.

Расчётный коэффициент теплопередачи рассчитывался по формуле:

$$K_{\text{РАСЧ}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Расчётная поверхность теплообмена определялась по формуле:

$$F_{\text{РАСЧ}} = \frac{Q_2}{K \cdot \Delta T_{\text{ср}}}$$

Расчётный коэффициент теплопередачи $K_{\text{расч}} = 150 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, отсюда расчётная поверхность теплообмена (которая необходима для охлаждения 50%-водного раствора этиленгликоля оборотной водой) равна 15 м^2 , соответственно имеющейся поверхности теплообмена $F = 62 \text{ м}^2$ в холодильнике E-910A хватает с запасом, значит водный холодильник справляется со своей функцией.

Экономический расчёт

Текущие расходы на обслуживание насосов составляют 332000 рублей в год.

Планируемые затраты на реализацию проекта складываются из нескольких составляющих:

1. Закупка 50%-водного раствора этиленгликоля с антикоррозионными присадками: Объём ёмкости D-955 равен $3,8 \text{ м}^3$, соответственно необходимо будет закупить 3500л антифриза. Цена за 1 литр 42 рублей, соответственно итого получаем $42 * 3500 = 147000$ рублей;

2. Прокладка 20 м трубы диаметром 50мм, соответственно до E-910Аи обратно, + сделать 2 врезки. Цена за 1 м надземной прокладки трубы диаметром 50 мм равна 8000 рублей + цена 2 врезок равна 50000 рублей, итого получаем: $8000 * 20 + 50000 = 210000$ рублей.

3. Закупка 20 м нефтепроводной трубы 50x2.5 мм. Цена за 1 м равна 200 рублей, отсюда 20 м трубы стоит $200 * 20 = 4000$ рублей.

Итого, на реализацию проекта затраты составят: $147000 + 210000 + 4000 = 361000$ рублей.

Планируемые затраты после реализации проекта составят 25000 рублей в год.

Экономия в год составит $332000 - 25000 = 307000$ рублей.

Срок окупаемости = размер вложений / чистая годовая прибыль = $(361000 + 25000) / 307000 = 1,26$ года.

Реализация данного проекта приведёт к:

- экономии денежных средств;
- повышению надёжности работы оборудования;
- снижению рисков производственных аварий;
- повышению безопасности работников.

В дальнейшем, можно переводить и другие установки нашей компании на предлагаемую технологию, что позволит нам занять лидирующее положение в отрасли по экологии и повышению надёжности работы оборудования.

Библиографический список

1. Технологический регламент установки «Изомеризация»

2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов. – М.: Альянс, 2013. – 576 с.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии :учебник. – М.: Альянс, 2013. – 752с.

УДК 543.6; ГРНТИ 31.15.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Н.М. Рыжов

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, nikolay0593@gmail.com*

Аннотация. В работе исследуются факторы, влияющие на получение качественного медного покрытия при производстве печатных плат, приводится результат лабораторного анализа органических добавок.

Ключевые слова: органические добавки в электролит меднения, кристаллообразователи, блескообразователи, цикловольтамперометрия, печатные платы.

RESEARCH OF FACTORS AFFECTING THE QUALITY OF COPPER ELECTROPLATING IN THE PRODUCTION OF PRINTED CIRCUIT BOARDS

N.M. Ryzhov

*Ryazan state radio engineering University named After V. F. Utkin,
Russian Federation, nikolay0593@gmail.com*

Annotation. The paper examines the factors that influence the production of high-quality copper coating in the production of printed circuit boards, and provides the result of laboratory analysis of organic additives.

Keywords: organic additives in the copper plating electrolyte, crystal formers, gloss formers, cyclovoltamperomtertia.

В настоящее время гальванический метод нанесения металлических покрытий является самым распространенным и используется в технологии создания токопроводящих элементов схемы. Но в связи с увеличением класса точности производимых печатных плат, требования к качеству металлизированных проводников и отверстий - ужесточились. В производстве печатных плат процессы гальванической металлизации определяют их электрические параметры. В настоящее время, существует много факторов управления, от которых зависит качество осаждаемой меди, они подразделяются на внутренние и внешние. Внутренние факторы – те, что являются основой управления самим процессом, например, состав ванны, плотность тока, время осаждения, температура электролита, концентрация веществ в гальванической ванне. Внешние параметры: пластичность, сплошность осадков.

Недостаточная толщина токопроводящего слоя, нарушение и изменение структуры осаждаемого покрытия, возникновения пористости на нем, низкая пластичность медного осадка – все это приводит к значительному увеличению сопротивления металлизированных отверстий, что при установке компонентов нарушает целостность цепей и снижает надежность соединений. В данной статье остановимся более подробно на использовании добавок для получения блестящего слоя покрытия меди из кислого электролита. На практике органические добавки делятся на три категории[1].

Добавки-кристаллообразователи

Наиболее распространены в технологических процессах изготовления печатных плат растворы сульфата меди в смеси с серной кислотой, в состав которых также входят ионы хлора и органические добавки. Добавки можно разделить на три категории:

- кристаллообразователь;
- пленкообразователь;
- выравнивающая добавка.

Каждый компонент имеет определенную роль в регулировании качества осадка. Для изучения влияния разных компонентов на процесс металлизации, используются кривые поляризации, с помощью которых также, можно изучить и воздействие добавок на осаждение металла.

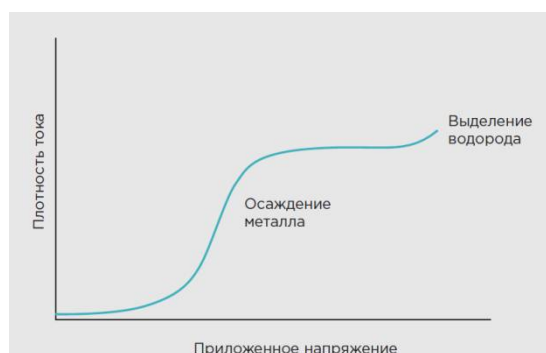


Рис. 1. Кривая поляризации



Рис. 2. Регулятор напряжения

На рисунке 1 представлена кривая поляризации, показывающая зависимость приложенного к ячейке тока от напряжения. Данные для построения этой кривой, можно получить от регулятора напряжения, показанного на рисунке 2. Такой регулятор служит основой в циклической вольтамперометрии, которая используется в лабораториях для анализа действия добавок.

При анализе поляризационной кривой выделяют четыре основных участка:

- участок кривой низкого тока, наблюдается незначительное увеличение тока при росте напряжения;
- участок осаждения металла, наблюдается существенное увеличение тока при возрастании напряжении. Угол наклона этой части кривой поляризации может быть изменен за счет различных добавок в электролит.
- участок стабилизации плотности тока, появляется горизонтальный участок кривой, на котором нет роста тока при увеличении приложенного напряжения.
- участок кривой «выделения водорода».

Кристаллообразователи представляют собой составы из органических молекул с большим молекулярным весом. На рисунке 3 показан результат их действия на кривую поляризации.

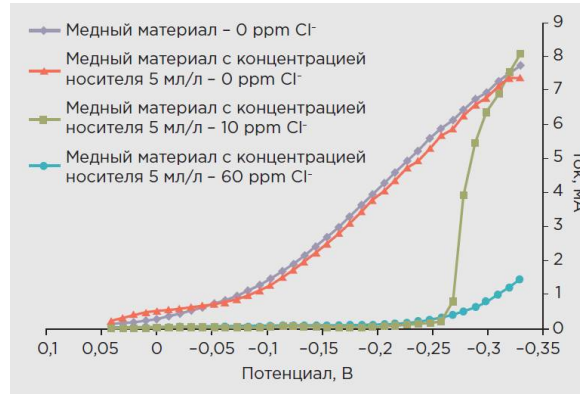


Рис. 3. Влияние концентрации ионов хлора на поляризационную характеристику электролита меднения с добавкой кристаллообразователя (носителя)

При добавлении только одного кристаллообразователя кривая поляризации не изменяется, но, если ввести добавку в смеси с 10 ppm ионов хлора, сначала наблюдается заметное торможение процесса осаждения металла, которое пропадает при дальнейшем увеличении напряжения. При добавлении 60 ppm ионов хлора подавление затягивается, поэтому для получения необходимой силы тока, требуется приложить большее напряжение. Результатом действия кристаллообразователя на диффузионный слой, является подавление кривой. Добавка сорбируется поверхностью катода, что приводит к увеличению толщины диффузионного слоя, и, как следствие, улучшается кристаллическая структура осадка. Это приводит к осаждению металла с более компактной и плотной структурой зерна. Измененный диффузионный слой также улучшает распределение толщины металлизации и рассеивающую способность электролита меднения, не прожигая при этом осадок.

Добавки-блескообразователи

Для блескообразования обычно применяют составы из молекул дисульфида с низким молекулярным весом, имеющих общую формулу R-S-S-R. На рисунке 4 показано влияние блескообразователя на кривую роста поляризации.

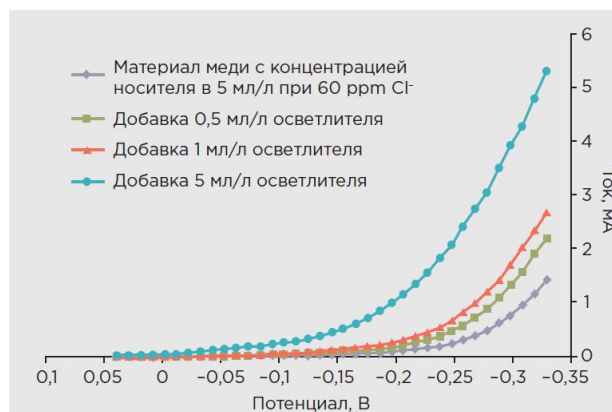


Рис. 4. Влияние блескообразователя на кривую поляризации

Блескообразующие добавки увеличивают силу тока и уменьшают подавление роста поляризации. Он играет основную роль в определении физических свойств осажденного металла. Также, напрямую воздействуя на физические свойства осажденного металла, улучшает такие важные свойства как: прочность на растяжение, удельное удлинение при исследовании на медной пластинке и т.д.

Лабораторное исследование факторов

К лабораторным исследованиям, используемых для управления гальваническими покрытиями, относятся традиционный химический анализ, современные инструментальные методы, металлографические шлифы. Для анализа добавок в электролите меднения используется метод циклической вольтамперометрии (ЦВА).

На рисунке 5 представлен один из этапов определения концентрации кристаллообразователя в электролите меднения с помощью ЦВА.

После построения 4 столбцов гистограммы вводится добавка анализируемого раствора в момент падения потенциала. Далее добавка вводится для каждого цикла до тех пор, пока рабочий заряд не станет равен ≈ 3000 . По рисунку 5 видно, что форма построенных столбцов гистограммы похожа на кривую поляризации на рисунке 3.

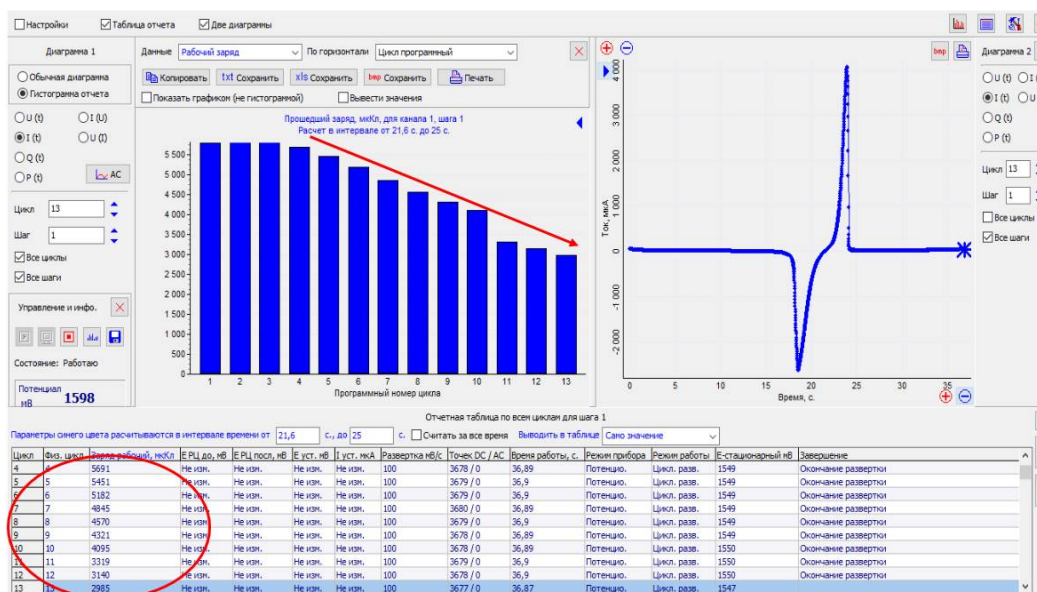


Рис. 5. Гистограмма после выполнения анализа ЦВА

Сохраненные данные загружаются в управляющую программу для расчета концентрации добавки в рабочем растворе. В программе выполняется построение графика $I(C)$ и рассчитывается концентрация добавки.

Библиографический список

1. Печатные платы: Справочник. В 2-х книгах под редакцией К.Ф. Кумбза. Перевод под ред. д.т.н. Медведева А.М. М.: Техносфера, 2011.- 2036 с.
2. «Производство печатных плат. Очистка электролитов меднения от органических загрязнений», С. Шкундина, Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. № 5, 2010.

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»**

**СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ»**

УДК 681.3; ГРНТИ 50.51

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ГАРМОНИЧЕСКОГО БАЛАНСА

В.Н. Ланцов¹, И.А. Никитов², А.П. Папулина³

Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,

Российская Федерация, ¹lantsov@vlsu.ru, ²ioprst_0904@mail.ru, ³annapapulina@yandex.ru

Аннотация. Представлен алгоритм решения уравнений метода гармонического баланса, полученных с использованием идей методов понижения порядка моделей. По сравнению с ранее разработанным методом и алгоритмом решения уравнений в данной работе получены новые соотношения и разработан алгоритм решения уравнений баланса методом Ньютона.

Ключевые слова: гармонический баланс, понижение порядка моделей, метод Ньютона, алгоритм решения.

ALGORITHM OF SOLVING HARMONIC BALANCE EQUATIONS

V.N. Lantsov, I.A. Nikitov, A.P. Papulina

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs,

Russian Federation, ¹lantsov@vlsu.ru, ²ioprst_0904@mail.ru, ³annapapulina@yandex.ru

The summary: Algorithm of solving harmonic balance equations which was obtained by using the ideas of model order reduction methods is presented. In comparison with previously developed method and algorithm of solving equations in this paper the new expressions and algorithm of solving balance equations by Newton method was developed.

Keywords: harmonic balance, model order reduction, Newton method, algorithm of solving.

Методы гармонического баланса (ГБ) широко применяются для моделирования нелинейных радиотехнических схем в САПР электроники [1]. Основными проблемами алгоритмов и программ САПР на основе методов ГБ – это значительные требования к памяти и огромные вычислительные затраты при моделировании сложных схем, содержащих тысячи электронных компонентов и сотни тысяч уравнений модели [1].

В статье [2] был предложен новый метод и алгоритм решения уравнений ГБ на основе использования идей методов понижения порядка моделей. Для решения уравнений баланса был применен метод простой итерации, что дало значительный выигрыш по необходимой памяти для хранения модели, но по времени расчетов сокращение вычислительных затрат было получено только для размерностей (число узлов схемы и число учитываемых гармоник) более 100 – 300.

Здесь мы получим основные соотношения и алгоритм решения уравнений баланса методом Ньютона. Представим уравнения ГБ в частотной области в виде [1]

$$F(V) = I(V) + YV - I_E = 0, \quad (1)$$

где $F(V)$, $I(V)$, V – векторы размерностью $[N*(2K+1)]$, содержащие спектр в каждом узле схемы;

элемент $I(V)$ описывает нелинейные элементы;

вектор неизвестных V – вектор узловых напряжений в узлах схемы;

матрица узловых проводимостей Y является блочной;

I_E – вектор входных источников;

N – число узлов в схеме;

K – число учитываемых гармоник.

Идея метода, предложенного в работе [2], заключается в замене вектора переменных (неизвестных) V уравнений ГБ на две матрицы сокращенной размерности

$$V = V_H \times V_N, \tag{2}$$

где матрица V_H сокращает число гармоник (*Harmonics*) и имеет размерность $[N \times R]$;

V_N – сокращает число узлов схемы (*Nodes*) и имеет размерность $[R \times (2K+1)]$;

R – сокращенная размерность уравнений, $R \ll N$, $R \ll (2K+1)$.

На рисунке. 1 условно представлено преобразование вектора V в две новые матрицы сокращенной размерности. На данном рисунке вектор V (размерности $[N \times (2K+1)]$) представлен в виде матрицы той же размерности, для наглядности.

Сокращение памяти и вычислительных затрат в новом методе будет определяться меньшей размерностью новых матриц и тем, что они используются последовательно.

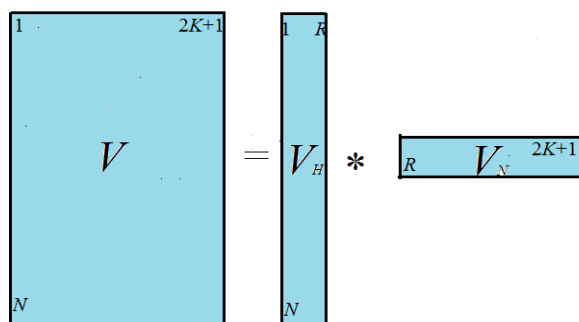


Рис. 1. Замена матрицы V на две новые матрицы сокращенной размерности

Для получения уравнений баланса сокращенной размерности умножим (1) на матрицу V_N^T , что сократит размерность уравнений до величины $[N \times R]$, мы сократили число учитываемых гармоник в уравнениях

$$F(V) = I(V) \cdot V_N^T + YV \cdot V_N^T - I_E \cdot V_N^T = 0. \tag{3}$$

Заменим в уравнении (3) матрицу V , используя введенное ранее соотношение (2)

$$F(V_H V_N) = I(V_H V_N) \cdot V_N^T + YV_H V_N V_N^T - I_E \cdot V_N^T = 0.$$

Используя соотношение ортонормирования $V_N V_N^T = I$, получим

$$F(V_H) = I(V_H V_N) \cdot V_N^T + YV_H - I_E \cdot V_N^T = 0. \tag{4}$$

Уравнение (4) является базовым (уравнением баланса) для нахождения V_H при известном (заданном) значении матрицы V_N .

Аналогично получаем уравнения для нахождения V_N . Умножим (1) на матрицу V_H^T , что сократит размерность уравнений до величины $[R \times (2K+1)]$, мы сократили число узлов в уравнениях баланса.

$$F(V) = I(V) \cdot V_H^T + YV \cdot V_H^T - I_E \cdot V_H^T = 0. \quad (5)$$

Заменим в уравнении (5) матрицу V , используя соотношение (2)

$$F(V_H V_N) = I(V_H V_N) \cdot V_H^T + YV_N V_H V_H^T - I_E \cdot V_H^T = 0,$$

или (если $V_H V_H^T = I$)

$$F(V_N) = I(V_H V_N) \cdot V_H^T + YV_N - I_E \cdot V_H^T = 0. \quad \dots\dots\dots(6)$$

Уравнение (6) является уравнением баланса для нахождения V_N при известном значении матрицы V_H .

Воспользуемся итерационным методом Ньютона для решения уравнений баланса (4) и (6). Для (4) получим систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) вида

$$J(V_H^j) \cdot \Delta V_H^{j+1} = -F(V_H^j), \quad (7)$$

где $J(V_H^j) = \frac{\partial F}{\partial V_H} |_{V_H^j}$ – Якобиан, $\Delta V_H^{j+1} = V_H^{j+1} - V_H^j$ – приращение.

Для уравнений (4) выражение для Якобиана будет выглядеть следующим образом

$$J(V_H^j) = \frac{\partial I(V_H^j V_N) V_N^T}{\partial V_H^j} + Y. \quad (8)$$

В программах схемотехнического анализа (проектирования) более удобной является форма уравнений метода Ньютона относительно нового значения V_H^{j+1} вместо (7)

$$J(V_H^j) \cdot V_H^{j+1} = \frac{\partial I(V_H^j V_N) V_N^T}{\partial V_H^j} V_H^j - I(V_H^j V_N) V_N^T + I_E V_N^T. \quad (9)$$

Аналогично получим соотношения для метода Ньютона для решения уравнений (6). Опуская практически повторяющиеся выводы (8-9), приведем конечные соотношения аналогичные (9)

$$J(V_N^j) \cdot V_N^{j+1} = \frac{\partial I(V_H V_N^j) V_H^T}{\partial V_N^j} V_N^j - I(V_H V_N^j) V_H^T + I_E V_H^T. \quad (10)$$

Одной из особенностей методов типа гармонического баланса является то, что основные уравнения баланса решаются в частотной области. В то же время большинство моделей нелинейных элементов описываются уравнениями во временной области. Поэтому на каждой итерации Ньютона при решении уравнений необходимо делать преобразования из частотной области во временную и обратно с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) [1].

Для упрощения записи уравнений баланса с использованием БПФ вводят связь между мгновенными значениями функции во временной области и гармониками в частотной области в матричном виде [1]. Пусть отсчеты во временной области имеют вид $u(t) = [u(t_0), u(t_1), \dots, u(t_n)]$; где $n = 2K + 1$; коэффициенты ряда Фурье (амплитуды, спектр) – $V = [V_0, V_1^C, V_1^S, \dots, V_K^S]$. Тогда введя матрицу прямого преобразования Фурье

$$\Gamma = \begin{pmatrix} 1 \cdot \cos \omega t_0 \cdot \sin \omega t_0 \cdots \cos K \omega t_0 \cdot \sin K \omega t_0 \\ 1 \cdot \cos \omega t_1 \cdot \sin \omega t_1 \cdots \cos K \omega t_1 \cdot \sin K \omega t_1 \\ \dots \\ \dots \\ 1 \cdot \cos \omega t_{n-1} \cdot \sin \omega t_{n-1} \cdots \cos K \omega t_{n-1} \cdot \sin K \omega t_{n-1} \end{pmatrix},$$

получим связь между представлением сигнала во временной и частотной областях в виде $V = \Gamma u$ и $u = \Gamma^{-1} V$, где Γ^{-1} – обратное преобразование Фурье.

В этом случае в уравнении (10) нелинейные преобразования будут выглядеть в виде

$$\frac{\partial I(V_H V_N^j) V_H^T}{\partial V_N^j} = \Gamma \frac{\partial i(u_H u_N^j)}{\partial u_N^j} \Gamma^{-1} \quad (11)$$

и

$$I(V_H V_N^j) = \Gamma \cdot i(u_H u_N^j) \cdot \Gamma. \quad (12)$$

Алгоритм решения уравнений баланса будет выглядеть следующим образом:

Алгоритм 1

1: V_N = начальное значение или 0;

V_H = начальное значение или 0;

$j = 1$.

2: Решение СЛАУ (9); Решение СЛАУ (10).

3: if $(V_H^{j+1} - V_H^j \leq \varepsilon) \wedge (V_N^{j+1} - V_N^j \leq \varepsilon)$ stop.

4: $j = j + 1$.

5: go to 2:

Библиографический список

1. Ланцов В.Н. Состояние в области методов моделирования нелинейных ВЧ электронных устройств связи (обзор). Часть 1 и 2. – Проектирование и технология электронных средств, №4/2012, №1/2013.
2. Ланцов В.Н. Новый алгоритм решения уравнений гармонического баланса. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы, №4/2019.

УДК 004.42; ГРНТИ 20.53.19

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

С.В. Скворцов^{1,2}, Т.А. Фетисова¹

¹Рязанский государственный радиотехнический университет,
Россия, Рязань, s.v.skvor@gmail.com, pyurova_ta@mail.ru

²Академия права и управления ФСИН России,
Российская Федерация, Рязань, s.v.skvor@gmail.com

Аннотация. В данной работе выполнен анализ известных работ в области параллельных генетических алгоритмов и их программной реализации. Выявлены общие тенденции распараллеливания этапов алгоритма, определены их целесообразность и результативность. Показаны перспективы, возможности и варианты использования многопоточных реализаций генетических алгоритмов за счет использования вычислительных ресурсов не только центрального, но и графического процессора.

Ключевые слова: генетический алгоритм, параллелизм, миграция, селекция, кроссинговер, многопоточность, графический процессор.

DIRECTIONS OF RESEARCHES OF PARALLEL GENETIC ALGORITHMS

S.V. Skvortsov^{1,2}, T.A. Fetisova¹

¹Ryazan State Radio Engineering University,

Russia, Ryazan, s.v.skvor@gmail.com, pyurova_ta@mail.ru

²Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia,
Russia, Ryazan, s.v.skvor@gmail.com

Abstract. In this paper, an analysis of known works in the field of parallel genetic algorithms and their software implementation is performed. The general trends of parallelization of the stages of the algorithm are identified, their feasibility and effectiveness are determined. Perspectives, possibilities and options for using multithreaded implementations of genetic algorithms through the use of computing resources of not only the central, but also the GPU are shown

Keywords: genetic algorithm, parallelism, migration, selection, crossover, multithreading, GPU.

1. Введение

На сегодняшний день в связи со стремительным развитием компьютерной техники, а также с её постоянно возрастающими вычислительными мощностями, необходимо обеспечить эффективное использование возможностей этой техники. Так многоядерные системы позволяют существенно повысить производительность различных прикладных задач за счет наличия механизмов организации многопоточности. Но не все алгоритмы и методы поддаются распараллеливанию своих процессов: одни не дают результата в целом, другим требуется большое количество данных для того, чтобы появился эффект от параллелизма. Однако генетические алгоритмы не попадают в данную группу методов и, как правило, позволяют получить достаточно заметный эффект от применения распределенных вычислений [1].

Генетические алгоритмы относятся к группе методов, называемых эволюционными алгоритмами и объединяющих разные варианты применения эволюционных принципов. Такие алгоритмы используются для решения различных проблем, например, для решения задач поиска и оптимизации. Генетический алгоритм отличается от других технологий оптимизации тем, что формирует пробные решения, которыми можно конкурентно управлять с помощью специальных операторов. Вследствие этого возникает итеративность в обучении популяции индивидов генетического алгоритма.

С применением распределенных вычислений производительность генетических алгоритмов растет. Параллельные генетические алгоритмы основаны на разбиении исходной популяции на несколько подпопуляций, каждая из которых будет обрабатываться независимо от других подпопуляций с последующим обменом (миграцией) индивидов, которые улучшают точность и эффективность алгоритма.

2. Модели параллельных вычислений в генетических алгоритмах

В работах [2-4] представлено три способа организации распределенных вычислений в генетических алгоритмах, а именно:

- Модель «хозяин-раб» (глобальные однопопуляционные ПГА);
- Модель «мелкоструктурного подчинения» (однопопуляционные ПГА);
- Модель «сетового взаимодействия» (многопопуляционные ПГА).

В алгоритмах первой модели имеется одна исходная популяция, а оценка фитнес-функции (целевой функции) производится несколькими процессорами одновременно. «Хозяин» владеет популяцией, запускает операторы генетического алгоритма и распределяет особи между подчиненными. «Раб» лишь выполняет оценку целевой функции особей. Главное достоинство данной модели заключается в простоте реализации, поскольку многопоточность возникает лишь на уровне оценки фитнес-функции. Недостатком является то, что эффективность распараллеливания низкая, нагрузка на «хозяина» большая и весь процесс сильно зависит от него.

В модели «мелкоструктурного подчинения» присутствует управляющий процесс и все остальные процессы от него сильно зависят, работая при этом в асинхронном режиме и с общим адресным пространством. Такое «подчинение» связано с миграцией хромосом только с соседними популяциями. На первой итерации происходит случайная генерация каждой популяции с отличными от всех значениями целевой функции. Затем при работе генетического алгоритма образуются некоторые области популяций с похожими значениями целевой функции, которые растут и конкурируют друг с другом. Преимуществом данной модели является распространение «хороших» особей по всей популяции, а недостатком – необходимость синхронизации.

Третью модель часто называют «островной», так как в ней рассматриваются подпуляции отдельно, каждая из которых развивается самостоятельно с помощью генетического алгоритма. Здесь также присутствует оператор миграции с более сложным управлением. Он может выполняться с заданным периодом, случайно или при наступлении какого-либо события. Поэтому важным моментом является правильный подбор миграции, поскольку частая миграция особей ведет к смешению всех подпуляций и ранней сходимости генетического алгоритма, а редкая – также не сможет исключить преждевременного схождения. Существуют различные стратегии модели «сетового взаимодействия», которые позволяют комбинировать разные архитектуры генетического алгоритма и проводить их исследования. Главным недостатком такой модели является сложная реализация из-за разработки механизма взаимодействия отдельных подпуляций. Также особый интерес представляет оператор миграции, который не полностью изучен.

Результаты исследований островной модели параллельного генетического алгоритма позволили сделать вывод о том, что на работу генетического алгоритма сильно влияет частота миграции: частая миграция вырождает популяцию и приводит к локальному оптимуму. Для устранения этого недостатка применяется нечеткий оператор миграции, основная идея работы которого заключается в использовании показателя разнообразия подпуляции и его сравнения с другими показателями разнообразия подпуляций. Так вводится нечеткое понятие «степень разнообразия популяции», формируется база правил, на каждой итерации параллельного генетического алгоритма рассчитывается данный показатель и отправляется в нечеткий логический контроллер (рис. 1). На его выходе управляющий процесс выполняет миграцию с определенным числом особей или не выполняет. Достоинством подобного нечеткого оператора миграции является возможность изучения различных параметров популяции, что позволяет реально оценить ее эволюцию.

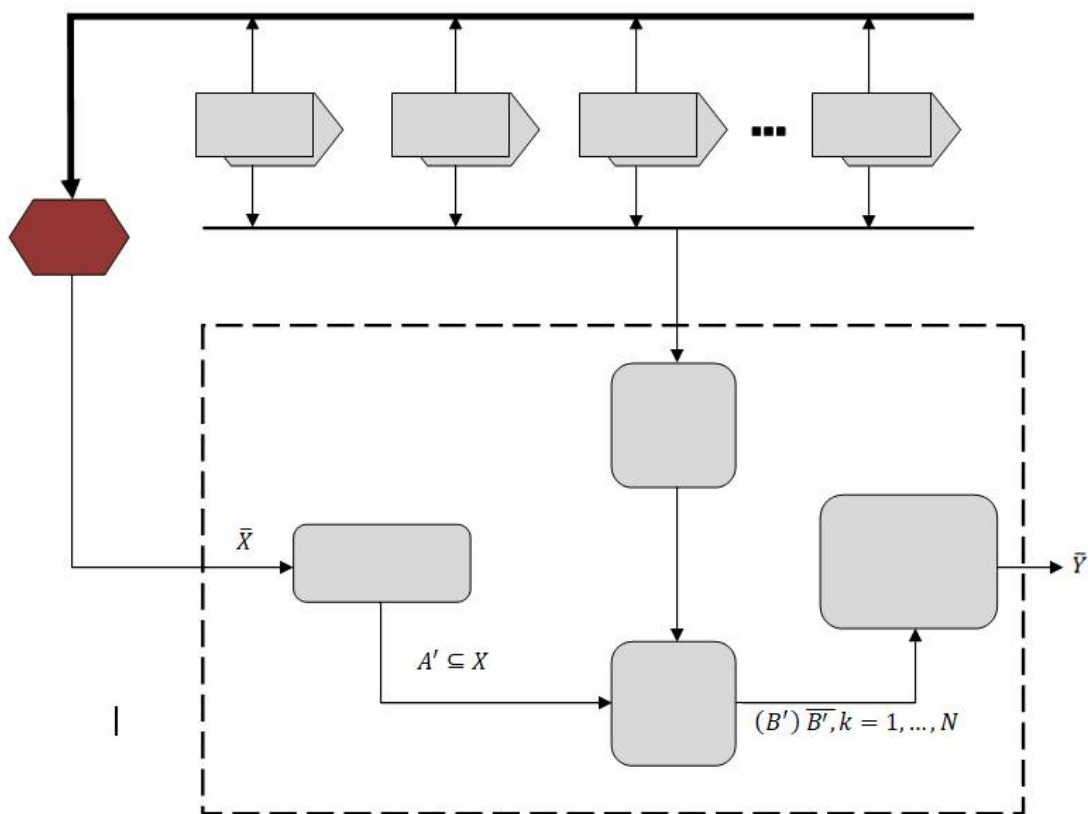
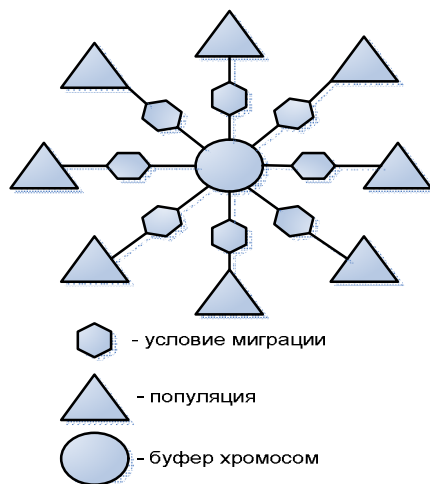


Рис. 1. Модель нечеткого контроллера оператора миграции

Экспериментальные исследования показали, что параллельные генетические алгоритмы на графических процессорах можно эффективно использовать. Разработанная модель нечеткого контроллера позволяет исследовать механизм миграции как одной из главных составляющих параллельного генетического алгоритма. Также в результате исследований стала видна необходимость использования динамических связей между подпопуляциями, то есть требуется изучение взаимосвязей, имеющих более гибкую структура обмена особями.

В работе [5] предложена новая теоретическая модель распределенного генетического алгоритма (буферная модель), изображенная на рисунке 2.



-  - условие миграции
-  - популяция
-  - буфер хромосом

Рис. 2. Буферная модель параллельного генетического алгоритма

Такая модель построена согласно типу «звезда» и работает следующим образом: сформированные подпуляции запускаются в работу в асинхронном режиме; при наступлении определенного события подпуляция обращается в буфер и забирает все или часть хромосом, добавляя часть своих особей. При этом необходимо осуществлять регулирование размера буфера хромосома.

Примерная схема работы распределенного генетического алгоритма в рамках буферной модели представлена на рисунке 3.

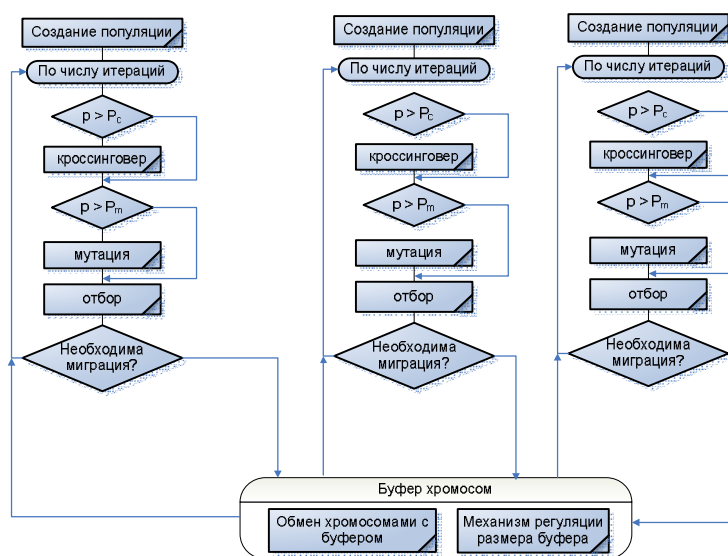


Рис. 3. Примерная схема работы распределенного генетического алгоритма

Согласно схеме, каждая подпуляция развивается отдельно, на каждой итерации определяется необходимость миграции. Условием обмена хромосом может быть вырожденность популяции, интервал итераций и т.д. После миграции проверяется размер буфера, при превышении заданного значения которого выполняется селекция. Данная модель позволит исследовать не только условия миграции, но и различные типы операторов, а также определить влияние различных механизмов и стратегий на работу генетического алгоритма.

3. Варианты реализации параллельных генетических алгоритмов

В работах [7], посвященных физико-химическим процессам нефтепереработки и нефтехимии, часто используются генетические алгоритмы в параллельных реализациях. В частности, для поиска оптимальных режимов работы проведения процесса регенерации использовался глобальный однопопуляционный параллельный генетический алгоритм. Для сравнения результатов также была реализована островная модель, модифицированная следующим образом: использовались небольшое число подпуляций с относительно большим количеством особей и миграция между ними, которая задавалась динамически. Обмен хромосомами происходил только тогда, когда долгое время (примерно 1/80 предельного времени работы генетического алгоритма, определяемая экспериментально) не улучшалось решение.

Данный параллельный генетический алгоритм реализован по стандарту MPI на центральном процессоре (ЦП). Экспериментальные исследования показали, что глобальный однопопуляционный распределенный генетический алгоритм быстрее последовательной версии, но когда число процессоров превышает 8, происходит снижение производительности за счет возрастания временных затрат на пересылку данных. Во второй версии параллельного генетического алгоритма выполняется меньше арифметических операций в 6 раз, сокращает-

ся время простоев, однако повышается риск преждевременной сходимости из-за привязки к общему количеству островов (чем их больше, тем хуже).

После внедрения параллельных генетических алгоритмов результаты несколько изменились (рис. 4).

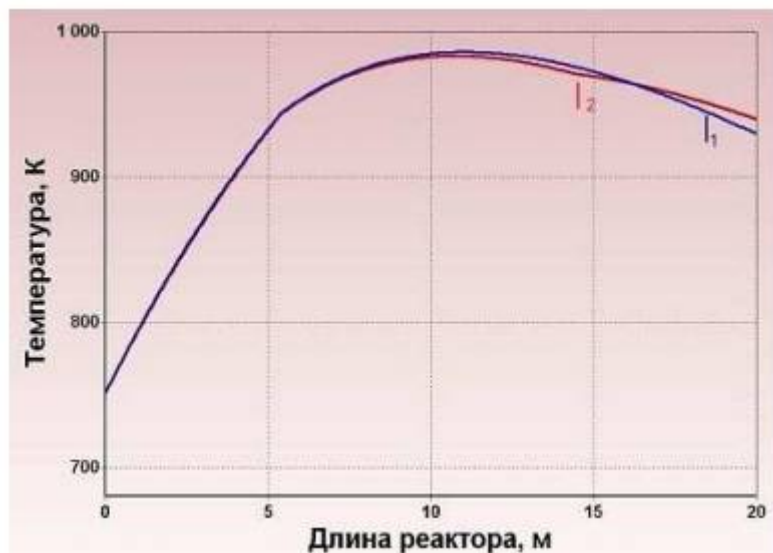


Рис. 4. Графики зависимости изменения температуры:

I₁ – глобальный однопопуляционный параллельный генетический алгоритм,

I₂ – многопопуляционный параллельный генетический алгоритм (островная модель)

Относительно последовательных версий время нахождения оптимального режима проведения процесса окислительной регенерации в движущемся и неподвижном слое катализатора сократилось, однако при сравнении параллельных вариантов между собой результаты расчета оказались схожими, что обусловлено тем, что генетические алгоритмы не гарантируют нахождения глобального решения, но они достаточно хорошо работают для поиска оптимального решения задачи.

В работах [6, 8] изложены аналитические и практические результаты в области распараллеливания и повышения производительности генетических алгоритмов. Изначально в этих работах предлагается распараллеливать вычисление целевой функции, в то время как основной механизм развития популяции будет обрабатываться ЦП. Такой подход позволяет достигнуть ускорения приблизительно в 100 раз, однако здесь присутствует медленная передача данных к памяти графического процессора от ЦП и назад, особенно для малых операций. Второй вариант – это полностью перенести выполнение всего алгоритма на графический процессор с использованием языка программирования Cg (C for Graphics - высокоуровневый язык программирования, который разработан NVIDIA). Но здесь отсутствует возможность создания потоков вручную, а ускорение колеблется в интервале от 1,36 до 5,30 раз в зависимости от числа особей в популяции. В итоге было предложено реализовать параллельный генетический алгоритм с помощью технологии CUDA для графического процессора фирмы NVIDIA. На рисунке 5 представлена соответствующая модель параллельного генетического алгоритма.

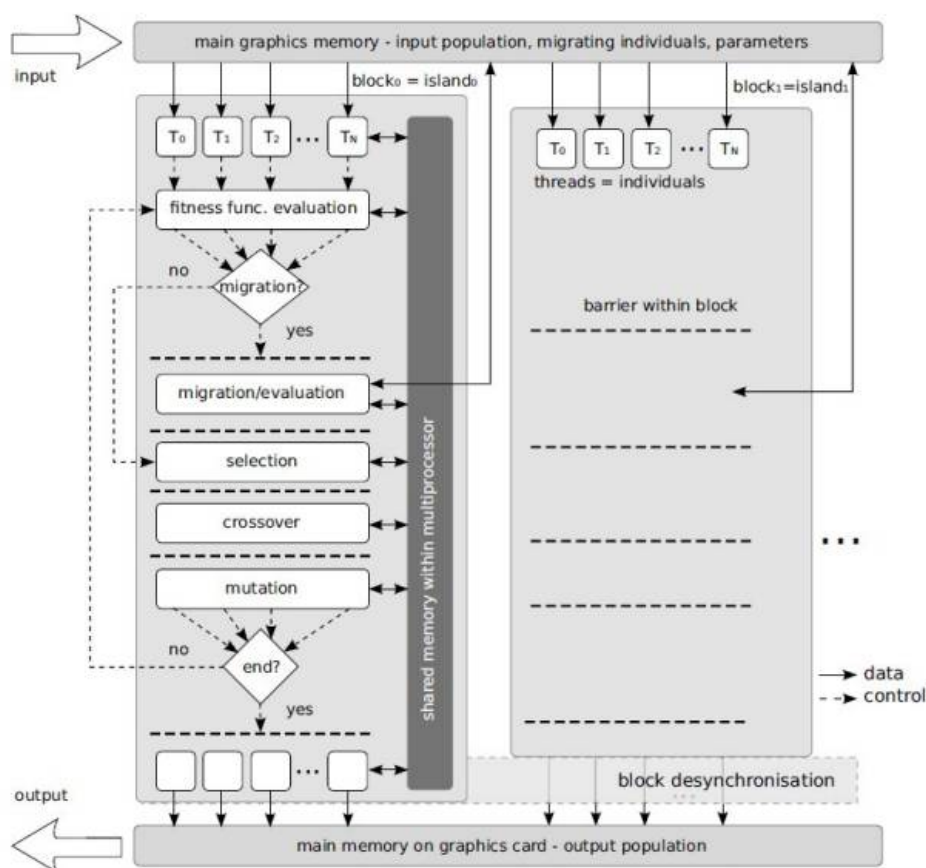


Рис. 5. Модель параллельного генетического алгоритма по технологии CUDA

Главная идея состоит в создании островов с обменом хромосом вдоль однонаправленного кольца. Каждой особью управляет единственный поток. Подпопуляции хранятся совместно в памяти графического процессора.

Сначала формируется исходная популяция на ЦП. Хромосомы и необходимые параметры генетического алгоритма передаются в оперативной памяти графического процессора через системную шину, после чего запускается ядро ГП. В зависимости от заданных параметров популяция разбивается на подпопуляции, которые размещаются в блоках (островах) потоков (особей). Все потоки считывают свои хромосомы из ОП в быструю память в мультипроцессоре. Затем происходит процесс развития подпопуляций параллельно на своих островах (вычисляется значение фитнес-функции, осуществляется отбор особей, кроссинговер, мутация). Для смешивания генетического материала между подпопуляциями используется оператор миграции через ОП асинхронно. Для обмена хромосомами острова соединены однонаправленным кольцом, что позволяет блоку принимать особи от одного соседнего блока.

Выводы

Генетические алгоритмы успешно используются при решении различных прикладных задач и постоянно развиваются. В настоящее время предложено большое количество модификаций и обобщений параллельных генетических алгоритмов. Большинство всех работ используют модель «сетевого взаимодействия» в виде островов и исследуют оператор миграции, не обращая внимания на технологию распараллеливания, способ параллелизма (в случае технологии CUDA блоки/потоки) и другие операторы генетического алгоритма.

Важно отметить, что платформа CUDA предоставляет программисту достаточно широкий набор способов организации многопоточных вычислений с использованием графического процессора [10]: блочный – параллельно обрабатывается множество блоков данных с единственным потоком в каждом блоке; поточный – обрабатывается один блок данных с множеством параллельных потоков в каждом блоке; комбинированный - параллельно обрабатывается множество блоков данных с множеством параллельных потоков в каждом блоке.

Известные варианты реализации генетических алгоритмов на платформе CUDA как правило используют далеко не все потенциальные возможности этой технологии многопоточных вычислений. В частности, в работе [9] реализован блочный, в работе [11] – поточный способ.

Проанализировав указанные выше результаты, можно выделить следующие направления исследований параллельных генетических алгоритмов при их реализации на платформе CUDA:

- анализ моделей организации параллельных вычислений с точки зрения эффективности их многопоточной реализации;
- исследование эффективности вариантов многопоточной реализации генетических алгоритмов в рамках выбранной модели с учетом возможных режимов многопоточной реализации (блочный, поточный, комбинированный);
- анализ генетических алгоритмов в рамках различных моделей параллелизма и возможных вариантов многопоточности с точки зрения поиска «узких мест», сдерживающих рост скорости работы;
- анализ условий функционирования и исходных данных решаемой задачи (число поколений, размер популяции, число островов, время вычисления функции приспособленности и т.п.) на эффективность генетических алгоритмов в различных параллельных реализациях;
- исследование вариантов миграции особей для островной модели параллелизма (по однонаправленному кольцу, двунаправленному кругу, каждая особь с каждой, обмен по дереву, обмен по гиперкубу);
- исследование влияния вариантов реализации основных генетических операторов (например, кроссинговер - одноточечный, двуточечный, однородный, селекция - колесо рулетки, турнирная селекция, ранговая селекция) на эффективность многопоточной реализации.

В рамках проведения указанных исследований в работе [12] предложена модель генетического алгоритма, в которой реализуется комбинированная двухуровневая многопоточность на основе платформы CUDA, а также разработан модульный программный комплекс, позволяющий пользователю строить различные варианты многопоточных приложений, реализующих параллельные ГА поиска решения задачи многомерной нелинейной оптимизации. В дальнейшем планируется реализовать островную модель с миграцией хромосом по однонаправленному кольцу с несколькими вариантами кроссинговера и селекции, а также с различными способами параллелизма для задачи безусловной минимизации функции. Также будет проведена как аналитическая оценка сложности разработанных алгоритмов, так и практическая, которая основана на результатах испытаний соответствующих многопоточных приложений.

Библиографический список

1. Golub M., Jakobovic D. A New Model of Global Parallel Genetic Algorithm// proceedings of 22nd International Conference on Information Technology Interfaces IVI. – 2000. – P.363-368.
2. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы [Текст] / Под ред. В.М. Курейчика. — 2-е изд., испр. и доп.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 320 с.
3. Кныш Д.С., Курейчик В.М. Параллельный генетический алгоритм с нечетким оператором миграции, 2010 [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

<http://dspace.nbu.gov.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/56169/08-Knysh.pdf?sequence=1> (дата обращения: 13.02.2020).

4. Курейчик В.М., Кныш Д.С. Параллельный генетический алгоритм. Модели и проблемы построения // V-я Международная научно-практическая конференция «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (28-30 мая 2009 г., Коломна, Россия): Сборник научных трудов. В 2-т., М: Физматлит, 2009, Т.1, с.41-51.

5. Кныш Д.С., Курейчик В.М. Параллельные генетические алгоритмы: обзор и состояние проблемы [Текст] / ИЗВЕСТИЯ РАН. Теория и системы управления, 2010, № 4, с. 72-82.

6. Darrel Whitley, An Overview of Evolutionary Algorithms: Practical Issues and Common Pitfalls, Journal of Information and Software Technology 43:PP. 817–831, 2001.

7. Сайфулина Л.В., Еникеев М.Р., Губайдуллин И.М. Применение параллельных вычислений для оптимизации параметров процесса окислительной регенерации катализаторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2013/fknt/borovyk/library/ga2.pdf> (дата обращения: 10.02.2020)

8. Жуков Р.А., Плехов П.В. Реализация параллельного генетического алгоритма на архитектуре NVIDIA CUDA // JUVENIS SCIENTIA, 2016, №3, с. 8-10.

9. Фетисова Т.А., Скворцов С.В. Ускорение генетического алгоритма средствами графических процессоров фирмы NVIDIA // Современные технологии в науке и образовании (СТНО-2019), Международный научно-технический форум, Сборник трудов, Том 4. 2019. С. 193-198.

10. Скворцов С.В., Фетисова Т.А., Скворцова Т.С. Ускорение процессов обработки данных большого объема средствами графических процессоров // Сборник научных трудов «Известия ТулГУ», выпуск 2, г. Тула, 2019 г., с. 312-319.

11. S. Skvortsov, T. Fetisova, D. Perepelkin, D. Fetisov. Approach of Acceleration of Genetic Algorithm on CUDA platform // 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), 2019 - DOI: 10.1109/MECO.2019.8760016.

12. Фетисова Т.А., Фетисов Д.В. Модель двухуровневого распараллеливания генетического алгоритма на графических процессорах // XXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях» НИТ-2019, г. Рязань, 2019, с. 177-179.

УДК 537.521; ГРНТИ 27.35.51

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ю.А. Юдаев

*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева,
Российская Федерация, Рязань, yu.yudaev@mail.ru*

Аннотация. В работе рассматриваются способы моделирования электрических и магнитных полей.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, электрическое поле, магнитное поле.

MODELING OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS WHEN CREATING AUTOMATED CONTROL SYSTEMS DESIGNS

Y.A. Yudaev

*Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev,
Russia, Ryazan, yu.yudaev@mail.ru*

The summary. This paper discusses methods for modeling electric and magnetic fields.

Keywords: computer-aided design system, electric field, magnetic field.

В настоящее время существует большое количество отраслевых САПР [1], которые позволяют сократить время, затрачиваемое на проектирование. В подобных системах применяются математические методы, которые скрыты от конечных пользователей. Достоверность результатов проектирования зависит от многих факторов, например, от качества применяемых физических и математических моделей, от учета процессов, влияющих на поведение

объекта, от точности решения дифференциальных уравнений и т. п. Наиболее точные САПР применяются, например, в машиностроении, в архитектуре и строительстве, в радиотехнике. Точность построения систем автоматизированного проектирования обусловлена возможностью наиболее полного математического описания проектируемых систем.

Иначе обстоит дело с применением САПР при проектировании коммутирующих приборов плазменной электроники. В современной научно-технической литературе не встречаются упоминаний о подобных системах. Исключением является программа Simion, которая позволяет проводить исследования в области газовой масспектрометрии с учетом ионизационных процессов и движения заряженных частиц в электрических полях. Это программное обеспечение разрешено к продаже только на территориях США и Канады.

Отсутствие систем проектирования в области плазменной электроники может быть связано с несколькими причинами. Во-первых, такие приборы являются узкоспециализированными и имеют небольшой объем выпуска. Во-вторых, сложностью создания взаимосвязанных математических моделей и их реализацией в виде алгоритмов программ. В-третьих, нежеланием фирм производителей подобных приборов поставлять на рынок программного обеспечения свои разработки.

Возможны два подхода к построению системы математического моделирования приборов плазменной электроники, которые можно условно назвать аппроксимационными и физическими. Аппроксимационные подходы основаны на обобщении большого количества экспериментальных результатов о процессах, протекающих в приборах. Для получения новых сведений имеющиеся базы данных экстраполируются в новую область неизвестных значений. Физические - основаны на моделировании протекающих процессов и решения уравнений математической физики. Первый подход имеет узкие границы применимости в силу большого количества протекающих в приборах взаимосвязанных процессов и, как следствие, нелинейностью процессов. Такой метод обладает меньшей трудоемкостью и может быть применим при создании однотипных приборов с близкими параметрами. На практике он используется разработчиками, которые, основываясь на своем опыте и интуиции, переносят ранее полученные результаты на вновь разрабатываемые приборы и устройства. Проведение корректирующих экспериментов позволяет получить новые знания, с учетом которых продолжается процесс создания новых приборов. В этом случае конструирование носит итерационный характер. Быстрота решения поставленной задачи зависит от точности аппроксимирующей модели и технологических факторов. Использование компьютера в таком процессе малоэффективно.

Наиболее перспективным направлением можно считать использование проектирования, базирующегося на моделировании. Использование математического аппарата, построенного на решении дифференциальных уравнений высоких порядков, и реализация математических моделей в виде программного обеспечения для ЭВМ, позволяет расширить область применения автоматизированного проектирования. Подобный подход имеет большую трудоемкость, но обладает более широкими границами применения, лучшей информативностью и достоверностью.

Построение САПР плазменных приборов возможно при взаимосвязанном моделировании различных физических процессов. Методики моделирования приведены в [2-15].

Рассмотрим методы моделирования электрических и магнитных полей, которые составляют основу построения плазменных приборов.

Расчет электрических полей основан на решении уравнений Лапласа, которое для вакуумного случая, имеет вид:

$$\Delta\varphi = 0$$

с граничными условиями, связанными с пространственным расположением электродов. Или Пуассона:

$$\Delta\varphi = f.$$

В этом случае необходимо учитывать объемный пространственный заряд, образующийся между электродами.

Для подавляющего большинства случаев расчет аналитическими методами является малоприменимым для решения уравнений в частных производных и приходится использовать численные методы. В настоящее время наибольшее распространение получили численные методы: граничных элементов, конечных элементов, интегральных уравнений и конечных разностей.

Метод граничных элементов, получивший развитие в последние годы обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами, однако проигрывает методу конечных разностей по быстродействию. Одним из подходов получения интегрального соотношения, являющегося решением задачи Дирихле, которое состоит в предположении, что неизвестную функцию $\phi(\xi)$ в области Ω можно выразить через потенциал простого слоя с неизвестной плотностью источников δ :

$$\phi(\xi) = \int_{\Gamma} \sigma(x) \phi^*(\xi, x) d\Gamma(x), \quad \xi \in \Omega + \Gamma,$$

где $\phi^*(\xi, x)$ - Ньютонов потенциал.

Данное уравнение является уравнением Фредгольма первого рода.

Другой подход состоит в представлении неизвестной функции $\phi(\xi)$ через потенциал двойного слоя с неизвестной плотностью источников μ . Связь потенциала $\phi(\xi)$ с плотность источников описывается уравнением Фредгольма второго рода:

$$\phi(\xi) = -\alpha \pi \mu(\xi) + \int_{\Gamma} \mu(x) q^*(\xi, x) d\Gamma(x),$$

где $\alpha = 1$ для двумерных задач, $\alpha = 2$ для трехмерных, q^* - нормальная производная Ньютонова потенциала.

Для связи функции $\phi(\xi)$ и ее нормальной производной q на границе Γ используется интегральное уравнение:

$$2\alpha \pi \phi(\xi) + \int_{\Gamma} \phi(x) q^*(\xi, x) d\Gamma(x) = \int_{\Gamma} q(x) \phi^*(\xi, x) d\Gamma(x), \quad \xi \in \Omega + \Gamma.$$

Для численного решения приведенного уравнения необходима дискретная форма. Граница Γ разбивается на n элементов Γ_i . При всех достоинствах метода граничных элементов он обладает существенным недостатком, который затрудняет его применение при моделировании электрических полей в устройствах плазменной электроники. Решения дифференциальных уравнений в частных производных с открытыми границами, где функция не определена, связаны с различного рода допущениями, что иногда приводит к существенному снижению точности расчетов.

Метод конечных элементов известен уже более полувека, но интенсивное развитие получил в последние годы. Разработанный на основе матричных методов расчета механических конструкций, рассматривается сегодня как способ решения задач, описывающих уравнения математической физики в частных производных. Интегральные представления дифференциальных уравнений известны благодаря работам Галеркина, Ритца, Куранта и Гильберта. Однако применение интегральных представлений расширилось по мере того, как разрабатывались методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений больших размерностей.

Для более точного описания проблемы вводится понятие корректно поставленной задачи, предложенное Адамаром. Задача поставлена корректно, если она удовлетворяет трем

условиям: имеет решение, решение единственно и достаточно малому изменению начальных данных соответствует достаточно малое изменение решения.

В таблице 1 определена связь между уравнениями и граничными условиями, для открытых и закрытых областей, приводящих к корректно поставленным задачам.

Таблица 1. Связь между уравнениями и граничными условиями

| Граничное условие | Характер границы | Уравнение | | |
|-----------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | <i>Параболическое</i> | <i>Эллиптическое</i> | <i>Гиперболическое</i> |
| Дирихле | Открытая | Единственное ($t > 0$) условие | Недостаточное условие | Недостаточное условие |
| Неймана или смешанное | Закрытая | Избыточное условие | Единственное | Не единственное |
| Коши или смешанное | Открытая | Избыточное условие | Некорректное | Единственное |
| | Закрытая | Избыточное условие | Избыточное условие | Избыточное условие |

Из приведенной таблицы следует, что часть задач, которые требуют решения в рамках создания моделирующих программ, не могут быть однозначно решены методами конечных элементов. Кроме того, нерегулярное расположение узлов с вычисленными в них значениями потенциалов электрического поля значительно усложняет расчет траекторий заряженных частиц.

Метод интегральных уравнений основан на применении теоремы Грина для решения задачи Дирихле. В частности для уравнения Пуассона в прямоугольной системе координат в объеме V , ограниченном поверхностью S решение будет иметь вид:

$$\varphi(x, y, z) = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \frac{\rho dV}{R_0} + \frac{1}{\varepsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{R_i}.$$

В этом соотношении первый интеграл представляет собой потенциал объемных зарядов с произвольной плотностью $\rho(x_0, y_0, z_0)$; R_0 - расстояние от точки наблюдения с координатами (x, y, z) до точек расположения объемных зарядов, которые имеют переменные координаты (x_0, y_0, z_0) и

$$R_0 = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}.$$

Второй интеграл выражает потенциал поверхностных зарядов, распределенных на поверхности S (границы электродов) с поверхностной плотностью σ .

Данный метод особенно эффективен при анализе траекторий заряженных частиц с произвольной граничной областью. Однако если электроды не могут быть представлены в виде совокупности прямоугольников, и в задаче необходимо вычислить большое количество траекторий, то данный метод значительно проигрывает всем методам, объединенным в группу методов конечных разностей, по количеству затрачиваемого времени.

Метод конечных разностей основан на замене дифференциальных уравнений уравнениями в конечных разностях, которые получаются заменой производных их приближенными выражениями. Широкое использование метода конечных разностей для решения задач математической физики вызвало необходимость изучения свойств разностных уравнений, и в первую очередь, изучение свойств устойчивости и сходимости.

При моделировании магнитных полей могут использоваться уравнения магнитостатики, записанные в дифференциальной и интегральной формах:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \delta, \quad \operatorname{div} \mathbf{B} = 0, \quad \oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = I, \quad \int_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0,$$

где \mathbf{B} и \mathbf{H} - векторы индукции и напряженности магнитного поля; I и δ - ток, и плотность тока проводников (обмоток), участвующих в создании магнитного поля.

В тех случаях, когда отсутствуют источники магнитного поля в виде токов проводимости и $\operatorname{rot} \mathbf{H} = 0$, система уравнений сводится к одному уравнению в частных производных относительно скалярного магнитного потенциала U :

$$\mathbf{H} = -\operatorname{grad} U.$$

В настоящее время наиболее широкое применение нашли два принципиально различных подхода для математического описания магнитных полей. Первый подход к моделированию основан на математическом описании краевых условий на границе исследуемой области и на границах раздела разнородных в магнитном отношении сред. Теоретические положения этих методов, исследованы и подробно описаны в работах, где они называются «методами граничных интегральных уравнений» или «методами вторичных источников».

Второй подход включает «методы пространственных интегральных уравнений». Они базируются на общем интегральном выражении напряженности поля:

$$\mathbf{H} = \frac{1}{4\pi} \left(\int_V \frac{(\nabla \mathbf{M}) \mathbf{r}}{r^3} dV - \int_S \frac{(\mathbf{nM}) \mathbf{r}}{r^3} dS \right),$$

где \mathbf{r} - радиус-вектор, соединяющий точку наблюдения Q с текущей точкой интегрирования P ; V , S - объем и поверхность всех магнитных элементов; \mathbf{n} - внешняя нормаль к поверхности S в точке интегрирования. Расчет проводится по итерационной схеме.

Моделирование полей в устройствах вакуумной и плазменной электроники приводит, как правило, к задаче расчета полей в неоднородных средах. Магнитные свойства сред - магнитная проницаемость, магнитная восприимчивость, намагниченность - зависят от интенсивности магнитного поля, что приводит к нелинейным уравнениям. Для решения этих уравнений используется метод последовательных приближений, который сводит решение нелинейной задачи к последовательности линейных задач с фиксированными свойствами.

Если магнитный векторный потенциал удовлетворяет уравнению

$$\nabla^2 \mathbf{A} = -\mu_0(\delta + j),$$

итерационный процесс проводится по схеме:

$$\nabla^2 \mathbf{A}^{(n+1)} = -\mu_0(\delta + j^{(n)}),$$

где $\mathbf{A}^{(n+1)}$ - векторный потенциал на $(n + 1)$ приближении, $j^{(n)}$ - плотность эквивалентного тока, определяемая по результатам предыдущего n -го приближения.

В том случае, когда магнитное поле описывается уравнением:

$$\operatorname{rot}(\nu \operatorname{rot}(\mathbf{A})) = \delta,$$

для итерационного решения применяется уравнение:

$$\operatorname{rot}(\nu^{(n)} \operatorname{rot}(\mathbf{A}^{(n+1)})) = \delta,$$

где $\nu^{(n)}$ - определяется по полю предыдущего n -го приближения.

Большую скорость сходимости, но меньшую устойчивость обеспечивает метод Ньютона-Каторовича, проводимый по схеме:

$$L(\mathbf{A}^{(n)}) + L'_{\mathbf{A}^{(n)}}(\mathbf{A}^{(n+1)} - \mathbf{A}^{(n)}) = 0,$$

где $L(\mathbf{A}) = \text{rot}(\nu \text{rot} \mathbf{A}) - \delta = 0$ - оператор задачи, $L'_{\mathbf{A}^{(n)}}$ - производная Фреше оператора $L(\mathbf{A})$ в точке $\mathbf{A}^{(n)}$.

Недостаток данного метода заключается в том, что итерационный процесс сходится лишь при условии «хорошего» начального приближения. Для получения такого приближения было предложено использовать итерационный процесс В. И. Кошелева:

$$\nabla^2 \mathbf{A}^{(n+1)} = \nabla^2 \mathbf{A}^{(n)} - \varepsilon L(\mathbf{A}^{(n)}),$$

где ε - некоторая положительная постоянная. Данный процесс сходится с произвольного гладкого приближения.

Приведенные методы моделирования электрических и магнитных полей имеют свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при создании систем автоматизированного проектирования.

Библиографический список

1. Корячко, В. П. Теоретические основы САПР [Текст]/ В. П. Корячко, В. М. Курейчик, И. П. Норенков//Энергоатомиздат. 1987. 400 с.
2. Анисимов, В.Ф. Моделирование процесса формирования импульсного разряда в двухэлектродном промежутке с холодным катодом методом частиц[Текст]/ Н.П. Богданова, П. В. Сенин П.В., Ю.А. Юдаев Ю.А./Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2003. Т. 67. № 9. С. 1322-1327.
3. Сенин, П.В Метод моделирования процесса возникновения импульсного разряда в смесях газов[Текст]/ Ю.А. Юдаев//Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2003. Т. 67. № 9. С. 1328-1329.
4. Арефьев, А.С. Способ увеличения плотности тока псевдоискрового разряда в приборах с холодным катодом[Текст]/ Н.П. Богданова, Ю.А. Юдаев//Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2003. Т. 67. № 9. С. 1291-1296.
5. Анисимов, В.Ф. Динамическое напряжение пробоя в неуправляемых разрядниках [Текст]/ Ю. В. Киселев, Ю.А. Юдаев//Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2003. Т. 67. № 9. С. 1302-1305.
6. Горохова, М.Н. Моделирование теплового процесса нанесения покрытий [Текст]/Ю.А. Юдаев, М.Л. Санникова, А.А. Горохов//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 90. С. 397-407.
7. Юдаев, Ю.А. Механизм пробоя газоразрядных коммутаторов тока[Текст]/Ю.А. Юдаев//Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2003. Т. 67. № 9. С. 1279-1283.
8. Арефьев, А.С. Смесь газов для наполнения газоразрядных приборов [Текст]/А.С. Арефьев, Т.Н. Москвичева, П.В. Сенин, Ю.А. Юдаев//Патент на изобретение RUS № 2146405. Заявка № 98121250/09 от 23.11.1998. Оpubл. 10.03.2000.
9. Arefjev, A.S., Modelling of vacuum breakdown formation [Текст]/A.S. Arefjev, V.A. Antoshkin, Yu.A. Yudaev//Сб: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV 19th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV). Xian, China, 2000. С. 37-38.
10. Arefjev, A.S. Advanced numerical simulation of low-pressure plasma formation in two-electrode gap with cold-cathode [Текст]/A.S. Arefjev, V.A. Antoshkin, P.V. Senin, Yu.A. Yudaev// Journal De Physique. IV : JP SccS99: The 1999 International Conference on Strongly Coupled Coulomb Systems. sponsors: European Science Foundation, CEADAM, Centre National de la Recherche Scientifique, Direction Generale de L'Armement. Saint-Malo, France, 2000.
11. Юдаев, Ю.А. Численные исследования процесса формирования разряда в управляемых газоразрядных коммутаторах тока низкого давления [Текст]/ Ю.А. Юдаев//Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2000. Т. 64. № 7. С. 1307.
12. Arefjev, A.S. Application of ionising waves for increasing of high speed of response of hydrogen filled thyatrons [Текст]/ A.S. Arefjev, B.D. Maloletkov, Y.A. Yudaev//Электронная Обработка Материалов. 1994. № 3(177). С. 50-51.
13. Arefjev, A.S. Investigation of ionization waves for new environmental application [Текст]/ A.S. Arefjev, Y.A. Yudaev//Сб: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, ISDEIV 19th International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV). Xian, China, 2000. С. 727-728.
14. Кожанова, Т.В Моделирование нагрева электрода в разряде [Текст]/ Ю.А. Юдаев, Т.В. Кожанова, М.Ю. Юдаев //Сб: Сеточные методы для краевых задач и приложения. Материалы Десятой Международной конференции. 2014. С. 678-682.
15. Модель формирования низкотемпературной плазмы в пространстве двух электродов [Текст]/ Ю.А. Юдаев//Сб: Сеточные методы для краевых задач и приложения. Материалы Десятой Международной конференции. 2014. С. 673-677.

УДК 519.688; ГРНТИ 50.41

К РАСЧЕТУ СТОИМОСТИ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫХ УСЛУГ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБЩЕДОМОВЫХ ПРИБОРОВ УЧЕТА В МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАСЧЕТНЫХ СИСТЕМАХ

М.Г. Костиков^{1*}, В.В. Миронов²

^{1,2} Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, ^{1*} m.kostikov@abonentplus.ru (* главный автор); ² mironov.v.v@rsreu.ru

Аннотация. В работе рассматриваются алгоритмы расчета стоимости услуги отопление, при использовании общедомовых приборов учета.

Ключевые слова: автоматизация расчета коммунальных услуг, общедомовые приборы учета.

PRINCIPLES OF IMPLEMENTATION OF CALCULATION COST OF COMMUNAL SERVICES WITH USING COLLECTIVE METERING DEVICES

M.G.Kostikov^{1*}, V.V. Mironov²

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, ^{1*} m.kostikov@abonentplus.ru (*correspondence author); ² mironov.v.v@rsreu.ru

Annotation. The paper considers algorithms for calculating the cost of heating services, using common metering devices.

Keywords: automation of calculation cost of communal services, collective metering devices.

Введение

После того как Жилищный кодекс определил, что общее имущество многоквартирного дома является собственностью жильцов, зона их ответственности значительно расширилась. Обязанности по содержанию и обслуживанию общедомового имущества легли на плечи владельцев квартир. Одним из таких ресурсов является тепловая энергия (отопление). Поскольку отказаться от оплаты общедомовых нужд невозможно, имеет смысл использовать при расчетах не нормативное потребление на отопление жилых и нежилых помещений, а лишь фактически полученный коммунальный ресурс.

Нормативное потребление количества тепла, измеряемое в Гкал и приходящееся на единицу площади абонента, регламентируется региональными постановлениями. В общем виде, при отсутствии общедомовых приборов учета, расчет объема и стоимости услуги определяется формулами (1) и (2) соответственно [1]:

$$V_i = S_i \times N \quad (1)$$

$$P_i = V_i \times T, \quad (2)$$

где S_i – общая площадь i -го помещения;

N – норматив потребления коммунального ресурса;

V_i – объем приходящийся на i -е помещение (абонента);

P_i – стоимость коммунальной услуги для i -го помещения (абонента);

T – стоимость единицы коммунального ресурса.

При этом N – некоторое усредненное значение величины потребления, установленное для дома соответствующего типа. Однако, учитывая факт того, что дома различных проектов и различного состояния характеризуются различными величинами тепловых потерь, для точного учета количества тепла все чаще применяются индивидуальные и общедомовые приборы учета. Под общедомовым (коллективными) прибором учета (ОДПУ) понимается техническое средство измерения, используемое для определения объемов (количества) коммунальных ресурсов, поданных в многоквартирный дом. Установка ОДПУ с точки зрения абонента имеет ряд преимуществ:

- оплата за тепло происходит не по проектным (максимальным) показателям потребления, которые могут быть существенно выше фактических;
- отсутствует оплата за ненормативные потери, которые возникают в сетях;
- дома без ОДПУ могут получать тепло с более низкой температурой, чем предусмотренная законодательством. Без счетчика эту переплату возместить сложно.

Использование общедомового прибора учета позволяет максимально точно и прозрачно определить количество тепла, приходящегося на конкретный дом. Однако, при этом собственно расчет объема и стоимости коммунальной услуги усложняется, возникает задача распределения общедомового потребления между абонентами, живущими в данном доме. При таком подходе возможны различные варианты которые нужно учитывать: ни один абонент в доме не имеет индивидуальных приборов учета (ИПУ), все абоненты имеют ИПУ или помещения оборудованы ими лишь частично. Каждый из описанных вариантов предполагает собственный алгоритм ведения расчета.

Расчет общедомового потребления

Не смотря на то, что по отоплению расчет общедомового потребления как отдельной коммунальной услуги не выполняется, Постановление Правительства, регламентирующее порядок расчета, предполагает, что стоимость коммунальной услуги отопления складывается из индивидуальной и групповой составляющей. При этом абоненту к оплате предъявляется итоговая сумма. Такой подход позволяет более точно распределить потребленные объемы между абонентами, особенно в случаях, когда в доме имеются абоненты с индивидуальным (газовым или электрическим), не централизованным отоплением. Изначально такие абоненты тепловую энергию не потребляют, так как отапливаются самостоятельно. Однако, это приводит к тому что необходимость платы за отопление общедомовых площадей приходится на абонентов с центральным отоплением. Последние изменения законодательства предусматривают возможность начисления индивидуальной и общедомовой составляющей независимо друг от друга и, таким образом, получать более точное распределение объема между всеми абонентами, независимо от типа отопления. При этом абоненты с индивидуальным отоплением оплачивают лишь общедомовую составляющую. Абоненты с центральным отоплением - индивидуальную и общедомовую составляющую, уменьшенную, с учетом потребления абонентов с индивидуальным потреблением.

Общий принцип расчета с использованием ОДПУ

Каждому абоненту соответствует набор количественных и качественных характеристик. Под количественными характеристиками абонента, понимаются характеристики, непосредственно влияющие на размер начисления [1]. Для рассматриваемого коммунального ресурса (отопления) под качественными характеристиками понимаются отапливаемые площади.

С точки зрения текущей практики наиболее распространенным случаем расчета размера платы за коммунальную услугу по отоплению, является случай, когда многоквартирный дом оборудован коллективным (общедомовым) прибором учета тепловой энергии, но при этом ни одно жилое или нежилое помещение не оборудовано индивидуальным и (или) общим (квартирным) прибором учета.

Индивидуальная составляющая потребления тепловой энергии для i - го абонента в этом случае рассчитывается по формуле (3):

$$V_i^{und} = S_i \times \frac{V^D}{S^{ob} - S^{und} + S^{ou}}, \quad (3)$$

где S^{ob} – общая площадь всех жилых и нежилых помещений;

S^{und} – общая площадь помещений с индивидуальным отоплением;

S^{ou} – общая площадь помещений, входящих в состав общего имущества;

V^D – объем потребленной за расчетный период тепловой энергии, определенный по показаниям ОДПУ.

Суммарное потребление, с учетом общедомовой составляющей определяется по формуле (4):

$$V_i = V_i^{und} + S_i \times \frac{S_i \times (V^D - \sum_{i=1}^n V_i^{und})}{S^{ob}}, \quad (4)$$

где n – количество помещений в доме.

Стоимость коммунальной услуги в денежном выражении составит (5):

$$P_i = (V_i^{und} + S_i \times \frac{S_i \times (V^D - \sum_{i=1}^n V_i^{und})}{S^{ob}}) \times T. \quad (5)$$

Такой подход позволяет вести расчет в том числе и для абонентов с индивидуальным отоплением. Составляющая V_i^{und} – в этом случае будет равна нулю, потребление состоит исключительно из общедомового.

Расчет при наличии индивидуальных приборов учета

На текущий момент общедомовыми приборами учета оборудованы порядка 10% жилого фонда, цифра постоянно увеличивается. Индивидуальные приборы учета встречаются достаточно редко, подобных абонентов на текущий момент менее 1%, однако расчет по абонентам с индивидуальными приборами принципиально отличается от приведенного выше. Случай, когда все абоненты (помещения) оборудованы ИПУ является наиболее простым. Действительно, расчет будет заключаться в суммировании индивидуального потребления, расчете дельты между суммарным индивидуальным и фактическим потреблением, в соответствии с показаниями ОДПУ, и распределении разницы пропорционально площади абонентов. Наибольший интерес представляет случай, когда часть абонентов оборудована ИПУ, а часть нет. В отличие от описанного выше подхода, где ни один абонент до распределения общедомового объема не имел собственного потребления, абоненты, оборудованные ИПУ, имеют собственное фактическое потребление $V_{i\text{ИПУ}}^{und}$, полученное в соответствии с показаниями ИПУ. Для абонентов, не имеющих ИПУ, индивидуальная составляющая рассчитывается по формуле (6):

$$V_{i\text{НОРМ}}^{und} = S_i \times \sum_{i=1}^n \frac{V_{i\text{ИПУ}}^{und}}{S_{i\text{ИПУ}}^{und}}, \quad (6)$$

где $V_i^{инд}$ – индивидуальное потребление i -го помещения, оборудованного ИПУ;

$S_i^{инд}$ – общая площадь i -го помещения, оборудованного ИПУ.

В соответствии с формулой (4) для абонента, не имеющего ИПУ, находится среднее значение количество тепла, приходящегося на квадратный метр площади, исходя из суммарного объема тепловой энергии, потребленной абонентами с ИПУ, и их суммарной площади. Данная величина имеет тот же физический смысл что и N из формулы (1), однако в данном случае она получена не из регионального постановления, а рассчитана с учетом реального потребления именно в этом доме и в этом месяце. Очевидно, что данная величина не является постоянной и может изменяться, в том числе в зависимости от температурного режима окружающей среды. Умножая рассчитанную величину на площадь i -го абонента, получаем нормативное потребление. Общедомовая составляющая рассчитывается аналогично рассмотренному выше примеру, по формуле (4).

Практическое применение

Увеличение количества домов, оборудованных общедомовыми приборами учета и использование приведенных алгоритмов расчета, позволяют более точно определять потребление коммунальных ресурсов, что содержит в себе преимущества как для абонентов, так и для ресурсоснабжающих организаций. С точки зрения абонента такая тенденция делает расчет начислений более точным и прозрачным, поскольку для расчета используются исходные данные, наиболее точно отражающие состояние каждого конкретного абонента, в том числе и его показаний индивидуальных приборов учета, а не усредненные нормативные значения, как это было ранее.

С точки зрения ресурсоснабжающих организаций уточнение расчета и приближение его к реальным затратам также способствует увеличению экономической эффективности [2].

Описанные алгоритмы реализованы в программном комплексе «Абонент+», в который в качестве математическо-статистической основы вошли работы [3 – 6] и с 2019 года используются в ряде организаций Рязанской области и Центрального Федерального округа, в том числе в г. Рязани, в МП «КВЦ» и «РМПТС».

Библиографический список

1. Аникеев С. В., Костиков М. Г., Маркин А. В. Математическая модель определения активных услуг на основе матричной алгебры // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. №54. С. 139-144.
2. Костиков М. Г. Моделирование операции расчета стоимости коммунальной услуги при использовании двухкомпонентных режимов потребления // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. №68. С. 90-97.
3. Костиков М.Г., Миронов В.В. Автоматизация проектирования нормативов потребления коммунальных услуг / Информационные технологии / Межвуз. сб. науч. трудов. – Рязань: Book Jet, 2018. С. 31 – 37.
4. Миронов В.В., Миронова К.В. Проектирование обработки корпоративных данных на основе системы бизнес-анализа QlikView /Современные технологии в науке и образовании /Сборник трудов (индексирован в РИНЦ) III межд. науч.-техн. и науч. метод. конф. – Рязань, Book Jet, 2018. Т. 5. С. 101 – 108.
5. Миронов В.В. Построение средства тестирования обучающихся на основе системы автоматизированного проектирования баз знаний /Современные технологии в науке и образовании /Сборник трудов (индексирован в РИНЦ) III межд. науч.-техн. и науч. метод. конф. – Рязань, Book Jet, 2018. Т. 4. С. 218 – 224.
6. Аникеев С.В., Миронов В.В. Методологические основы построения программного комплекса синтеза проектных решений в задачах внедрения информационных систем расчетов с населением за жилищно-коммунальные услуги /Современные технологии в науке и образовании /Сборник трудов (индексирован в РИНЦ) III межд. науч.-техн. и науч. метод. конф. – Рязань, Book Jet, 2018. Т. 4. С. 224 – 228.

УДК 004.72; ГРНТИ 50.39, 50.41

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ СЕТИ

Д.А. Перепелкин, М.А. Иванчикова

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, ivanchikova.masha@yandex.ru*

Аннотация. Предложена математическая модель и алгоритм нейросетевого прогнозирования структуры программно-конфигурируемой сети (ПКС). Для реализации алгоритма в работе проведен сравнительный анализ и экспериментальное исследование различных архитектур нейронных сетей и разработана модель, позволяющая находить оптимальный маршрут в ПКС.

Ключевые слова: программно-конфигурируемые сети, нейронные сети, прогнозирование.

NEURAL NETWORK PREDICTION OF THE STATE OF THE SOFTWARE-DEFINED NETWORK STRUCTURE

D.A. Perepelkin, M.A. Ivanchikova

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, ivanchikova.masha@yandex.ru*

The summary. A mathematical model and algorithm for neural network prediction of the state of the software-defined network (SDN) structure are proposed. To implement the algorithm comparative analysis and experimental research of different neural network architectures were carried out. Also a model that allows the highest accuracy of optimal routes search in SDN was developed.

Keywords: software-defined network, neural network, prediction.

В настоящее время наибольшую популярность в области информационных технологий и компьютерных сетей получили подходы, основанные на технологии программно-конфигурируемых сетей (ПКС). Их главной особенностью является разделение уровней передачи и управления потоками данных, а так же возможность передавать большой объем трафика между большим количеством устройств с обеспечением достаточной пропускной способности каналов связи для каждого вида трафика. Кроме того, технология ПКС обеспечивает гибкость управления потоками данных, надежность соединений, совместимость используемых сетевых решений, а так же независимость от производителя телекоммуникационного оборудования. В настоящее время в SDN исследуются различные задачи, такие как адаптивная маршрутизация, надежность передачи данных, масштабируемость и управление сетью, балансировка нагрузки и поддержка различных сетевых сервисов. Для построения структуры компьютерных сетей обычно используют классические методы адаптивной маршрутизации. Но при использовании ПКС технологий довольно сложно спрогнозировать структуру сети и получить оптимальный маршрут передачи данных по всем параметрам качества сервиса одновременно из-за высокой нагрузки на ПКС контроллер и частых обновлений информации об изменениях в сети. Кроме того, проблемой при прогнозировании структуры обычно становится размер ПКС с ее разнообразием типов сетевых соединений, которые могут изменяться при переходе от узла к узлу. Поэтому актуальной является задача разработки алгоритмических и программных решений, позволяющих быстро построить оптимальный маршрут и предсказать состояние структуры ПКС любого масштаба при динамическом изменении ее параметров. Одним из подходов к решению поставленной задачи является использование искусственных нейронных сетей, что в ряде случаев позволяет решать оптимизационные задачи комбинаторной сложности. Данная работа развивает научные подходы, предложенные в работах [1, 2].

Представим ПКС в виде неориентированного взвешенного связного мультиграфа $\text{Network} = (\text{Switches}, \text{Links}, \text{Weights})$, где **Switches** – множество вершин (коммутаторов), $|\text{Switches}| = N$, **Links** – множество ребер (каналов или линий связи), $|\text{Links}| = M$,

Weights – множество весов ребер (значения сетевых характеристик каналов связи). Для решения задачи была выбрана ПКС, представленная на рисунке 1.

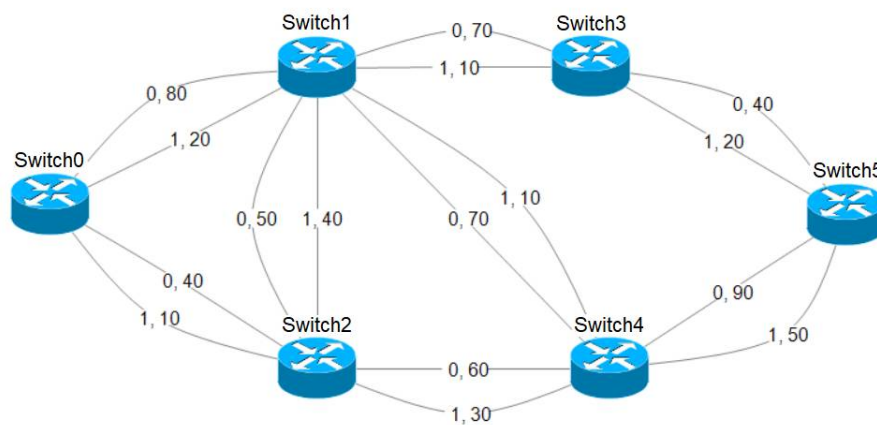


Рис. 1. Граф ПКС

Для обучения нейронной сети был взят ряд зависимости состояний сети от динамических изменений сетевых параметров. Поиск оптимальных маршрутов в динамически меняющейся структуре ПКС и формирование обучающей выборки были реализованы с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры и алгоритма быстрой перемаршрутизации трафика. В обучающей выборке входными признаками являлись значения весов каналов связи и параметров ПКС, которые были сгенерированы случайным образом. Выходным признаком являлось значение y_{ij} равное 1, если дуга используется в формировании нового оптимального маршрута, и 0 в противном случае. Таким образом, было сформировано 1000 обучающих примеров, в рамках которых была выделена обучающая выборка (80%) и валидационная выборка (20%).

Для реализации алгоритма прогнозирования структуры ПКС проводилось исследование различных нейросетевых архитектур: полносвязная сеть прямого распространения (многослойный перцептрон), рекуррентные сети (SimpleRNN, LSTM, GRU), RBF сеть (сеть радиальных базисных функций). При построении полносвязных сетей использовались входной слой с количеством нейронов равным количеству каналов связи и характеризующих их сетевых параметров, 3-4 скрытых слоя – от 200 до 10 нейронов, Dropout слой с параметром 0,1-0,5, выходной слой из 8 нейронов. Данные нейронные сети были реализованы в Jupyter Notebook на языке Python с помощью модулей Tensorflow и Keras. В таблице 1 представлены результаты исследований различных архитектур нейронных сетей.

Наилучший результат качества прогнозирования состояния структуры ПКС показала рекуррентная LSTM (Long Short Term Memory) сеть с 11 нейронами в каждом слое. Точность прогнозирования составила 93,64% на обучающей выборке и 90,58% на тестовой. Архитектура данной сети представлена на рисунке 2. Особенностью данной модели является наличие обратных связей и возможность сохранять информацию. Кроме того использовалась двунаправленная организация сети, а следовательно, сеть имеет большую емкость «памяти» для запоминания образов в своей структуре.

Таблица 1. Сравнительный анализ архитектур нейронных сетей

| | | Точность на обучающей выборке, % | Точность на тестовой выборке, % |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | LSTM (11) | 93,64 | 90,58 |
| 2 | GRU(8) | 91,56 | 89,45 |
| 3 | Sequential 200-0,2-100-0,1-50-0,1-8 | 90,88 | 89,42 |
| 4 | SimpleRNN(8) | 89,87 | 85,13 |
| 5 | Sequential 100-0,1-50-0,1-8 | 88,52 | 86,76 |
| 6 | Sequential 50-0,1-20-0,1-8 | 82,11 | 77,25 |
| 7 | RBF(20, 0,3) | 80,98 | 76,2 |
| 8 | Sequential 10-0,5-10-0,5-8 | 80,33 | 76,34 |

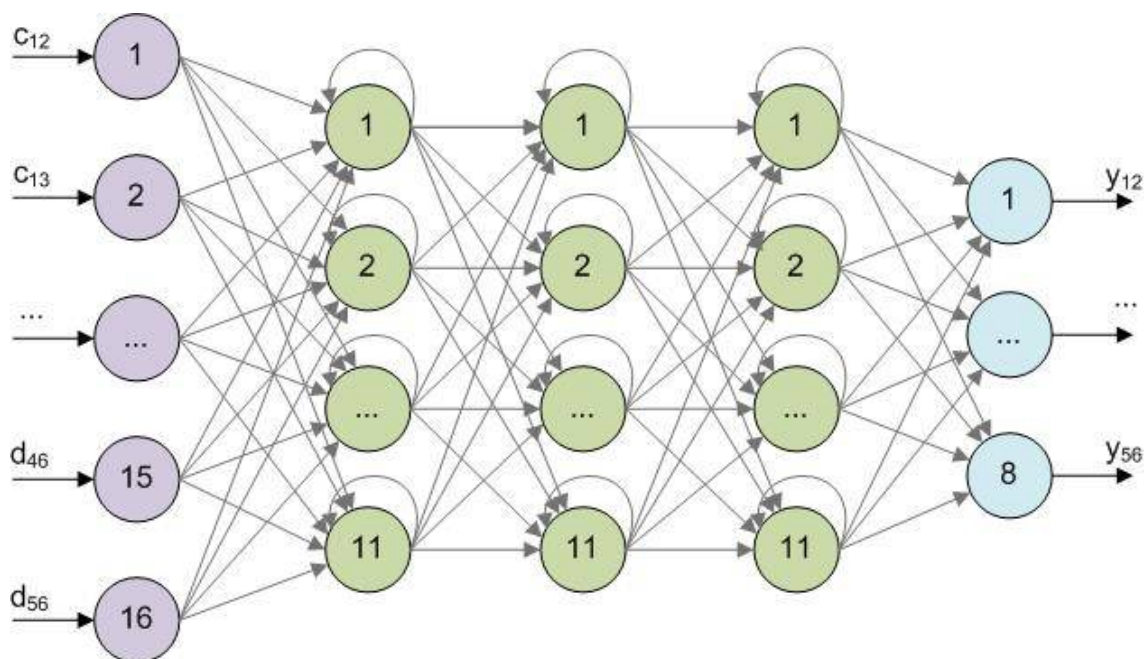


Рис. 2. Архитектура нейронной сети

Для оценки качества прогнозирования структуры ПКС проведены эксперименты с использованием дополнительных значений параметров ПКС, полученных случайным образом. Точность распознавания примеров из обучающего и тестового набора данных составила 91,23% и 89,37% соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-1826.2019.9

Библиографический список

1. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм адаптивной маршрутизации в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2013. – № 2 (44). – С. 52-56.
2. Корячко В. П., Перепелкин Д. А., Иванчикова М. А. Разработка и исследование алгоритма быстрой перемаршрутизации трафика между центрами обработки данных // Радиотехника. – 2016. – № 8. – С. 133-139.

УДК 004.72; ГРНТИ 50.39

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ

Д.А. Перепелкин, И.Ю. Цыганов

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, dmitryperpelkin@mail.ru*

Аннотация. В работе предложен веб-сервис, выполняющий сегментацию и слайсинг программно-конфигурируемых сетей (ПКС) и предоставляющий открытые программные интерфейсы, позволяющие сетевым приложениям использовать полученные сегменты и слайсы в качестве ресурсов согласно архитектурному стилю REST.

Ключевые слова: сегментирование, сетевой слайсинг, программно-конфигурируемые сети, REST API, веб-сервис.

DEVELOPMENT OF SEGMENTATION WEB-SERVICE OF SOFTWARE-DEFINED NETWORKS

D.A. Perepelkin, I.Yu. Tsyganov

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, dmitryperpelkin@mail.ru*

The summary. We propose a web service that performs segmentation and slicing of software-defined networks (SDN) and provides application programming interfaces (API) that allow network applications to use the segments and slices as resources according to the REST architectural style.

Keywords: segmentation, network slicing, software defined networks, REST API, web-service.

Программно-конфигурируемые сети (ПКС) являются той технологией, которая в перспективе может стать ключевой для следующего шага в эволюции облачных вычислений. В данный момент в сфере облачных вычислений есть две важные задачи, требующие решения в ближайшем будущем: растущий спрос на большие величины пропускной способности сети и быстрое развертывание новых сервисов по запросу клиентов [1]. Возникновение таких задач связано с основными трендами в области информационных технологий: бурный рост числа персональных мобильных устройств и облачных приложений. Решению поставленных задач препятствует инфраструктура современных сетей, обеспечивающая реализацию облака: для обеспечения минимальной задержки передачи данных требуется увеличивать количество центров обработки данных и размещать их как можно ближе к потребителям сетевых услуг. Ключевая проблема здесь заключается в том, что используемые в настоящее время сети не проектировались для поддержки скорости в облаке – их довольно сложно разворачивать и масштабировать. Технология ПКС дает возможность увеличить скорость доставки информации и уменьшить затраты на обслуживание и поддержку. Принципы управления ПКС кардинально отличаются от принципов управления традиционными сетями. Архитектура ПКС позволяет более эффективно и всесторонне конфигурировать аппаратное обеспечение с помощью программного обеспечения. Обеспечивается тот уровень гибкости и масштабируемости, который необходим для следующего шага в эволюции облачных вычислений.

Для повышения эффективности управления ресурсами ПКС был разработан веб-сервис, предоставляющий услуги по сегментированию сети прикладным приложениям и другим сервисам. Сервис разработан на языке программирования Go 1.13 с использованием платформы Gin для реализации REST API. Сервис в своей работе использует данные о структуре ПКС, которые получает с помощью программных интерфейсов слоя управления ПКС. Слой управления составляют ПКС-контроллеры – приложения, обменивающиеся сообщениями с сетевыми коммутаторами по протоколу OpenFlow. Средства взаимодействия аппаратной части сети с уровнем управления образуют абстрактный слой, названный «южным интерфейсом». Средства взаимодействия внешних приложений с уровнем управления обра-

зуют «северный интерфейс». Большинство контроллеров с открытым исходным кодом реализуют северный интерфейс с помощью REST API на основе протокола HTTP. На рисунке 1 показана упрощенная архитектура ПКС и положение разработанного сервиса в этой архитектуре.

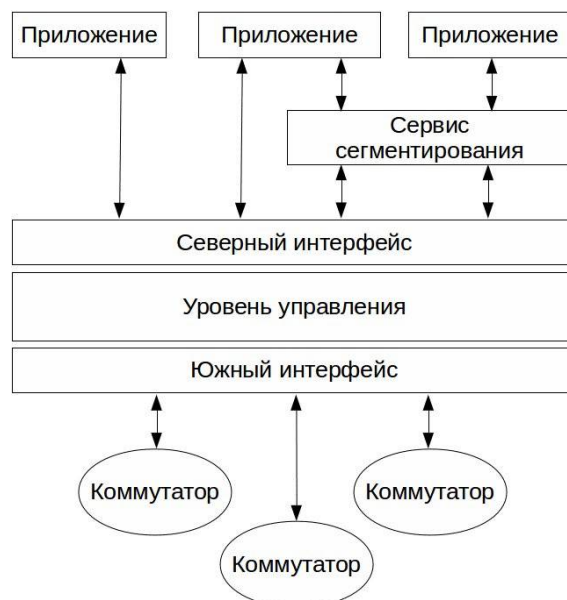


Рис. 1. Разработанный сервис в архитектуре ПКС

С целью выполнения сегментирования ПКС представляется в виде графа. Далее решается задача декомпозиции графа. Кодовая база сервиса содержит специально разработанную библиотеку алгоритмов на графе. Данная библиотека является алгоритмическим ядром сервиса и содержит модель графа и реализацию алгоритмов декомпозиции графа. На рисунке 2 представлена диаграмма классов базовых элементов модели графа в библиотеке. Библиотека реализует алгоритм рекурсивного деления пополам, алгоритм Гирвана-Ньюмана выделения сообществ в сети, алгоритм получения оптимальных структур ПКС на основе данных о базовой сети и метриках каналов связи [2], а также вспомогательные алгоритмы: алгоритм поиска в ширину, алгоритм Прима, алгоритм определения диаметра графа. Задачу формирования слайсов решает специальный модуль, работающий с высокоуровневыми сущностями из предметной области ПКС.

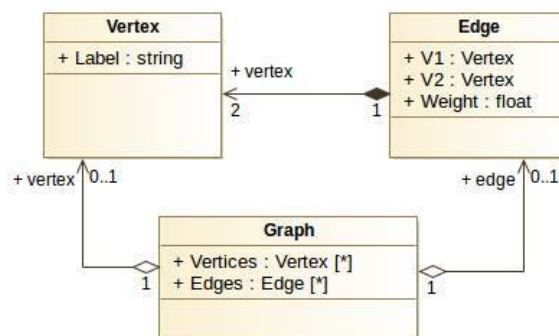


Рис. 2. Диаграмма классов элементов модели графа из библиотеки алгоритмов

Архитектура сервиса включает три основных слоя: слой HTTP-обработчиков, слой прикладных служб, слой предметной области, который состоит из моделей предметной об-

ласти и служб предметной области. На рисунке 3 показана UML диаграмма последовательности выполнения процедур обработки запроса на формирование сегментов. На диаграмме приведены основные участники последовательности вызовов:

- 1) клиент API инициирует работу сервиса;
- 2) обработчик запросов на формирование сегментов конвертирует параметры запроса в программные типы и делегирует дальнейшее выполнение службе предметной области;
- 3) служба предметной области получает графовую модель сети и обращается к библиотеке алгоритмов для запуска алгоритма сегментирования;
- 4) служба предметной области записывает результаты сегментирования в кеш статистических данных.

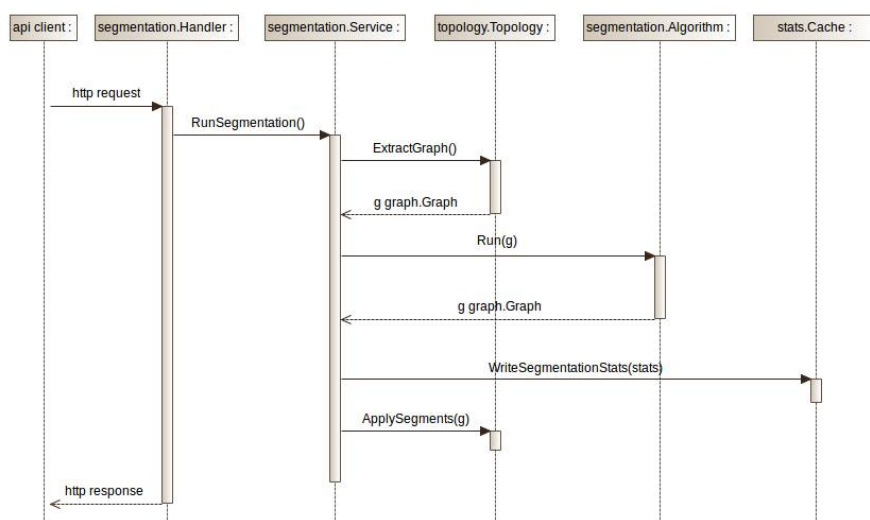


Рис. 3. Диаграмма последовательности вызова алгоритма сегментирования ПКС

Для доступа внешних служб разработан программный интерфейс в архитектурном стиле REST. В соответствии с данным стилем, сервис предоставляет внешним службам такие ресурсы как топологию ПКС, сегменты, слайсы, каналы связи, коммутаторы и конечные устройства. Сегменты и слайсы относятся к редактируемым и удаляемым ресурсам; информация о топологии, коммутаторах и конечных устройствах выдается только для чтения, данные о каналах связях можно считывать и редактировать. Структура маршрута к API имеет вид:

- POST /< название алгоритма >/segments – запрос на создание сегментов по заданному алгоритму;
- GET /< название алгоритма >/segments/stats – запрос на получение статистики;
- GET /topology – запрос на получение топологии;
- POST /topology/link – запрос на редактирование параметров канала связи;

Разработанный сервис имеет модульную структуру, расширяемую путем добавления новых алгоритмов сегментации и формирования срезов сети.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых – докторов наук МД-1826.2019.9 и гранта РФФИ, проект № 19-37-90100.

Библиографический список

1. Jason Edelman, Scott S. Lowe, and Matt Oswalt. 2018. Network Programmability and Automation: Skills for the Next-Generation Network Engineer (1st. ed.). O'Reilly Media, Inc.
2. D. Perepelkin and I. Tsyganov, "Development and Implementation of Enhanced Segmentation Algorithm in Software Defined Networks," 2019 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, 2019, pp. 1-6.

УДК 004.4; ГРНТИ 50.49.37

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВОЙ АВИАКОМПАНИЕЙ

Д.А. Скурлов

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Россия, Рязань, d.skurov@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются современные методологии разработки программного обеспечения. Производится анализ достоинств и недостатков приведённых методологий и выбор наиболее подходящей для разработки программных модулей информационной системы управления грузовой авиакомпанией.

Ключевые слова: методологии разработки, информационные системы, грузовая авиакомпания, Agile, Waterfall, RUP.

ANALYSIS OF MODERN METHODOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF SOFTWARE PROGRAMS AND THEIR APPLICATION IN THE INFORMATION SYSTEM OF CARGO AIRLINE MANAGEMENT

D.A. Skurov

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, d.skurov@yandex.ru*

The summary. The article discusses modern methodologies of software development. The advantages and disadvantages of the above methodologies are analyzed and the most suitable for the development of software modules information management system of a cargo airline is selected.

Keywords: development methodologies, information system, cargo airline, Agile, Waterfall, RUP.

Разработка программного обеспечения является трудоёмким и материально затратным процессом, поэтому важным фактором на этапе формирования будущего продукта считается выбор эффективных подходов разработки ПО. По мере развития систем программирования и программного обеспечения в целом, сложились «лучшие практики» разработки ПО – методологии разработки. Методология разработки — это система принципов, а также совокупность идей, понятий, методов, способов и средств, определяющих стиль разработки программного обеспечения. В данной статье рассмотрим перспективные методологии разработки и на примере программных модулей ИС рассмотрим их применение.

Обзор современных методологий разработки ПО

Среди всего множества подходов рассмотрим 6 перспективных методологий:

1. Waterfall — традиционный подход, методология по ГОСТ;
2. RUP — хорошо структурированное описание процесса разработки ПО;
3. Agile — общая методология гибкой разработки;
4. JAD — подход, ориентированный на пользователя;
5. Scrum — подход разработки ПО, основанный на небольших временных итерациях;
6. XP (Extreme Programming) — экстремальная разработка в динамической среде;

Далее кратко рассмотрим каждую методологию и выделим их основные достоинства и недостатки.

Методология по ГОСТ (Waterfall)

Методология Waterfall относится к классическому пониманию разработки ПО. В его основе лежит логическая последовательность шагов, которые должны быть предприняты на протяжении жизненного цикла разработки ПО. Каждый этап согласовывается компетентны-

ми сотрудниками, документируется и передаётся дальше. Хотя популярность модели Водопада за последние годы ослабела, природа последовательного процесса, используемого в методе водопада, интуитивно ближе разработчикам, и потому доминирует в ИТ. Основными недостатком являются невозможность динамически влиять на изменения в проекте и проведения тестирования только в конце разработки.

Rational Unified Process (RUP)

RUP — это итеративный подход, который решает проблемы, который лишён многих проблем классического подхода. RUP обладает следующими основными достоинствами:

- Учитывает динамически изменяющиеся требования. На начальных этапах сложно учесть всё, данный подход устраняет эту проблему;
- Интеграция функций происходит постепенно, то есть каждый модуль проходит цикл разработки, проверки и внедрения в проект;
- Повторное использование. При наращивании функциональности проще использовать отработанные решения, которые сократят разработку.
- Постоянное улучшение продукта. Итерации позволяют оценить проект не только с точки зрения соответствия плану и ТЗ, но и найти пути увеличения эффективности и качества продукта.

Для данной методологии можно выделить следующие недостатки:

- Сложность внедрения RUP из-за большого количества инструментов и методов разработки;
- Экономически не выгодно использовать для небольших проектов;
- Значительный расход средств на обучение сотрудников.

Гибкие методологии разработки (Agile)

Agile – это не конкретная методология, а группа методологий, основанная на следующих принципах:

1. Фокусирование команды на нуждах и целях клиентов;
2. Упрощенная оргструктура и процессы;
3. Предполагают работу несколькими короткими циклами;
4. Активное использование обратной связи с заказчиком;
5. Предполагают повышение полномочий сотрудников;
6. Имеют в своей основе гуманистический подход;
7. Работающее программное обеспечение важнее, чем документация.

Для данной методологии можно выделить следующие недостатки:

- Трудно сформировать бюджет проекта, по скольку требования к проекту постоянно меняются;
- Новые изменения могут вступать в противоречие с выбранной архитектурой;
- Чувство бесконечной разработки итогового продукта.

Joint Application Development (JAD)

JAD – это процесс, первоначально разработанный для разработки компьютерных систем компанией IBM. **JAD-процесс** объединяет конечных пользователей и ИТ-специалистов в специальных семинарах. Одно из преимуществ **JAD** - резкое сокращение времени, необходимого для завершения проекта. **JAD** также улучшает качество конечного продукта, сосредоточив внимание на начальной части жизненного цикла разработки, что снижает вероятность возникновения ошибок, исправление которых дорого обходится в будущем.

Не очень популярная методология, которая, однако, заслуживает внимания.

Методология Scrum

Scrum — гибкий метод управления проектами, целью которого является повышение производительности труда в командах. Как правило команды небольшие, они работают быстрее и эффективнее. Сотрудники сами несут ответственность за работу. Главное – свобода и самоорганизация. Выбирается «скрам-мастер»: человек, который будет направлять и следить за всем процессом.

Вся работа должна быть открытой, даже финансовые вопросы должны быть понятны и доступны для любого сотрудника.

Не нужно подробно прописывать все этапы проекта на год или на два вперед. Лучше выбрать несколько путей развития, это будут стратегические цели. Составляется список всех требований к продукту, который называется «бэклог». Его можно изменять и совершенствовать в процессе.

Вся работа делится на части. Задачи стоит выполнять циклами – спринтами. Их длительность от одной до четырех недель. В каждом таком цикле есть спринт бэклог (sprint backlog) – список задач, которые нужно сделать за этот срок. Смысл в том, что команды должны сами принимать решение, к какой задаче приступить и что войдет в список.

Методология XP

Экстремальное программирование — возможность вести разработку в условиях постоянно меняющихся требований. Вот несколько основных признаков:

- Простота решений (simplicity).
- Интенсивная разработка малыми группами (не больше 10 человек), активное общение в группе и между группами (communication).
- Обратная связь с клиентом (feedback), который фактически вовлечен в процесс разработки.
- Достаточная степень смелости (courage) и желание идти на риск.

Постановка задачи

Крупная грузовая авиакомпания по предоставлению услуг транспортирования различных грузов, имеет развитую сеть филиалов по всей стране. В настоящий момент компания обслуживает только юридических /физических лиц, находящихся на территории РФ. Для расширения своих возможностей, авиакомпания хочет ввести новую услугу — перевозка грузов иностранным фирмам. Ранее такого опыта работы с клиентами у компании не было.

Необходимо разработать систему, которая будет обеспечивать поддержку процесса перевозок грузов за границу (работа с авианакладными международного стандарта и работы с иностранными заказчиками), а также обеспечение взаимодействия со складами для временного хранения грузов.

Применение выбранных методологий при разработке модулей ИС

Выделим основные модули системы и подберем методологию для каждого модуля. Рассмотрим применение только 3 наиболее показательных методологий: Waterfall, RUP и Agile.

1. Модуль обработки авианакладных

Наиболее важным для заказчика является разработка модуля обработки авианакладных. Данный модуль должен обеспечивать создание, редактирование, просмотр, удаление и другие манипуляции над авианакладными. Должно быть обеспечено разграничение доступа к данной информации: администратор имеет полный доступ к данным, по которым составляется конкретная накладная, оператор занимается

непосредственным формированием накладной и не может изменять данные в ней. Заказчику должна предоставляться каждая новая тестовая версия, срок разработки – не более года.

Исходя из вышеперечисленных критериев (таблица 1), для разработки модуля обработки авианакладных более всего подходит методология RUP.

Таблица 1. Выбор методологии для модуля обработки авианакладных

| Критерий | Пример | Waterfall | RUP | Agile |
|---|---|-----------|-----|-------|
| Масштабы системы | Требуется полная координация проекта, выделение ресурсов на длительный срок | - | + | + |
| Срок проекта | Длительный | - | + | + |
| Полнота и определённость требований к системе в начале проектирования | Полностью определены | + | + | + |
| Вероятность изменения требований к проекту и технологии работ | Есть вероятность изменения требований | - | + | + |
| Необходимость промежуточных рабочих версий продукта | Нужны тестовые версии | - | + | + |
| Необходимость сопровождения системы | Не требуется, необходима документация | + | -+ | - |
| Дополнительные требования | Предоставляется консультант от предприятия | - | + | + |

2. Модуль обработки информации со складов

При отправке грузов за границу, возникает проблема их временного хранения до отправки. Чтобы обеспечить взаимодействие системы с БД складов, на которых будут храниться грузы, должен быть разработан соответствующий модуль. Система автоматически распределяет, на какой склад будет отправлен добавленный груз. Распределение выполняет в соответствии с нормами безопасности при хранении грузов. Никакой дополнительной технической документации на модуль не предоставляется.

Исходя из вышеперечисленных критериев, для разработки модуля обработки информации со складов более всего подходит методология **Waterfall**.

Таблица 2. Выбор методологии для модуля обработки информации со складов

| Критерий | Пример | Waterfall | RUP | Agile |
|---|---|-----------|-----|-------|
| Масштабы системы | Небольшие, требуют незначительное количество ресурсов | + | - | - |
| Срок проекта | Достаточно короткий | + | - | - |
| Полнота и определённость требований к системе в начале проектирования | Чётко определены | + | + | + |
| Вероятность изменения требований к проекту и технологии работ | Изменяться не будут | + | - | - |
| Необходимость промежуточных рабочих версий продукта | Тестовые версии не требуются | + | - | - |

| | | | | |
|-------------------------------------|--|---|----|---|
| Необходимость сопровождения системы | Не требуется, передача сразу заказчику | - | -+ | + |
| Дополнительные требования | – | | | |

3. Модуль составления отчётов

Для обеспечения хранения и анализа авианакладных, по которым уже были совершены рейсы, необходимо создать модуль составления отчётов. Отчёты позволяют провести аналитику, куда чаще совершаются рейсы, какие грузы наиболее востребованные и так далее. Доступ к этому модулю системы должен иметь только сотрудник аналитического отдела. Срок разработки модуля около 3 месяцев. Должна предоставляться документация по работе с отчётами в рамках данной системы.

Таблица 3. Выбор методологии для модуля составления отчётов

| Критерий | Пример | Waterfall | RUP | Agile |
|---|---|-----------|-----|-------|
| Масштабы системы | Небольшие, требуют незначительное количество ресурсов | + | - | - |
| Срок проекта | Достаточно короткий | + | - | - |
| Полнота и определённость требований к системе в начале проектирования | Чётко определены | + | + | + |
| Вероятность изменения требований к проекту и технологии работ | Изменяться не будут | + | - | - |
| Необходимость промежуточных рабочих версий продукта | Тестовые версии не требуются | + | - | - |
| Необходимость сопровождения системы | Не требуется, необходима документация | + | + | - |
| Дополнительные требования | – | - | +- | + |

Исходя из вышеперечисленных критериев, для разработки модуля составления отчётов более всего подходит **методология Waterfall**.

Вывод

Проанализировав выбранные методологии можно сделать вывод, что для описанной задачи подходит классический подход. В целом знание и понимание современных методологий позволяет снизить риски при разработке программного обеспечения, повысить его качество и добиться максимально коротких сроков.

Библиографический список

1. Andrew Stellman Jennifer Greene, Learning Agile / Reilly Media. – 2014. – 419 с.
2. Филипп Крачтен. Введение в Rational Unified Process / Вильямс, 2002. – 240 с.
3. Бубнов И. Методологии разработки: Waterfall. Интернет-портал. – URL: <https://geekbrains.ru/posts/waterfall> (дата обращения: 18.02.2020).

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ТРАНСВЕРСАЛЕЙ

М.А. Бакулева¹, К. Шульгин²

Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, Российская Федерация, Рязань, ¹marina.bakuleva@gmail.com, ²kirill.schulgin2016@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются задача автоматизации процесса составления расписания с учетом конфликта таких управляющих параметров, как наличие свободных аудиторий, аудиторное время преподавателя и студенчески групп. В статье приводится математическая модель, формализующая основные объекты в данной области исследования, а также отображающая процессы и логику взаимодействия данных объектов. В качестве математического аппарата предложен аппарат теории множеств, в частности, для описания целевого объекта (итогового расписания) используется система различных представителей (трансверсаль), что позволяет исключить конфликтные ситуации при составлении расписаний.

Ключевые слова: автоматизация составления расписаний, система различных представителей (трансверсали), теорема Холла, конфликтующие управляющие параметры, теория множеств, многомерные трансверсали.

THE MATHEMATICAL MODEL OF AUTOMATION OF THE SCHEDULING PROCESS BASED ON THE THEORY OF TRANSVERSALS

M.A. Bakuleva¹, K. Shulgin²

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Russia, Ryazan, ¹marina.bakuleva@gmail.com, ²kirill.schulgin2016@yandex.ru

The summary. The paper considers the task of automating the scheduling process, taking into account the conflict of such control parameters as the presence of free classrooms, the classroom time of the teacher and student groups. The article provides a mathematical model that formalizes the main objects in this field of research, as well as displays the processes and logic of interaction of these objects. A set theory apparatus is proposed as a mathematical apparatus, in particular, a system of various representatives (transversal) is used to describe the target object (final schedule), which eliminates conflict situations when scheduling.

Keywords: automation of scheduling, a system of different representatives (transversals), Hall theorem, conflicting control parameters, set theory, multidimensional transversals.

Постановка задачи

Автоматизация процесса составления расписаний при большой вероятности возникновения конфликтов ресурсов (пересечения во времени и пространстве) является актуальной задачей, имеющей большое практическое значение в различных прикладных областях. Существуют различные подходы к решению этой задачи [1]. Рассмотрим задачу с точки зрения теории множеств. В качестве математического аппарата описания процесса построения целевого объекта (расписания) используется система различных представителей (трансверсаль) [2], что позволяет промоделировать и далее исключить конфликтные ситуации при составлении расписаний.

Таким образом, общая постановка задачи автоматизации процесса составления расписаний в иллюстративной предметной области «Учебное заведение» может быть описана следующими шагами:

1. Описание множества временных параметров (дискретные моменты времени, инициирующие переходы из аудиторий);
2. Описание множества аудиторий;
3. Описание множества преподавателей;
4. Описание множества учебных групп;
5. Описание процедур взаимодействия между описанными множествами (например, с использованием аппарата теории графов) [3];

6. Составление системы различных представителей (трансверселей) для математического отображения переходов в модели п.5;
7. Автоматизация процесса, формализованного в п.6.

Трансверсаль. Необходимое условие

Трансверсаль (система различных представителей) задается следующим образом:

пусть S - конечное множество из m элементов, $|S| = m$; $P = (S_1, S_2, \dots, S_m)$ - множество всех его подмножеств, причем множества могут пересекаться или даже совпадать. Тогда трансверсалью (или системой различных представителей) для совокупности множеств P называют множество такое, что для каждого числа i элемент t_i принадлежит множеству S_i , при этом при различных i и j элементы t_i и t_j также различны. Иначе говоря, трансверсаль состоит из m различных представителей m множеств.

Если множество появляется несколько раз, то всякий раз оно должно иметь представителя, отличного от всех других.

Следует отметить, что трансверсаль существует не для всех совокупностей множеств. Необходимое условие существования трансверсали доказал математик Филип Холл в теореме о свадьбах в 1935 году. Рассмотрим пример:

Пусть есть пять множеств:

$$S_1 = \{3, 4, 5\}$$

$$S_2 = \{3, 4, 6\}$$

$$S_3 = \{3, 4, 8\}$$

$$S_4 = \{5, 6, 7, 8\}$$

$$S_5 = \{5, 6, 7, 8\}$$

Выбрать различных представителей множеств в этом случае не составит труда. Одним из вариантов может быть: $S_1=3, S_2=4, S_3=8, S_4=5, S_5=6$. Но если же взять множества: $S_1 = \{8, 9\}, S_2 = \{8, 9\}, S_3 = \{8, 9\}, S_4 = \{5, 6, 7, 8\}, S_5 = \{5, 6, 7, 8\}$, то окажется, что построить трансверсаль невозможно, так как нельзя выбрать трех разных представителей множеств S_1, S_2, S_3 , которые содержат всего два различных числа.

Согласно теореме Холла необходимо условие звучит следующим образом:

Подмножества S_1, S_2, \dots, S_n имеют трансверсаль тогда и только тогда, когда выполняется условие: среди элементов любого конечного числа k множеств S_i имеется по меньшей мере k различных элементов; иными словами множество $S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_k$ состоит не менее чем из k элементов для всех $k = 1, 2, \dots, n$.

Таким образом, для решения задачи автоматизации процесса составления расписаний обязательным является выполнение условий существования трансверсали (согласно теореме Холла). Таким образом, минимальный размер множеств (m), описанных на этапе постановки задачи (п.1-4) должен быть $m \geq 4$.

Математическая модель построения системы различных представителей

Пусть задано n множеств и выполнено условие существования (теорема Холла). Разработанный алгоритм призван найти для них систему различных представителей или обнаружить тот факт, что в данных условиях этой системы не существует.

Для каждого из множеств S выберем произвольный элемент a , так что

$$a_1 \in S_1, a_2 \in S_2, \dots, a_i \in S_i,$$

который будет являться представителем данного множества. При этом каждый выбранный элемент должен быть отличен от другого элемента. Если данное условие выполняется вплоть до множества S_n , то трансверсаль считается построенной.

При достижении некоторого множества S_r , такого, что все элементы данного множества $S_r = \{b_1, b_2, \dots, b_t\}$ вплоть до b_t использованы другими множествами, необходимо убедиться, что система различных представителей не существует. Для этого строятся вспомогательные множества T_0, T_1, \dots, T_k . Зафиксируем порядок нумерации элементов множества S_r :

$$S_r = \{b_1, b_2, \dots, b_t\} \in \{a_1, a_2, \dots, a_{r-1}\}.$$

Множество T_0 определим как множество, состоящее из элементов множества S_r с фиксированным выше порядком нумерации элементов:

$$T_0 = \{b_1, b_2, \dots, b_t\}.$$

Двигаясь по списку элементов множества T_0 и последовательно, построим вспомогательные множества T_1, T_2, \dots , до тех пор, пока не обнаружим элемент, который не использован ранее в качестве представителя, или пока не закончатся множества. Символом $S(b_i)$ обозначим множество, представителем которого является элемент b_i .

Рассмотрим, как будут формироваться множества с T_1 по T_i . Пусть множество T_1 состоит из элементов множества, где представителем является b_1 , за исключением b_1 и элементов использованных как представители.

$$T_1 = S(b_1) \setminus T_0.$$

Модифицируем множество T_0 , приписав к нему элементы множества T_1 , которые обозначим как b_{t+1}, \dots, b_s

$$T_0 \times T_1 = \{b_1, \dots, b_t, b_{t+1}, \dots, b_s\}$$

Далее, если i -ый элемент b_i - представитель множества $S_j = S(b_i)$, то строится множество T_i , которое будет состоять из элементов S_j , которые еще не использованы.

$$T_i = S(b_i) \setminus T_0; T_0 = T_0 \cdot T_i$$

Данные построения выполняются до тех пор, пока:

1. Достигнут элемент такой, что $b_i \in S_j$ ($i > t, j < r$). Таким образом, возникает последовательность $b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{im}$, индексы которой убывают ($i_m \leq t$). В данной последовательности каждый ее член входит во множество, представителем которого является следующий член. Но теперь мы можем заменить представителей: b_{i1} будет представителем S_{j1} , b_{i2} будет представителем S_{j2} , \dots , b_{im-1} будет представителем S_{jm-1} . Тогда элемент b_{im} может быть использован в качестве представителя множества S_r .

Теперь можно найти представителя S_{r+1} и так далее.

2. Последовательность T_0 исчерпывается элементами b_1, \dots, b_s как представителями множеств. Следовательно, построение трансверсали невозможно.

Алгоритм автоматизации процесса составления расписаний

Шаг 1. Задание множества временных параметров $\tau_i, \overline{i=1, r}$;

Шаг 2. Задание множества аудиторий $\alpha_j, \overline{j=1, w}$;

Шаг 3. Задание множества преподавателей $\beta_u, \overline{u=1, e}$;

Шаг 4. Задание множества учебных групп $\gamma_g, \overline{g=1, h}$;

Шаг 5. Проверка достаточности существования трансверсалей $r \wedge w \wedge e \wedge h \geq 4$

Шаг 6. На основе описанной выше математической модели формируются трансверсали. Очевидно, что предельное количество систем различных представителей определяется как $\max(|\gamma| \vee |\tau| \vee |\alpha| \vee |\beta|)$;

Шаг 7. Отображения переходов в расписании. То есть описание регламента взаимодействия выявленных систем различных представителей (трансверселей)

Заключение

Предложенная математическая модель построения системы различных представителей позволяет автоматизировать процесс составления расписания. Также предложенная модель позволяет проверить выполнение необходимых и достаточных условий, что позволяет исключить конфликты при ограниченных ресурсах [4-5].

Библиографический список

1. Дискретный анализ часть 1. Журавлев Ю.И., Флеров Ю.А. МФТИ, 1999.
2. Комбинаторика Холл М. Мир. Москва, 1970.
3. Бакулев А.В., Бакулева М.А., Авилкина С.В. Новые информационные технологии в формировании единого информационного пространства при изучении теории графов // Научно-практический журнал: Экономика, статистика и информатика, Вестник УМО. 2013. №4, С. 3-6.
4. AleksandrBakulev, MarinaBakuleva, SergeiSkvortsov, MaksimKozlov, TatianaPyurova ,VladimirHrukin. Modern approaches to the development parallel programs for modern multicore processors.. Proceedings of 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Bar, Montenegro, 2017, pp.38-4.
5. Bakulev A.V., Bakuleva M.A., Avilkina S.B. Mathematical methods and algorithms of mobile parallel computing on the base of multi-core processors // European researcher. 2012. V. 33. № 11-1. P. 1826-1834.

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ»

УДК 004.056.5; ГРНТИ 81.93.29

ПОДХОДЫ К ОЦЕНИВАНИЮ КАЧЕСТВА ШУМА ГЕНЕРАТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАШУМЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА СЛУЧАЙНОСТЬ

А.Б. Батыргалиев*, А.Г. Смадиева**

*Satpayev University,

Республика Казахстан, Алматы, askhat.b.b@gmail.com,

**Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

Республика Казахстан, Алматы, asmadiyeva@list.ru

Аннотация. В работе рассматриваются подходы к определению длины, достаточной для оценивания качества шума генераторов пространственного электромагнитного зашумления с применением статистических методов на случайность.

Ключевые слова: генератор пространственного зашумления, побочные электромагнитные излучения, средство активной защиты, качество шума, статистические методы оценки.

APPROACHES TO EVALUATING THE QUALITY OF NOISE OF SPATIAL ELECTROMAGNETIC NOISE GENERATORS WITH APPLICATION OF STATISTICAL METHODS FOR RANDOMITY

A.B. Batyrgaliyev*, A.G. Smadiyeva**

*Satpayev University,

Republic of Kazakhstan, Almaty, askhat.b.b@gmail.com,

**al-Farabi Kazakh National university,

Republic of Kazakhstan, Almaty, asmadiyeva@list.ru

The summary. The paper discusses approaches to assessing the noise quality of spatial electromagnetic noise generators with application of statistical methods for randomness.

Keywords: spatial noise generator, side electromagnetic radiation, means of active protection, noise quality, statistical estimation methods.

Пространственное электромагнитное зашумление применяется для предотвращения возможности перехвата информативных побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) технических средств обработки и передачи информации. Пространственное зашумление относится к активным методам защиты и зачастую используется при невозможности применения по каким-либо причинам пассивных методов.

В случае применения активных средств для защиты объектов информатизации весьма важную роль играет качество шума, создаваемого генераторами пространственного электромагнитного зашумления (ГШ). При этом в настоящее время известен ряд способов и методов оценивания качества шума, основанных на расчете энтропийного коэффициента качества [1-11].

В настоящей работе предлагается альтернативный метод оценивания качества шума с применением статистических методов оценки на случайность. Данный метод можно представить в виде последовательности приведенных далее основных этапов (операций).

1. Весь диапазон частот маскирующего шумового сигнала разбивают на N равных частотных областей (поддиапазонов) таким образом, чтобы в каждой частотной области оказалось не менее l значений ($l > 2$) амплитуд его спектральных составляющих. При этом ширина поддиапазонов должна быть не более полосы пропускания используемого при измерениях приемника (анализатора спектра (сигналов), осциллографа).

2. В каждом из поддиапазонов маскирующий шумовой сигнал принимают в течение некоторого времени и преобразуют его в электрический сигнал.

3. Осуществляют дискретизацию отсчетов мгновенных значений электрического сигнала, измеряют для всех дискретных моментов времени уровни напряжений электрического сигнала.

При этом измерения маскирующего шумового сигнала можно проводить двумя разными вариантами.

Суть первого варианта заключается в получении с помощью анализатора спектра набора спектральных составляющих в каждом из поддиапазонов. В данном случае измеряются амплитуды этих составляющих, которые для дальнейшей обработки сохраняются в виде точек трассы (частота и амплитуда).

Разумеется, чем больше точек на кривой, тем лучше будет воспроизведение оригинального сигнала. Количество доступных для отображения точек на дисплее отличается для разных анализаторов. Например, на некоторых из них количество точек дисплея для кривых в частотной области может быть установлено от 101 до 8192 точек [12]. В топовых анализаторах сигналов Keysight N9040B UXA возможно выставление 100001 точек. Увеличение количества точек, приближает точность изображения к оригиналу (рисунок 1) [12].

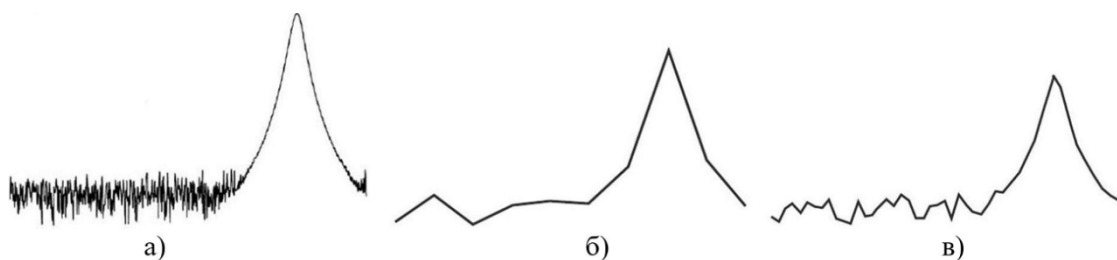


Рис. 1. а) оригинальный сигнал; б) меньшее количество точек для отображения сигнала; в) большее количество точек для отображения сигнала.

Однако, даже при наличии такого количества точек измерение амплитуд всех частот маскирующего шумового сигнала для каждого из поддиапазонов является весьма трудоемкой задачей.

Например, 100000 точек в трассе позволят точно отобразить поддиапазон частот, ширина которого составляет 100 кГц. При рабочем диапазоне ГШ 1 ГГц его потребуется разделить на 1000 поддиапазонов и для каждого из них провести измерения.

Второй метод измерений маскирующего шумового сигнала и дискретизации отсчетов его мгновенных значений описаны в [13]. Этот метод подразумевает под собой применением анализатора спектра и цифрового запоминающего осциллографа (схема измерительного стенда приведена на рисунке 2). Принимаемые анализатором спектра электромагнитные шумовые сигналы по промежуточной частоте передаются на осциллограф, с которого получают мгновенные значения их амплитуды. При этом полоса пропускания как анализатора спектра, так и осциллографа должна быть не менее ширины измеряемого поддиапазона маскирующих шумовых сигналов.

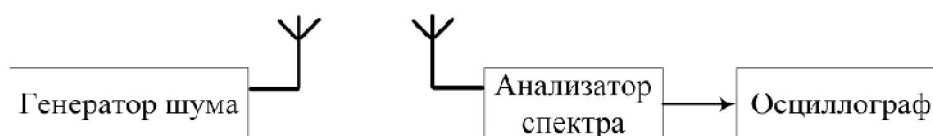


Рис. 2. Схема измерения маскирующего шумового сигнала ГШ с применением анализатора спектра и цифрового запоминающего осциллографа

Также возможно применение метода измерений с применением цифрового запоминающего осциллографа (схемы измерительных стендов приведены на рисунке 3). При проведении измерений осциллограф подключается к специальному разъему ГШ, предназначенному для измерения мгновенных значений амплитуд шумового сигнала или, в случае его отсутствия, к антенному выходу ГШ [14]. Полоса пропускания осциллографа, как и в предыдущем методе, должна быть не менее ширины измеряемого поддиапазона маскирующих шумовых сигналов.

Однако, при таких измерениях не учитываются изменения, вносимые антенной системой ГШ в изучаемые маскирующие шумовые сигналы.



Рис. 3. Схема измерения маскирующего шумового сигнала ГШ с применением цифрового запоминающего осциллографа: а) подключенного к антенному выходу ГШ; б) подключенного к специальному разъему ГШ.

4. С применением одного из указанных методов измерений для каждого из поддиапазонов набирается статистика значений маскирующего шумового сигнала. Набираемая статистика должна иметь объем не менее 54×10^6 элементов. Однако, набор такого объема статистики может быть ограничен техническими возможностями применяемых средств измерения.

В этой связи набор требуемого объема элементов для каждого из поддиапазонов может осуществляться путем объединения результатов повторных измерений.

5. В каждом из поддиапазонов по набранному объему элементов определяют границу (некоторый критерий, например, среднearифметическое значение). Сигналам, превышающим эту границу, присваивается значение «1», а в противном случае присваивается значение «0».

6. Полученную последовательность «0» и «1» достаточного количества оценивают с применением статистических методов (тестов) на случайность (например, тесты NIST, TEST-U01, CRYPT-X, DIEHARD и др.).

7. По результатам оценивания качества маскирующих шумовых помех с применением статистических методов (тестов) на случайность в каждом из поддиапазонов рассчитывают качество шума для всего для всего диапазона частот.

Предлагаемый метод оценивания качества шума генераторов пространственного электромагнитного зашумления может рассматриваться в качестве дополнения к традиционным методам с применением энтропийного коэффициента качества.

В дальнейшем планируется провести дополнительные экспериментальные исследования в указанном направлении.

Библиографический список

1. Батыргалиев А.Б., Смайлов Н.К. Обзор способов оценивания качества маскирующего шума. Polish journal of science. – № 14 (2019), Vol. 1, Варшава, Польша. – С. 33-35.
2. Батыргалиев А.Б. Подходы к оцениванию качества шума генераторов пространственного электромагнитного зашумления // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2019 [текст]: сб. тр. II междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т.5. / под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2019; Рязань. – 86 с.: ил. – С. 17-19.
3. Гаврилов, И.В. Методика оценивания качества маскирующего шума // Труды СПИИРАН. – 2015. Вып. 6(43). – С.179 – 190.
4. Пашук, М.Ф., Паньчев, С.Н., Суровцев, С.В. Универсальный показатель для оценки эффективности маскирующих и имитационных радиопомех. – Режим доступа: <http://www.ntc-reb.ru/article13.html>. – Дата доступа: 31.01.2019.
5. Паньчев, С.Н., Питолин, В.М., Самоцвет, Н.А. Универсальный показатель для оценки эффективности маскирующих и имитационных радиопомех // Радиотехника. – 2016. Вып. 6. – С.26 – 30.
6. Глущенко, Е.Н., Паньчев, С.Н., Питолин, В.М., Самоцвет, Н.А. Универсальный показатель эффективности маскирующих и имитационных помех для защиты речевой информации // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Том 11, №4, 2015. – С.80 – 89.
7. Патент РФ № 2346390, МПК H04B1/69. Способ оценки качества маскирующих частотно-модулированных шумовых помех / Тупота В.И., Герасименко В.Г., Бортников А.Н., Бурмин В.А., Самсонов А.А., Петигин А.Ф.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. - № 2007127237/09; заявл. 16.07.2007; опубл. 10.02.2009, Бюл. № 4. – 6 с.
8. Патент РФ № 2351076, МПК H04B17/00. Способ оценки качества маскирующих амплитудно-модулированных шумовых помех / Тупота В.И., Герасименко В.Г., Бортников А.Н., Бурмин В.А., Самсонов А.А., Петигин А.Ф.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. - № 2007127156/09; заявл. 16.07.2007; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9. – 6 с.
9. Патент РФ № 2353057, МПК H04B1/713. Способ оценки качества маскирующих прямошумовых помех / Тупота В.И., Герасименко В.Г., Бортников А.Н., Бурмин В.А., Самсонов А.А., Петигин А.Ф.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. - № 2007127227/09; заявл. 16.07.2007; опубл. 20.04.2009, Бюл. № 11. – 9 с.
10. Патент РФ № 2550353, МПК H04B17/00. Способ оценки качества маскирующего шума [Текст] / Гаврилов И.В., Гребенев Д.В., Басов О.О., Васечкин Е.А., Корнилов А.А.; заявитель и патентообладатель ГКОУ ВПО «Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации» (Академия ФСО России). - № 2014130567/07; заявл. 22.07.2014; опубл. 10.05.2015, Бюл. № 13. – 13 с.
11. Патент РФ № 2350023, МПК H04B17/00. Способ оценки качества маскирующего акустического (виброакустического шума) / Тупота В.И., Герасименко В.Г., Бортников А.Н., Бурмин В.А., Самсонов А.А., Петигин А.Ф., Железняк В.К.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. - № 2007127289/09; заявл. 16.07.2007; опубл. 20.03.2009, Бюл. № 8. – 4 с.
12. Agilent. Основы анализа спектра. Application Note 150. – Agilent Technologies, Inc, 2006. – 120 с.
13. Батыргалиев А.Б. Методы измерения маскирующих шумовых помех с применением анализатора спектра и осциллографа // «Комплексная модернизация технического обеспечения Вооруженных Сил, пограничных и воинских формирований Республики Казахстан в контексте Стратегии Казахстан – 2050: проблемы и пути решения». Материалы междунар. науч.-практ. конференции (Алматы, 28 августа 2019 года) / под общей редакцией Поливанова П.К.: Академия Пограничной службы КНБ Республики Казахстан, 2019. – 154 с. – С. 50-53.
14. Батыргалиев А.Б. Методы измерения маскирующих шумовых помех с применением цифрового запоминающего осциллографа // «Международный опыт противодействия вызовам, опасностям и угрозам безопасности государства в современных условиях». Материалы междунар. науч.-практ. конференции (Алматы, 27 августа 2019 года) / под общей редакцией Поливанова П.К.: Академия Пограничной службы КНБ Республики Казахстан, 2019. – 480 с. – С. 94-97.

УДК 004.67; ГРНТИ 20.15.13

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ПАТРУЛЕЙ ЭКСТРЕННЫХ СЛУЖБ

Л.А. Иванов

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, o.oleonid@outlook.com*

Аннотация. В работе рассматривается разработка информационной системы для оптимизации работы патрулей. Происходит анализ и выявление требований к системе. Приводится архитектура программной системы. Описывается алгоритм расчета местоположения патруля. Поясняются выбранные средства разработки.

Ключевые слова: Модель-Представление-Контроллер, MVC, одностраничное приложение, SPA, параллельные вычисления.

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR OPTIMIZATION EMERGENCY PATROL OPERATIONS

L.A. Ivanov

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, o.oleonid@outlook.com*

Abstract. The paper considers the development of an information system for optimizing the operation of patrols. There is an analysis and identification of system requirements. The architecture of the software system is given. The algorithm for calculating the patrol location is described. The selected development tools are explained.

Keywords: Model-View-Controller, MVC, single-page application, SPA, parallel computing.

Актуальной проблемой для жителей больших городов является загруженность автомобильных дорог. Число автомобилей в России удвоилось за последние десять лет и продолжает расти [1]. Ярким примером плохой дорожной ситуации являются перегруженные автомобильные дороги в часы пик, когда средняя скорость автомобилей может достигать 15 км/ч [2]. Наиболее негативно данная проблема влияет на работу экстренных служб, для которых время реагирования является самым важным фактором. Для уменьшения времени прибытия на место вызова, экипажи экстренных служб снабжаются проблесковыми маячками, выделяются отдельные полосы для спецтранспорта и создаются патрули. Выделенные полосы зачастую бывают загруженными и это не решает проблему оперативного реагирования, в то время как патрули располагаются в наиболее загруженных районах и имеют явное преимущество по времени прибытия. Но недостатком такого подхода является определение расположения экипажа службы. Для выбора местонахождения бригады используются методы, которые не учитывают полную дорожную ситуацию и статистику предыдущих вызовов. Разрабатываемая информационная система для оптимизации работы патрулей учитывает вышеуказанные недостатки и позволяет определить оптимальное местонахождение экипажа.

Анализ и выявление требований

Одним из наиболее важных требований к информационной системе является универсальность. Программный комплекс должен предоставлять широкий сектор функциональных возможностей для настройки картографической областей работы различных служб. Данные, используемые для расчета оптимальных мест расположения патрульных экипажей, должны быть актуальными. Необходимо учитывать следующие факторы, связанные с дорожной ситуацией:

- Загруженность автомобильных дорог
- Перекрытие автомобильных дорог

Для более точного расчета местоположения патруля необходимо учитывать статистику предыдущих вызовов (если есть возможность получить данные для составления статистики) и выделить наиболее загруженных районов.

Для использования информационной системы было выявлено два типа пользователей:

- Системный администратор
- Оператор информационной системы

В обязанности системного администратора входит настройка информационной системы: создание ведомств экстренных служб, настройка районов, которые находятся под ответственностью ведомств, создание и управление учетными записями для операторов информационной системы.

Обязанности оператора информационной системы включают в себя создание патрульных экипажей и получение информации и оптимальном месторасположении патруля.

Архитектура информационной системы

Для реализации информационной системы была выбрана клиент-серверная архитектура. Данный подход был использован для вынесения всей логики расчета на серверную часть, тем самым снабжая нагрузку для клиента. При таком подходе для использования системы необходим будет только браузер. Внутренняя структура информационной системы представлена на рисунке 1.

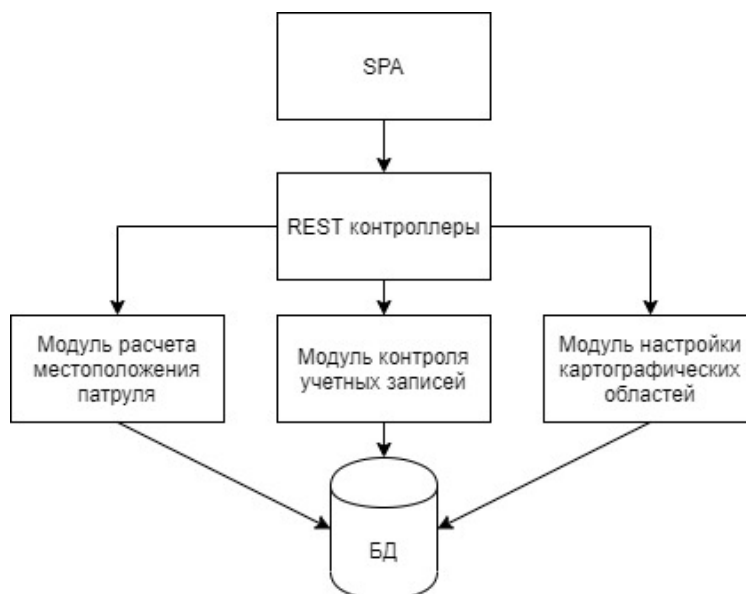


Рис. 1. Внутренняя структура информационной системы

Для реализации внутренней структуры системы использовался шаблон проектирования Модель-Представление-Контроллер (MVC). Данный подход позволяет разделить представление от реализации системы. В качестве представления в системе будет использоваться одностраничное приложение (Single page application - SPA). Преимуществами данного приложения являются возможность использовать готовые визуальные компоненты, что существенно сократит разработку пользовательского интерфейса, и динамическая загрузка данных с помощью AJAX.

Взаимодействие с моделью будет происходить через контроллеры, реализованные в соответствии с архитектурным стилем REST. Передача данных между представлением и контроллером будет осуществляться с помощью HTTP протокола.

Для реализации основной логики информационной системы было выделено три модуля: модуль расчета местоположения патруля, модуль контроля учетных записей и модуль настройки картографических областей. Необходимая информация будет сохранена в базе данных (БД).

Одним из принципов REST является отсутствие состояния. Для хранения информации о пользователе будет использоваться JWT-токен, который будет передаваться с помощью cookie. Если пользователь ограничит использование cookie, JWT-токен будет передаваться в URL запроса.

Описание алгоритма расчета местоположения патруля

Алгоритм расчета месторасположения патруля экстренных служб можно представить следующим образом:

- Определение границ области ведомства
- Если существует статистика предыдущих вызовов, определяются наиболее загруженные районы.
- Если существуют загруженные районы, определяется географический центр относительно районов. Если статистических данных нет, или их недостаточно для определения загруженности, центр определяется относительно границ обозначенной области.
- Происходит корректировка местоположения патруля согласно дорожной обстановке.

Данные о географическом положении, дорожной ситуации и предполагаемом времени приезда патруля из рассчитываемого месторасположения можно получить из сторонних систем. «Google Maps» и «Яндекс.Карты» предоставляют публичный API для работы с их сервисами. В качестве системы для получения картографических данных была выбрана «Яндекс.Карты». Она предоставляет наиболее точные данные о дорожной ситуации с возможностью прогнозирования.

Для ускорения вычисления месторасположения патруля, предполагается разделить данный процесс с помощью параллельных вычислений.

В системе будет реализовано несколько уровней кеширования, что поможет снизить нагрузку на вычислительные средства и сократить количество запросов к внешним системам.

Средства разработки

В качестве основного языка программирования был выбран Java 8. Данный язык обладает широкой поддержкой параллельных вычислений. С помощью фреймворка Fork/Join будет реализован процесс параллельного вычисления оптимального месторасположения патруля. Для реализации информационной системы был выбран универсальный фреймворк с открытым исходным кодом для Java-платформ Spring. Он позволяет реализовать вышеуказанную архитектуру информационной системы с наименьшими трудовыми затратами. Для автоматизации сборки проекта будет использоваться фреймворк Apache Maven.

В качестве хранилища данных была выбрана реляционная СУБД PostgreSQL. Для развертывания приложения будет использоваться программное обеспечение для автоматизации развертывания и управления приложениями в средах с поддержкой контейнеризации Docker. Для реализации SPA будет использоваться JavaScript-библиотека ReactJS.

Вышеуказанные средства разработки являются кроссплатформенными, что позволяет развернуть информационную систему на любых операционных системах.

Библиографический список

1. Структура и обзор парка легковых автомобилей в России. – Москва: Аналитическое агентство «АВТО-СТАТ», 2018.
2. Исследования Яндекса – Пробки в Москве 2013-2017 // Яндекс Исследования [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_traffic_2017. – Дата доступа: 05.02.2019.

УДК 004.056; ГРНТИ 81.96.00

ПРОТОКОЛ ДВУХФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ FIDOU2F

В.И. Амосов, Д.А. Зубков, В.И. Хломко, Т.И. Калинкина, Ю.М. Кузьмин

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, zubkov412@gmail.com*

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы безопасности, связанные с уязвимостями различных способов аутентификации, а также рассматривается одно из возможных решений данной проблемы при помощи протокола двухфакторной аутентификации FIDOU2.

Ключевые слова: двухфакторная аутентификация, токен, секрет, защита информации, ключ.

FIDO U2F TWO FACTOR AUTHENTICATION PROTOCOL

V.I. Amosov, D.A. Zubkov, V.I. Khlomko, T.I. Kalinkina, Yu.M. Kuzmin

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, zubkov412@gmail.com*

The summary. The paper discusses the security problems associated with the vulnerabilities of various authentication methods, and also considers one of the possible solutions to this problem using the two-factor authentication protocol FIDO U2.

Keywords: two-factor authentication, token, secret, information protection, key.

С момента появления в Интернет возможности доступа к чьим-то секретам, начались массовые взломы аккаунтов владельцев и легальных пользователей соответствующих ресурсов. Соответственно проблема защиты данных, расположенных на онлайн-ресурсе стала актуальной. Дело в том, что часто учетные записи владельцев и пользователей ресурсов защищены слабыми паролями. При этом пользователя используют одинаковые пароли в разных учетных записях на разных интернет ресурсах, используют в качестве паролей дату своего рождения, девичью фамилию матери и т.д. Естественно, что слабые пароли подвергаются массовым взломам. Поэтому важным требованием доступа к ресурсам стала строгая аутентификация. На данный момент большинство решений, обеспечивающих строгую аутентификацию, дороги и сложны в использовании. Особенно это касается мобильных устройств. При этом использование в аутентификации второго фактора, например, в виде OTP¹ не защищает от относительно общих атак, таких как фишинг²; асмайт-карты требуют специализированного оборудования или установки драйверов перед использованием.

В идеале безопасная аутентификация должна соответствовать таким требованиям, как:

- использование строгой аутентификации;
- соблюдение конфиденциальности пользователя;
- удобство использования и взаимодействие между различными устройствами, с помощью которых производится аутентификация.

¹OTP (one time password)– пароль, действительный только для одного сеанса аутентификации или на определенном промежутке времени (одноразовый пароль).

²Фишинг – интернет-мошенничество, целью которого является получение доступа к конфиденциальным данным пользователей – логин или пароль.

Универсальная двухфакторная аутентификация Виды, угрозы. Введение.

По мнению обычного пользователя, специальные защищённые программы хранения паролей – парольные менеджеры – и одноразовые пароли с высокой энтропией являются лишними.

В настоящее время стало очевидно, что использование одних паролей в качестве аутентифицирующего признака недостаточно и возникла необходимость в использовании двухфакторной аутентификации или 2FA (TwoFactorAuthentication).

Виды 2FA:

1. SMS – одноразовые пароли отправляемые с помощью SMS.
2. ОТП (ТОТР/НОТР) – одноразовые пароли, для генерации которых используются мастер-ключи. Например, банковские ОТП токены.
3. Криптографические токены – аппаратные средства, которые зачастую используются для многофакторной аутентификации пользователей. Например, Рутокен.

Однако, при использовании указанных мер остаются проблемы и возможность кражи аккаунтов пользователей.

Причины проблем использования 2FA:

- фишинг – почти все решения уязвимы к MITM атакам, а соответственно и к фишингу. Пользователь, который ввел свой логин и пароль, вряд ли усомнится в правильности своих действий, вводя одноразовый пароль;
- безопасность – в данном случае речь пойдет об SMS. На данный момент — это самый популярный вариант решения проблемы на рынке. Но популярность схем мошенничества, связанных с восстановлением SIM-карт и разнообразие методов социальной инженерии позволяют усомниться в безопасности этого метода.
- стоимость - SMS оплачивает сервис, которому такие траты нерентабельны. У него есть возможность возмещать эти убытки, переведя услугу одноразовых SMS в разряд платных, но данное действие, в свою очередь, оттолкнёт пользователей. ОТП и криптографические токены также не являются дешевыми устройствами.
- совместимость – использование Рутокен требует установки и обновления драйверов операционной системы. К тому же, не все сайты и сервисы поддерживают конкретные токены и криптографические протоколы.
- удобство использования – ввод одноразового пароля является рутинной операцией.

Для устранения указанных причин была образована некоммерческая организация, сформированная в июле 2012 года – FIDOAlliance (Fast IdentityOnlineAlliance). Спецификация протокола U2F (Universal 2nd(Second) Factor) v 1.0 были опубликованы организацией 9 декабря 2014 года. 30 июня 2015 были выпущены две новые версии протокола, поддерживающие Bluetooth и NFC (коммуникация ближнего поля, ближняя бесконтактная связь), как транспортные протоколы для U2F. Таким образом, стала возможна аутентификация посредством протокола U2F с помощью мобильных устройств, использующих технологию NFC. В конце 2015 года началась работа над усовершенствованными спецификациями, называемыми FIDO 2.0. А 7-го декабря 2016 года были объявлены обновленные спецификации протокола U2Fv 1.1.

Принцип работ U2F

Протокол U2F состоит из трех уровней абстракции - Пользователь, Браузер, Протокол.

Пользователь

Пользователем осуществляется ввод пары логин-пароль, соединяет U2F-токен со считывающим устройством, после этого подтверждает намерение выполнить аутентификацию путем нажатия кнопки.

Браузер

Браузер взаимодействует с U2F следующим образом:

- проверяется пара логин-пароль, введенная пользователем;
- зависимая сторона через U2FJSAPI запрашивает подпись вызова;
- браузер совершает пересылку устройству;
- осуществляется верификация подписи зависимой стороной.

Протокол

Работа Протокола характеризуется следующими шестью особенностями (обозначены далее буквами от а до е).

а) Вызов-ответ

В самом простом процессе аутентификации запрос-ответ, основанном на криптографии с открытым ключом, устройство U2F имеет закрытый ключ k_{priv} , а RP назначается соответствующий открытый ключ k_{pub} . Пара ключей генерируется в защищенной от несанкционированного доступа среде исполнения устройства, из которой k_{priv} не может выйти.

б) Защита от фишинга и MitM

Клиент компилирует то, что ему известно о текущем HTTP-соединении (URL и идентификатор канала TLS). Эта информация затем подписывается устройством U2F и отправляется на RP, который проверяет, что информация верна.

Особенности аутентификации:

- происхождение (URI) - предотвращает фишинг.
- идентификатор канала TLS (необязательно) - предотвращает MitM.

в) Ключи приложения

Ключи приложений не позволяют проверяющим сторонам отслеживать устройства между различными учетными записями пользователей. Это означает, что Example.com не может знать, использует ли User1 и User2 одно и то же устройство.

Устройство U2F генерирует новую пару ключей и дескриптор ключа для каждой регистрации. Дескриптор сохраняется RP и отправляется обратно на устройство после аутентификации.

Особенности аутентификации:

- генерация ключей происходит на устройстве
- дескриптор ключа хранится на сервере вместе с k_{pub} .
- идентификатор приложения (AppID) используется для определения области видимости ключа.

Для идентификации сайтов используется ApplicationID, или AppID. Это строка, которая определяет FacetID. Требования для AppID: домен верхнего уровня или localhost, HTTPS. FacetID – это идентификаторы, которые введены для использования ключа в нескольких сайтах или их мобильных приложениях, т.е. все они соответствуют одному ключу. Фасеты — это список всех ID, разрешенных для аутентификации на выбранном сервисе, содержащийся в JSON-файле.

URI-схема фасета для мобильных приложений имеет вид следующей строки: "OS:TYPE:ID". Для ОС Android вычисляется хеш SHA-1 сертификата подписи apk. Для IOS аналогом является bundleID.

Подробнее о генерации ключей

Устройство U2F должно генерировать новую пару ключей, использующих криптографию эллиптических кривых, для каждой службы, с которой оно регистрируется. При аутентификации устройство должно использовать ранее сгенерированный ключ для этой услуги. Но есть следующие особенности.

Для того, чтобы хранить несколько ключей для одной службы(сайта), что соответствует ситуации с несколькими учетными записями, жесткая связь между службой и ключом недопустима. Чтобы решить эту проблему, мы связываем каждый ключ с дескриптором ключа (keyhandle), а не со службой. Во время регистрации устройство отправляет дескриптор ключа, который хранится в службе. При аутентификации служба отправляет дескриптор ключа обратно на устройство.

Пример:

KeyHandle [0x21AE9B] => [Ключ 1 для example.org]

KeyHandle [0xFBD308] => [Ключ 2 для example.org]

KeyHandle [0x18C77B] => [Ключ 1 для acme.com]

Стандарт U2F не определяет методы хранения и генерации ключей, поэтому приведём схему, используемую устройствами Yubico.

Рассмотрим вербальную модель регистрации. Сервис передаёт AppID через браузер в устройство Yubico. При помощи генератора псевдослучайных чисел получаем одноразовый номер Nonce, который совместно с AppID при помощи функции HMAC-SHA256, используя специфический для устройства секрет “DeviceSecret”, генерируемый на кристалле при изготовлении устройства как ключ, преобразуется в PrivateKey для конкретного AppID. Далее генерируется PublicKey по алгоритмам криптографии на эллиптических кривых. Далее мы формируем по той же функции HMAC-SHA256 MAC(MessageAuthenticationCode) – код аутентификации сообщения. Он формируется из AppID и PrivateKey, используя DeviceSecret как ключ. Nonce и MAC формируют KeyHandle – дескриптор ключа, о котором мы говорили ранее. KeyHandle и PublicKey передаются посредством браузера на сервер(службу).

При аутентификации дескриптор ключа Keyhandle снова передается в Yubico, и он проверяется. MAC гарантирует, что он не был изменен, и что учетные данные принадлежат данному appId. Вместе с главным секретом, хранящимся на YubiKey, это все, что необходимо для получения конкретного закрытого ключа, используемого для учетных данных.

г) Обнаружение клонирования устройства

Как уже упоминалось, U2F-устройства Yubico устойчивы к взлому и приватные ключи kpriv не могут считываться извне (по крайней мере, незамеченно). Однако, чтобы обеспечить обнаружение клонирования для устройств U2F без защищенных от несанкционированного доступа элементов (например, программных реализаций), добавлен счетчик аутентификации. Концепция проста: устройство увеличивает счетчик при аутентификации, а RP проверяет, что счетчик выше, чем в прошлый раз. А именно: значение счетчика подписывается и отправляется зависимой стороне. Если U2F-токен был несанкционированному копированию, то состояние счетчика такой копии, скорее всего, будет меньше, чем состояние счетчика подлинного устройства, что приведет к отказу в аутентификации.

Дополнения к потоку аутентификации:
счетчик, отправленный с устройства на RP.

д) Аттестация устройства

Различные варианты протокола могут быть небезопасны. Для защиты от данной угрозы, в каждый U2F токенизируется партийный сертификат, устанавливаемый приблизительно на каждые сто тысяч устройств. Все подписи и регистрации дополнительно подписываются сертификатом, публичный ключ которого находится в публичной директории.

Например, если ресурс представляет собой форум садоводов-любителей, то вас, возможно, не сильно беспокоит безопасность U2F устройств ваших пользователей, а если вы банковская, государственная или иная организация, работающая с важными данными пользователей, то вы скорее всего разрешите только аппаратные устройства, сертифицированные альянсом FIDO.

Аттестация дает проверяющим сторонам возможность проверить свойства токена, такие как модель токена. Это реализуется через аттестационный сертификат, подписанный поставщиком устройства, который устройство отправляет в RP при регистрации. Аттестация не влияет на поток аутентификации.

Дополнения к потоку регистрации:
аттестат

е) Защита от перебора

В ситуации, когда пользователь находится вдали от своего устройства, вредоносное программное обеспечение может попытаться атаковать устройство методом полного перебора или другими видами атак. Для защиты от этого U2F стандарт требует, чтобы все имплементации, в железе и ПО, активировались пользователем. Пользователь обязан подтвердить свое решение на двухфакторную аутентификацию. Этим действием может быть простое нажатие на кнопку, ввод пин-кода, снятие отпечатка пальца или другое.

Использование U2F в браузерах и других программах

Chrome поддерживает U2F «из коробки» с начала 2015 года. U2F в Firefox в данный момент в активной разработке. Microsoft анонсировала поддержку U2F как для Windows 10, так и для Edge.

U2F внедрили следующие сервисы: Google, Github, Wordpress, Dropbox, Evernote. Правительство Великобритании недавно ввело поддержку U2F для своих государственных сайтов.

Заключение

Стандарт FIDO U2F – это новое слово в компьютерной и интернет безопасности. Разработчики стандарта FIDO U2F учли недостатки конкурентов и создали решение, которое может использовать практически любой пользователь, не обладающий специальными знаниями. При этом новый стандарт не жертвует безопасностью и даже наоборот, более стоек к различным видам атак.

УДК 004.42; ГРНТИ 20.23.17

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Н.И. Ципорков, Н.Н. Гринченко

*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, tsepster@gmail.com*

Аннотация. В работе рассматривается разработка распределенной системы для автоматизации процесса обучения. Приводится возможный вариант реализации данной системы.

Ключевые слова: разработка системы, распределенная система, веб-приложение, архитектура системы.

DEVELOPMENT OF A DISTRIBUTED SYSTEM FOR AUTOMATION OF THE LEARNING PROCESS

N.I. Tsiporkov, N.N. Grinchenko

*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russia, Ryazan, tsepster@gmail.com*

The summary. The paper discusses development of distributed system for automation of the learning process. Given their version of realization this system.

Keywords: system development, distributed system, web-application, system architecture.

С каждым годом все больше информационных процессов в жизни человека подвергается автоматизации. Ее целью является повышение производительности и эффективности труда людей, улучшение качества информационной продукции и услуг, повышение оперативности обслуживания пользователей.

Автоматизация основана на использовании вычислительной техники и необходимого программного обеспечения.

Самым ценным ресурсом людей является информация. С каждым годом ее становится все больше, поэтому все более востребованы автоматизированные информационные системы. Это системы, предназначенные для хранения и управления данными и информацией, а также для производства вычислений [1]. Данные системы внедряются в большинство сфер деятельности человека.

Залогом успешной деятельности предприятия является наличие квалифицированных работников. В настоящее время большинство предприятий выбрало путь самостоятельного обучения людей в своих учебных центрах, чтобы в дальнейшем расширить свой штат сотрудниками с необходимыми навыками и квалификацией. Самостоятельное обучение людей может гарантировать то, что человек завершивший обучение будет обладать всеми необходимыми знаниями и умениями.

Также для предприятия важно, чтобы его сотрудники знали все необходимые соглашения о конфиденциальности, этический кодекс и т.д. Если человек приходит на работу в фирму с биржи труда, то ему необходимо все это изучить в достаточно сжатые сроки. Применяя стратегию обучения будущих работников в своих учебных центрах, предприятие может также постепенно в процессе обучения ознакомить студентов со всеми необходимыми документами, так чтобы по окончании курсов, человек был знаком со всем необходимым перечнем документов и мог приступить к работе.

Исходя из вышеизложенных тезисов, для предприятий, особенно среднего и крупного размера, выгодно обучать людей с дальнейшим трудоустройством, так как они на выходе получают специалистов, которые обладают всеми необходимыми характеристиками, чтобы приступить к работе.

Фирмы, которые проводят обучение в своих учебных центрах, составляют план набора людей на должности для кандидатов, которые успешно закончат курсы. Фирме

необходимо анализировать данные о студентах, для прогнозирования сроков окончания обучения, так как это напрямую влияет на экономическую ситуацию в ней. Экономическая ситуация будет улучшаться благодаря набору на работу людей обладающих необходимым набором навыков, умений и компетенций.

Тщательный анализ предоставляемой информации не имеет особой ценности, если такая информация не актуальна. Поэтому необходим анализ данных в режиме реального времени.

В данной статье, будет рассмотрен один из возможных вариантов реализации системы для автоматизации процесса обучения в IT-фирмах.

Прогнозирование окончания обучения

Одной из основных функций разрабатываемой системы является прогнозирование окончания обучения. Она заключается в расчете даты окончания по следующему алгоритму:

Считается планируемое время, которое необходимо потратить на выполнение всех задач в направлении.

Для каждого студента считается предсказуемое время на выполнение задач в направлении. Оно складывается из времени, затраченного на выполнение задач и времени запланированного на выполнение тех задач, которые еще не выполнены.

Вычисляется планируемое число дней для окончания курса делением планируемого времени на среднее количество часов, которое тратится в день.

То же самое действие, что и в пункте 3 применяется для вычисления предсказуемого числа дней для окончания курса, только используется фактическое время на выполнение задач в направлении.

Производится сравнение предсказуемых дней для окончания направления, с планируемым временем. Важно отметить, что сравнение происходит как с планируемым временем, так и с временем, увеличенным и уменьшенным на определенное число процентов по сравнению с планируемым.

По результату сравнения делается вывод, о том, каков статус обучения студента: «Во время», «Быстро», «Медленно», «На отчисление».

Архитектура разрабатываемой системы

Разрабатываемое решение предлагается реализовать в виде клиент-серверного веб-приложения. Для приложения выбрана архитектура MVC – Model View Controller. Реализована она при помощи Spring MVC framework. На рисунке 1 представлена архитектура приложения [2].

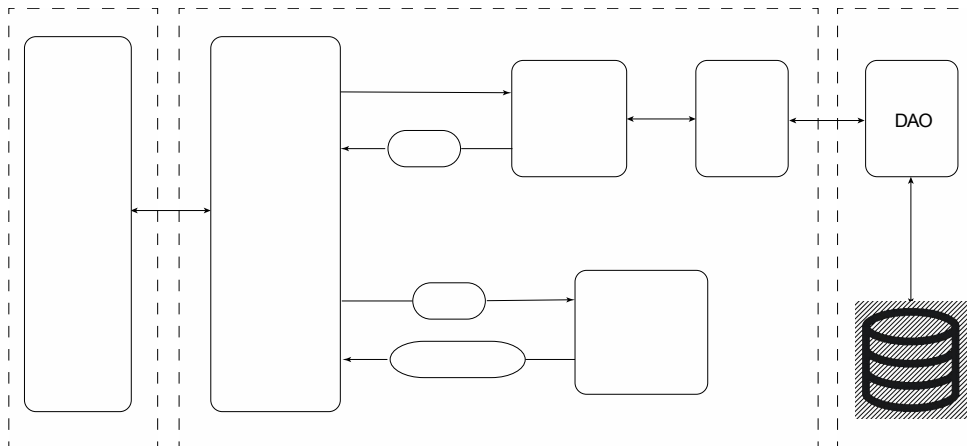


Рис. 1. Архитектура системы

Пользовательский интерфейс

Проектирование пользовательского интерфейса производится исходя из поставленных задач. Он делится на две основные части: страница авторизации и главная страница для навигации в приложении.

В результате проектирования главная страница веб-приложения, на которой представлены прогнозы по направлению имеет следующий вид, который представлен на рисунке 2.

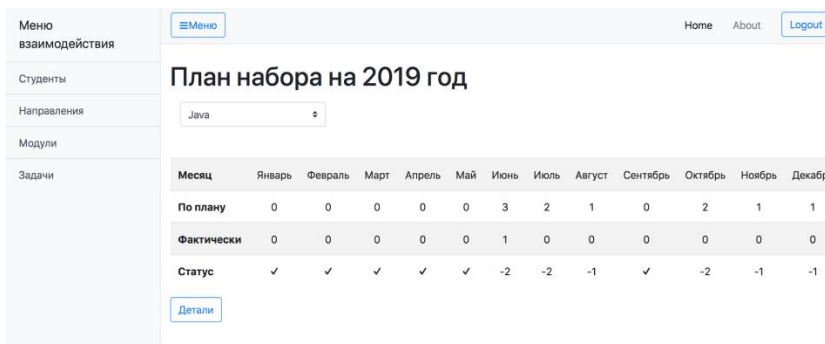


Рис. 2. Главная страница веб-приложения с отображением прогнозов

Пользовательский интерфейс для страницы прогнозирования успеваемости представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Форма отображения текущей скорости обучения студентов выбранного направления

Разработанное приложение отвечает всем поставленным задачам:

- удобный пользовательский интерфейс;

- обработка информации для автоматизации процесса обучения;
- авторизация пользователей в зависимости от введённого логина и пароля;
- разграничение доступного функционала;
- загрузка и отображение данных о студентах, направлениях, модулях и темах;
- загрузка и отображение данных об успеваемости студентов на текущих курсах по направлениям;
- анализ прохождения студентами курсов, на основе которого прогнозируется дата окончания обучения и текущая скорость обучения.

На основе вышеизложенной информации можно сделать вывод, что созданное программное обеспечение является удачным решением основных проблем рассматриваемой предметной области. В дальнейшем, возможно, реализовать ее модернизацию.

Библиографический список

1. Автоматизация информационных процессов. [Электронный ресурс] <http://infdis.narod.ru/is/is-n3.htm> - Дата доступа 13.05.2019.
2. Spring MVC — основные принципы [Электронный ресурс] <https://habr.com/ru/post/336816/> - Дата доступа 15.05.2019.

УДК 004.056; ГРНТИ 81.93.29

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ СТЕГАНОГРАФИИ ПРИ ПУБЛИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ВКОНТАКТЕ

В.А. Смирнов, А.В. Ермошин

*Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»
Российская Федерация, Ивановская область, г. Шуя, v.a.d.i.m@bk.ru*

Аннотация. В данной работе затронут вопрос о передаче изображений со скрытыми посланиями через социальные сети и возникающие при этом проблемы. Проведён обзор программных средств для стеганографии.

Ключевые слова: стеганография, социальные сети, криптография, защита информации, устойчивость к искажениям.

POSSIBILITIES OF USING STEGANOGRAPHY METHODS WHEN PUBLISHING IMAGES IN THE VKONTAKTE SOCIAL NETWORK

V.A. Smirnov, A.V. Ermoshin

*Shuya branch of Ivanovo State University
Russia, Ivanovo region, Shuya, v.a.d.i.m@bk.ru*

The summary. This article addresses the issue of transmitting images with hidden messages via social networks and the problems that arise in this case. A review of software tools for steganography is carried out.

Keywords: steganography, social networks, cryptography, information security, resistance to distortion.

При передаче сообщения посредством электронной почты картинку получает конкретный адресат и, если кто-либо заподозрит наличие скрытой связи между двумя переписчиками, то криптоаналитику достаточно будет проанализировать данные об изображениях, которые передавались лишь между ними.

Встраивание сообщения в фотографию, размещённую на странице социальной сети, хоть и обеспечивает доступ к изображению большого количества пользователей, но снижает вероятность идентификации получателя. Однако, применение стеганографии при публикации изображений на доступных большому количеству пользователей ресурсах (например, в

социальных сетях) осложняется из-за использования большинством этих ресурсов специфических методов преобразования публикуемых изображений.

С точки зрения ключевых принципов информационной безопасности, информация должна быть не только защищена от лиц, которым она не предназначена, но и обладать свойством доступности и сохранности. Например, в модели, представленной исследователями А.А. Егоров, А.В. Чернышова [1], на втором этапе к добавляемым в файл данным присоединяют также hash-сумму данных. Это является важным фактором, позволяющим определить сохранность переданной информации по каналам связи. Но эта проверка имеет место быть в том случае, если предполагается, что изображение не было подвергнуто изменениям самим сервисом передачи информации. А в применении к нашему исследованию: изображение не должно быть модифицировано после передачи настолько, что информация из него не сможет быть прочитана.

Рассмотрим метод встраивания информации, представленный в работе А. К. Рудниченко. «Метод основан на том, что создаётся новый результирующий файл, в котором архив RAR приписывается впритык к JPEG-изображению. При запуске такого файла будет открываться изображение. Если открыть файл с помощью архиватора, можно будет увидеть содержимое скрытого архива» [2]. Данный метод основан на том, что программы для просмотра изображений, считывают информацию о нём из файла, а информацию, расположенную в конце файла (архив или текстовое сообщение) игнорируют. В то же время большинство архиваторов или сам получатель будут последовательно просматривать файл и смогут обнаружить метку начала архива, даже если перед ней будет какая-либо иная информация. Это сделано в целях предоставления возможности авторам архивов добавлять в файл SFX-модуль для «самораспаковки».

В данном методе для объединения файлов используется командная строка операционной системы, в которой применяется команда «сору \b x.png + y.zip z.png».

В социальной сети ВКонтакте есть два популярных способа публикации изображений: в виде документа и как фотографии. Первый способ не модифицирует изображение и может использоваться для передачи изображений со стеганографией. Но при попытке использовать второй способ, то есть разместить такое изображение в социальной сети ВКонтакте в качестве фотографии, принцип сохранности информации будет нарушен. Любое загруженное PNG-изображение, если выкладывать его не как документ, а как изображение в фотоальбом непосредственно, переводится в формат JPG. Соответственно, файл или информация, закодированная по алгоритму zip и прикрепленная в конце изображения описанным в вышеуказанной статье способом, будет утеряна.

Но даже если загружать изображение непосредственно в формате JPG, сервер социальной сети выполняет определённые операции с ним: сжатие, изменение размера. При таком переводе сервер считывает информацию только о самом изображении, а информацию об архиве игнорирует. Поэтому, информация, прикрепленная в конце файла JPG, тоже будет потеряна.

Для проверки данного утверждения мы выполнили следующее исследование:

- 1) Сделали несколько копий одного и того же изображения в формате JPG, различных по ширине, высоте и качеству;
- 2) Прикрепили в конце файла zip-архив с текстовым сообщением;
- 3) Загрузили в фотоальбом социальной сети ВКонтакте;
- 4) Скачали фотографию из фотоальбома;
- 5) Проверили её на наличие/отсутствие добавленной информации.

Полученные данные записаны в таблице 1.

Таблица 1. Параметры изображений до и после присоединения архива, а также после загрузки в социальную сеть

| Номер картинки Свойства картинки | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
| Начальные параметры | | | | | | | |
| Размеры изображения | 537 КБ | 340 КБ | 229 КБ | 77 КБ | 281 КБ | 57 КБ | 76 КБ |
| Параметры картинки | 1600 x 1200 | 1600 x 1200 | 1600 x 1200 | 1600 x 1200 | 1120 x 840 | 1120 x 840 | 448 x 336 |
| После прикрепления архива | | | | | | | |
| Размеры изображения | 558 КБ | 361 КБ | 250 КБ | 100 КБ | 301 КБ | 77 КБ | 97 КБ |
| После загрузки в социальную сеть и скачивания | | | | | | | |
| Размеры изображения | 387 КБ | 370 КБ | 260 КБ | 80 КБ | 312 КБ | 44,2 КБ | 70 КБ |
| Параметры картинки | 1600 x 1200 | 1600 x 1200 | 1600 x 1200 | 1600 x 1200 | 1120 x 840 | 1120 x 840 | 448 x 336 |

Как мы видим, размер изображений в предпоследней строчке (после передачи через социальную сеть) практически всегда отличается от предыдущего. Архив, прикрепленный к концу файла-изображения, не сохраняется.

В целях рассмотрения других методов стеганографии информации, мы попробовали также использовать для этого различные программы. Каждая из них использует разные алгоритмы для встраивания информации в картинку.

Нами был сделан сравнительный анализ следующих программных средств для стеганографии: JHide [3], Hallucinate [4], OpenStego [5], Anubis [7], DeEggerEmbedder [6], OpenPuff [8]. Результат сравнительного анализа представлен в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение программного обеспечения для стеганографии информации в изображение

| Название средства Критерий сравнения | JHide | Hallucinate | Open Stego | DeEgger Embedder | Anubis | OpenPuff |
|--|---------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------|---------------|
| Поддерживаемые форматы входных файлов | PNG/BMP/TIFF | Любое изображение | Любое изображение | Любой файл | Любой файл | Любой файл |
| Поддерживаемые форматы выходных файлов | PNG/BMP/TIFF | PNG/BMP | BMP | Любой файл | Любой файл | Любой файл |
| Язык интерфейса | Англо-язычный | Англо-язычный | Англо-язычный | Англо-язычный | Англо-язычный | Англо-язычный |
| Количество настроек (1 – малое, 5 – большое количество настроек) | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 5 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------|
| Удобство интерфейса (1 – много лишних деталей, 5 – легко в освоении) | 3 | 5 | 4 | 4 | 1 | 3 |
| Требуется установка программы | - | - | + | + | + | - |
| Требуется установка дополнительных программ | Java-машина | Java-машина | Java-машина | .NET Framework 3.5 | Java-машина | - |
| Что можно стеганографировать в изображение | Любой файл | Любой файл | Любой файл | Любой файл | Любой файл | Любой файл |

Все исследуемые программы не имеют русскоязычного интерфейса и могут создавать изображения в формате BMP. Большинство из этих программ написано на языке программирования Java. Самым тонким в настройке оказался OpenPuff, который подойдет для большинства опытных пользователей. Самой легкой в использовании оказалась программа Hallucinate.

Проверив файлы изображений указанным выше алгоритмом, мы вынуждены отметить, что ни одно из данных средств не позволяет сохранить информацию в изображение так, чтобы она не терялась после обработки фотографии социальной сетью.

Другой вариант передачи информации в изображениях – встроить какую-либо метку, которая не будет искажаться или теряться при передаче картинку, так как будет являться её частью. Например, можно попытаться разместить QR-код с зашифрованной информацией на заднем плане.

Мы предлагаем следующий алгоритм:

1) Выбрать любой адрес сайта. Например, <http://example.com/>.

2) Зашифровать текстовое сообщение с помощью любого доступного метода.

Один из наиболее простых вариантов: получить Base64-код с помощью сервиса <http://base64.ru/>.

3) Приклеить полученный код к концу выбранного нами адреса сайта. Если мы получили код «0KHQutGA0YvRgtC+0LUg0YHQvtC+0LHRidC10L3QuNC1», то наш веб-адрес будет иметь вид:

<http://example.com/#0KHQutGA0YvRgtC+0LUg0YHQvtC+0LHRidC10L3QuNC1>

4) Получить QR-код данной ссылки и вставить его в картинку.

При правильной вставке QR-код не будет вызывать подозрений у посторонних лиц. А если кто-то решит отсканировать его, то ему откроется сайт «<http://example.com/>» и маловероятно, что он станет смотреть на метку в конце ссылки.

Нами проверено, что после загрузки изображения во ВКонтакте информация, передаваемая через вставленный на холст QR-код, не повреждается.

Таким образом, мы рекомендуем:

1) Использовать любое из представленных выше средств для стеганографии файлов в изображение и размещать изображение как документ, а не как фотоальбом.

2) При необходимости разместить изображение непосредственно в фотоальбом использовать такие методы стеганографии, которые позволяют накладывать какие-либо метки на само изображение. Важно, чтобы эти метки были устойчивы к изменениям файла и не слишком заметны для окружающих.

Библиографический список

1. Егоров А.А., Чернышова А.В. Программная система встраивания информации в изображения с использованием стеганографических и криптографических алгоритмов / А.А. Егоров, А.В. Чернышова // Информатика и кибернетика / Донецкий национальный технический университет – Донецк, 2016. - №1(3). – С. 65-71.
2. Рудниченко А. К. Применение простой стеганографии при передаче файлов в интернете // Молодой ученый. — 2017. — №3. — С. 49-51. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/137/38298/>
3. JHide / Инструмент для демонстрации основных возможностей метода стеганографии [Электронный ресурс] —Режим доступа: <https://zenway.ru/page/jhide>
4. Hallucinate прячет обычные файлы в картинках [Электронный ресурс] —Режим доступа: <https://progbox.ru/1850>
5. OpenStego / Скрытие информации в изображениях и добавление на них «водяных знаков» [Электронный ресурс] —Режим доступа: <https://zenway.ru/page/openstego>
6. DownloadDeEggerEmbedder 1.21 [Электронный ресурс] —Режим доступа: <https://www.softpedia.com/get/Security/Encrypting/DeEgger-Embedder.shtml#download>
7. Anubisdownload | SourceForge.net [Электронный ресурс] —Режим доступа: <https://sourceforge.net/projects/anubisstegano/>
8. OpenPuff - Стеганография надёжное шифрование данных [Электронный ресурс] —Режим доступа: <http://www.spy-soft.net/openpuff/>

УДК 004.056; ГРНТИ 81.96.00

АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОНИКНОВЕНИЯ И ПОСЛЕДУЮЩАЯ ЗАЩИТА С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНОГО ПО

Д.А. Зубков, В.И. Амосов, В.И. Хломко, Ю.М. Кузьмин, Т.И. Калинин
*Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина,
Российская Федерация, Рязань, zubkov412@gmail.com*

Аннотация. В работе рассматриваются программные способы анализа компьютерной сети на возможность проникновения и методы дальнейшей защиты при помощи прикладного программного обеспечения.

Ключевые слова: компьютерные сети, противодействие проникновению в компьютерные системы, прикладное ПО, защита от проникновения через сеть.

ANALYSIS OF THE COMPUTER NETWORK FOR PENETRATION CAPABILITY AND SUBSEQUENT PROTECTION WITH APPLICATION SOFTWARE

D.A. Zubkov, V.I. Amosov, V.I. Khlomko, Y.M. Kuzmin, T.I. Kalinkina
*Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin,
Russian Federation, Ryazan, zubkov412@gmail.com*

The summary: The paper discusses software methods of analyzing a computer network for penetration and methods of further protection using application software.

Keywords: computer networks, anti-penetration into computer systems, application software, network penetration protection.

Многие считают, что необходимость заботиться о сетевой безопасности является обязанностью только больших компаний, таких как Google, Mail, Yandex, Telegram, Badoo, Amazon и пр. гиганты, которые часто объявляют конкурсы за нахождение уязвимостей и различными способами обеспечивают безопасность своих продуктов, веб – приложений и сетевых инфраструктур от **несанкционированного доступа к информации**, под которым подразумевают «Доступ к информации [ресурсам информационной системы], осуществляемый с нарушением установленных прав и (или) правил доступа к информации [ресурсам информационной системы] с применением штатных средств информационной системы или

средств, аналогичных им по своим функциональному предназначению и техническим характеристикам.»³ Однако продукция даже этих компаний продолжает содержать огромное количество брешей в защите. Как показывают исследования от PositiveTechnologies, 90% систем имеют уязвимости средней степени.

Этапы проведения атаки на защищенную компьютерную систему

Бесспорно, что атака на защищенную сеть без заранее проведенного исследования имеет минимальный шанс на успешный итог. Атакующему необходимо знать топологию сети, используемое программно-аппаратное средства обеспечения защиты информации. Используя эти данные, злоумышленник может воспользоваться уязвимостями в конкретных устройствах и программах.

В атаке на защищенную компьютерную систему можно выделить следующие этапы:

- **Сбор информации** является основным этапом реализации атаки. Первоначально злоумышленнику необходимо выявить основную цель для проведения атаки и произвести необходимый сбор информации. После определяют наиболее уязвимые зоны атакуемой системы, при воздействии на которые злоумышленник будет способен успешно обойти построенную систему защиты от НСД. Стоит также учитывать, что злоумышленник будет пытаться выявить все каналы взаимодействия выбранной цели с другими компьютерными системами внутри общих локальных сетей.
- **Изучение окружения** позволяет определить адреса «доверенных» систем. Подобные действия достаточно трудно обнаружить, т.к. они выполняются на протяжении достаточно большого временного промежутка, контролируемой средствами защиты (к таким можно отнести: межсетевые экраны, системы обнаружения атак, системы активного противодействия и пр.)
- **Идентификация топологии сети.** Различаются два основных метода определения топологии сети, которые часто используются злоумышленниками:
 - Изменение TTL (Time to Live)
 - Запись маршрутов ICMP – пакетов

В первом случае, обычно работают программы tracer (для ОС Windows) и traceroute (для ОС Unix и им подобных). Используя поле TimeToLive (Время жизни) в заголовке IP-пакета, которое будет изменяться в зависимости от числа пройденных сетевым пакетом маршрутизаторов. Чаще всего, для определения сетевой топологии, используют протокол SNMP, установленный на многих сетевых устройствах, защита которых неверно сконфигурирована. А при помощи протокола RIP можно попытаться получить информацию о таблице маршрутизации в сети.

- **Идентификация сервисов или сканирование портов**
Идентификацию сервисов, обычно, осуществляют путем обнаружения открытых портов (которые чаще всего связаны с сервисами, использующие протоколы ТСР или UDP).

Для данных действий могут быть использованы различные прикладные программные продукты, в том числе и свободно распространяемые.

- **Идентификация ОС, установленной на атакуемое устройство**
Основным механизмом удаленного определения операционной системы является анализ ответов на запросы, которые учитывают реализации ТСР/IP-стека в различных ОС. Данный метод базируется на том, что в каждой ОС реализация стеков протоколов ТСР/IP реализована по-своему, что позволяет при помощи специаль-

³ ГОСТ Р 50.1.056 «Техническая защита информации. Основные термины и определения.»

ных запросов и ответов сделать выводы об установленной на атакуемое устройство ОС.

Другим, крайне ограниченным и менее эффективным способом считается способ идентификации ОС узлов. В основе метода лежит анализ сетевых сервисов, обнаруженных на предыдущем этапе. Как и для идентификации сервисов или сканирования портов, в данном методе также используется прикладное программное обеспечение, в том числе и свободно распространяемые.

- **Определение роли узла**

Предпоследним шагом на этапе сбора информации об атакуемой компьютерной системе является определение его основной роли (например, выполнение функций межсетевого экрана или WEB-сервера). Данный шаг чаще всего выполняется на основе уже собранной информации об активных сервисах, топологии сети, именах узлов и пр.

- **Реализация атаки**

Именно с данного шага начинается попытка доступа на атакуемый узел. При этом доступ может быть, как непосредственный, так и опосредованный. При этом в первом случае (непосредственном), атака может также делиться на два подвида: проникновение и установление контроля.

- **Проникновение**

Проникновение подразумевает под собой преодоление средств защиты периметра. Таковым может являться используемый организацией межсетевой экран. Само проникновение, может быть реализовано различными путями. Например, при помощи использования уязвимости сервиса компьютера, имеющего активный доступ в сеть Интернет, либо при помощи передачи враждебного содержания по электронной почте (подобное называется макровирусом). Такое содержание может использовать «туннели» в межсетевом экране, при помощи которых злоумышленник и будет иметь доступ к атакуемому устройству. Также к подобному можно отнести и простой подбор пароля к учетной записи администратора или иного пользователя используемой ОС при помощи утилит.

- **Установление контроля**

После успешного проникновения злоумышленник устанавливает контроль над атакуемым узлом. Подобное может быть осуществлено путем внедрения программы типа «троянский конь», либо иным аналогом. После успешной установки контроля и уничтожения собственных следов пребывания в системе, злоумышленник способен осуществлять необходимые для него несанкционированные действия уже дистанционно, без всякого мнения владельца компьютерной системы.

- **Цели реализации атак**

Стоит также заметить, что злоумышленник может преследовать несколько целей.

Во-первых, получение несанкционированного доступа к самому узлу и возможно содержащейся на нем информации.

Во-вторых, получение несанкционированного доступа к узлу для осуществления возможности дальнейших атак на другие узлы атакованной сети.

- **Завершение атаки**

Финальным этапом завершения атаки считается «заметание следов» со стороны злоумышленника. Чаще всего подобное реализуется путем удаления соответствующих записей из журналов регистрации узла и других действий, возвращающих атакованную систему в исходное, «предатакованное» состояние.

Программные продукты для тестирования компьютерных сетей на проникновение

Для начала следует разобраться в основных терминах и определениях.

Что может относиться к угрозам безопасности информации?

«**Угроза (безопасности информации)**: Совокупность условий и факторов, создающих потенциальную или реально существующую опасность нарушения безопасности информации»⁴

Для проверки компьютерных систем на наличие конкретных уязвимостей и угроз, делающих возможными сетевые атаки, обычно эти системы подвергаются проверкам методами и средствами «белого хакинга». Одним из таких средств является консольная утилита **Nmap** (или же ее графическая версия **ZenMap**). Она позволяет системному администратору проверить рабочие машины, либо группу рабочих машин на наличие открытых портов, проверить надежность их программно-аппаратной системы защиты (например, пропускную способность и настройки аппаратного межсетевого экрана), а также изобразить схематически локальную сеть для более наглядной работы.

Ключевой выходной информацией программы является таблица просканированных портов. Эта таблица будет содержать номер порта, протокол, имя службы и состояние. Состояние может быть нескольких типов.

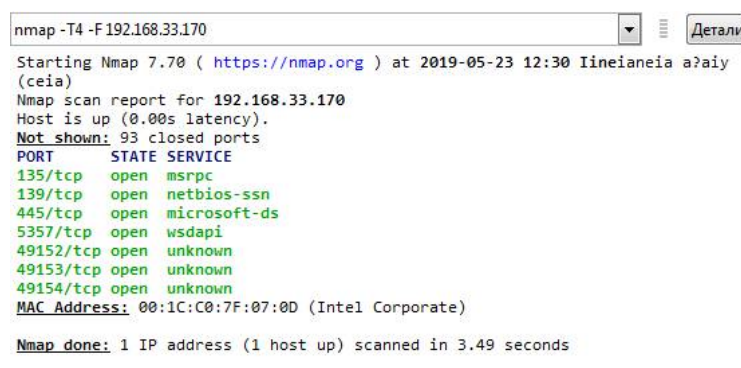
1) Open (открыт) – значит, что приложение на целевой машине готово для установки соединения/принятия пакетов на этот порт.

2) Filtered (фильтруется) – значит, что брандмауэр, сетевой фильтр или какая-то другая помеха в сети блокирует порт и Nmap не может установить открыт порт или закрыт.

3) Closed (закрыт) – значит, что закрытые порты не связаны ни с каким приложением, так что они могут быть открыты в любой момент.

4) Unfiltered (не фильтруется) – значит, что порты отвечают на запросы Nmap, но Nmap не может определить открыты они или закрыты.

Сама по себе программа имеет консольный интерфейс, но для упрощенного использования имеет и графический интерфейс Zenmap. В поле «Цель» указывается имя хоста или IP-адрес целевой системы для проведения сбора информации. Поле «Профиль» предназначено для быстрого выбора типа сканирования, в зависимости от выбранного типа, Zenmap автоматически формирует значение в текстовом поле «Команда». Однако допустимо написание и собственной команды для сканирования с помощью зарезервированных флагов. Рассмотрим несколько примеров специально созданной для подобного рабочей среды.



```
nmap -T4 -F 192.168.33.170
Starting Nmap 7.70 ( https://nmap.org ) at 2019-05-23 12:30 Iineianeia a?aiy
(ceia)
Nmap scan report for 192.168.33.170
Host is up (0.00s latency).
Not shown: 93 closed ports
PORT      STATE SERVICE
135/tcp   open  msrpc
139/tcp   open  netbios-ssn
445/tcp   open  microsoft-ds
5357/tcp  open  wsdapi
49152/tcp open  unknown
49153/tcp open  unknown
49154/tcp open  unknown
MAC Address: 00:1C:C0:7F:07:0D (Intel Corporate)
Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 3.49 seconds
```

Рис. 1. Демонстрация работы утилиты NMap

На рисунке 1 видно, что программа NMap определила, что в компьютерной системе, имеющей адрес 192.168.33.170, имеется 7 портов, каждый из которых является открытым.

⁴ ГОСТ Р 50.1.056 «Техническая защита информации. Основные термины и определения.»

Графическая составляющая данной программы (ZenMap) позволяет нам видеть построенную структуру сети (связь между компьютерами и то, как они взаимодействуют друг с другом). На рисунке 2 можно увидеть графически построенную при помощи функций ZenMap структуру локальной сети небольшой организации.

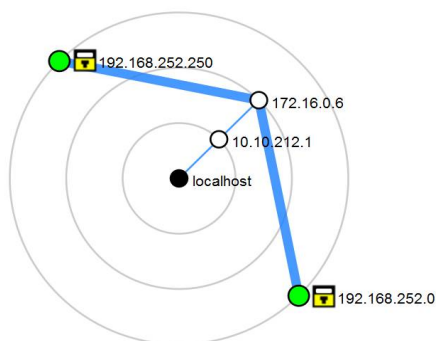


Рис. 2. Схематически построенная при помощи утилиты ZenMap локальная сеть

Компьютер, подключенный к сети Интернет напрямую (без использования NAT или Проxy), может быть также подвержен «атаке» со стороны простейшей на вид программы **IPScan** (известной так же как **Radmin**).

Эта программа, разработанная для системного администрирования, позволяет проникнуть на рабочую машину пользователя, используя для этого лишь IP адрес персонального компьютера. Как видно на рисунке 3, программа позволяет сканировать диапазоны IP адресов, находя и помечая открытые для проникновения с компьютера взломщика. После обнаружения **уязвимости**⁵ (открытых портов) программа позволяет дистанционно выводить на рабочую машину визуальные окна с сообщениями от стороннего пользователя, копировать и заменять данные на внутреннем носителе (с подключенными внешними не функционирует), а также перехватывать управление для дистанционного использования ресурсов ПК.

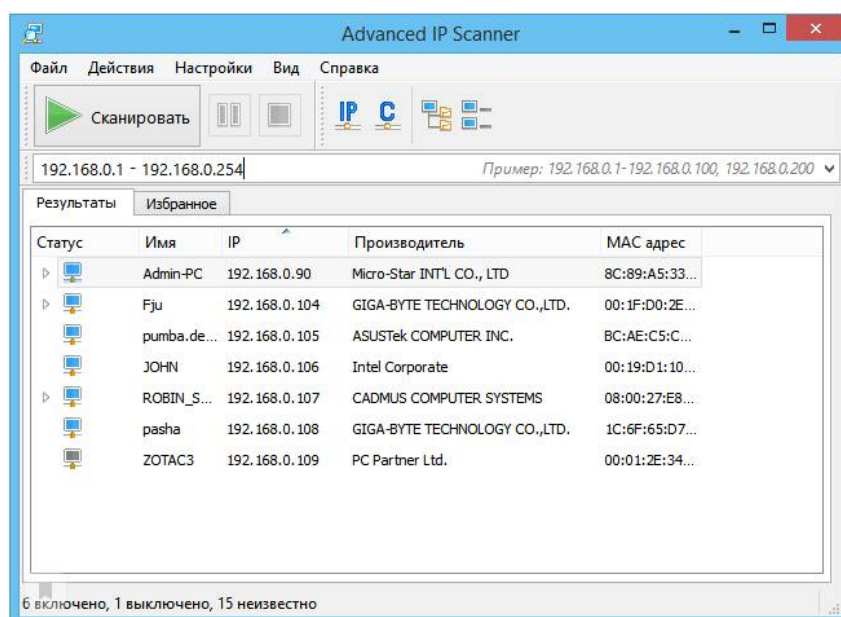


Рис. 3. Просканированный диапазон IP адресов рабочей локальной сети

⁵Уязвимость (информационной системы); брешь: Свойство информационной системы, предоставляющее возможность реализации угроз безопасности, обрабатываемой в ней информации. - ГОСТ Р 50.1.056

Аналогично, как и с ZenMap, для автоматизации проверки и обнаружения известных уязвимостей и брешей в защите можно использовать программу **Nessus**. Чаще всего хакерские группы, различные компании по разработке ПО для обеспечения информационной безопасности, или даже простые пользователи обнаруживают новые уязвимости в каком-либо ПО. Подобные уязвимости могут быть найдены как случайно, так и путем тщательного поиска. После этого в самых разных подробностях информация о новых уязвимостях всплывает в мире компьютерной безопасности. Nessus – программа, сканирующая вашу компьютерную систему и анализирующая ее на наличие возможных уже известных и зафиксированных уязвимостей. После подробного анализа, она продемонстрирует найденные «дыры» в защите и продемонстрирует как именно их можно было бы исправить.

Программный продукт **Ревизор Сети** обычно используется администраторами или службами информационной безопасности (в том числе органами по аттестации объектов информатизации), использующего протоколы стека TCP/IP.

В Ревизоре Сети реализованы различные категории проверок, функционально относящиеся к одному из двух основных режимов работы сканера: сбор информации о тестируемой сети и сканировании уязвимостей сети. Наборы проверок позволяют проводить тестирование наиболее распространенных сервисов (таких как WEB, Mail, FTP, SNMP, RPC и прочие), подбор паролей, определение типов ОС, проверки типа «отказ в обслуживании», проверки учетных записей и системного реестра Windows и многие другие.

Основными возможностями ПО Ревизор Сети являются:

- Реализация уникальных механизмов проверки установленных дистрибутивов семейства Linux, а также OCFreeBSD и Solaris на предмет возможного наличия уязвимостей в программном обеспечении на основе уведомлений, выпускаемых производителями соответствующих дистрибутивов и ОС. При всем этом, база возможных уязвимостей постоянно обновляется и дополняется как с сайтов производителей дистрибутивов, так и ОС.
- Анализ HTTP-серверов. Программа проводит детальный анализ структуры и контента WEB-сайта на предмет наличия разного рода уязвимостей.
- Взаимодействие с известным сетевым сканером NMap (рассмотренным выше) в части идентификации сервисов, сетевых устройств и типов операционных систем.

База данных уязвимостей – обширная база данных, разработанная ФСТЭК РФ и содержащая большой набор известных уязвимостей. В данную базу встроен поиск по различным параметрам, благодаря которому администратор безопасности может найти уязвимости, которым подвержена конкретная ОС.

KaliLinux – специализированный Linux-дистрибутив, предназначенный для тестирования систем на проникновение. Содержит в себе различные инструменты для осуществления атак, создания эксплоитов, сканер портов, поиск возможных угроз внутри тестируемого устройства.

TailsOS (забывчивая ОС) – дистрибутив Linux на основе Debian, созданный для обеспечения приватности и анонимности. Является продолжением развития ОС Incognito. Все исходящие соединения заворачиваются в анонимную сеть Tor, а все неанонимные блокируются. Система предназначена для загрузки с LiveCD или LiveUSB и не оставляет следов на машине, где использовалась. Проект Tor является главным спонсором TAILS. Операционная система рекомендована к использованию «Фондом свободной прессы», а также использовалась Эдвардом Сноуденом для разоблачения PRISM⁶.

⁶ Информация взята из свободного информационного ресурса Wikipedia.

Защита от проникновения (сетевых атак)

Методы реализации защиты от атаки на компьютерную систему

Для уменьшения вероятности реализации угрозы компьютерных систем, рекомендуется обеспечивать выполнение комплекса организационно-технических мер по защите информации.

Организационные меры защиты от направленных атак:

- Повышение осведомленности сотрудников в области информационной безопасности. Специалисты по информационной безопасности должны регулярно проводить обучение сотрудников и информировать их о теоретически возможных угрозах информационной безопасности.
- Оценка эффективности уровня защиты внутри организации при помощи специалистов по ИБ организации или с привлеченными внешними специалистами.
- Регулярное обновление установленного Программного Обеспечения (ПО). Для обеспечения предотвращения возможных атак вредоносного ПО на целевые системы через известные уязвимости необходимо обеспечивать своевременное тестирование и обновление системного и прикладного ПО.
- Систематизация резервного копирования данных. Необходимо регулярно выполнять резервное копирование важных для организации данных, систем хранения данных, рабочих мест пользователей. Резервная копия должно храниться на закрытом сервере, доступ к которому будут иметь только специалисты по ИБ, либо на изымаемом жестком диске в сейфе специалиста ИБ (в зависимости от типа данных хранящихся на носителе).

Технические меры защиты от направленных атак.

Данные технические мероприятия проактивной защиты от направленных атак принимаются на уровне сети и на уровне хоста.

Меры проактивной защиты на уровне сети:

- Использование систем фильтрации электронной почты. Обеспечивает анализ почтового трафика на наличие нежелательных писем, ссылок, вложений и пр.
- Использование систем контентной фильтрации веб-трафика. Обеспечивает разграничение и контроль доступа пользователей к сети Интернет, потоковый анализ трафика, разграничение доступа пользователей к содержимому веб-страниц.
- Использование систем защиты от целенаправленных атак. Обеспечивает атаку нулевого дня, реализующую эвристический и поведенческий анализ потенциально опасных файлов перед отправкой файла в защищаемые информационные системы.
- Обеспечение контроля доступа к корпоративной сети. Исключение прямого взаимодействия внешних пользователей с ресурсами корпоративной информационной системы при помощи промежуточных шлюзов доступа с наложенными корпоративными средствами защиты информации.
- Сегментирование сети, по принципу необходимой достаточности для исключения избыточных разрешений сетевого взаимодействия, ограничения возможности распространения вредоносных программ в корпоративной сети в случае заражения одного из серверов, виртуальных машин, либо рабочих мест пользователей.

Меры проактивной защиты на уровне хоста:

- Обеспечение защиты от несанкционированного доступа рабочих мест, серверов, виртуальных машин путем усиленной аутентификации пользователей, контроля целост-

ности операционной системы, блокировки загрузки системы с внешних носителей для исключения заражения корпоративной сети нарушителями внутри периметра сети.

- Обеспечение антивирусной защиты.
- Обеспечение мониторинга и контроля действий ПО.
- Обеспечение контроля подключения внешних устройств.
- Обеспечение продвинутой защиты хостов с помощью поведенческого анализа.
- Использование агентских решений по защите от вымогателей.
- Обеспечение межсетевое экранирования на уровне хоста.

Программно-аппаратные средства защиты

Система обнаружения вторжения – программное или программно-аппаратное средство, предназначенное для определения **несанкционированного доступа**⁷ в компьютерную систему или сеть, либо факт незаконного управления ими через сеть Интернет. Подобная система обнаружения вторжений обеспечивает дополнительный уровень защиты компьютерных систем. Стоит заметить, что под **системами обнаружения вторжения** подразумевают: «программное или программно-техническое средство, реализующие функции автоматизированного обнаружения (блокирования) действий в информационной системе, направленных на преднамеренный доступ к информации, специальные воздействия на информацию (носители информации) в целях ее добывания, уничтожения, искажения и блокирования доступа к ней.»⁸

Система обнаружения вторжений (СОВ) используется для обнаружения определенных видов вредоносных активностей, которые могут нарушить безопасность компьютерной системы. К подобным активностям обычно относят сетевые атаки против уязвимых сервисов, атаки, направленные на повышение прав (привилегий), направленны на неавторизованный доступ к важным файлам, а также на действия вредоносного программного обеспечения (компьютерные вирусы, черви, трояны).

СОВ делятся на пассивные и активные. В пассивной системе обнаружения при обнаружении нарушения безопасности информации о нарушении автоматически записывается в журнал приложения, а также сигнал об опасности отправляется на консоль, либо администратору системы по специальному каналу связи.

В активной системе, которая также известна, как Система предотвращения вторжений⁹, СОВ начинает вести ответные действия, направленные против нарушения, сбрасывая соединение или перенастраивая межсетевой экран для блокирования трафика от злоумышленников. Причем ответные действия могут проводиться как автоматически, так и под руководством администратора. Стоит также понимать, что именно определяется как Межсетевой Экран. Под межсетевым экраном понимают: «локальное (однокомпонентное) или функционально-распределенное программное (программно-аппаратное) средство (комплекс), реализующее контроль за информацией, поступающей в автоматизированную систему и (или) выходящей из автоматизированной системы»¹⁰

⁷ Несанкционированный доступ к информации [ресурсам информационной системы]; НСД: Доступ к информации [ресурсам информационной системы], осуществляемый с нарушением установленных прав и (или) правил доступа к информации [ресурсам информационной системы] с применением штатных средств информационной системы или средств, аналогичных им по своим функциональному назначению и техническим характеристикам. - 50.1.056-2005 «Техническая защита информации. Основные термины и определения»

⁸ ИТ.СОВ.С5.ПЗ. Методический документ ФСТЭК России. Профиль защиты систем обнаружения вторжений уровня сети пятого класса защиты" (утв. ФСТЭК России 06.03.2012)

9 «ВИД СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ, СПЕЦИАЛЬНО ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АКТИВНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ.» - ГОСТ Р ИСО/МЭК 27033-1-2011

¹⁰ГОСТ Р 50.1.056 «Техническая защита информации. Основные термины и определения.»

Snort – представляет собой свободную сетевую систему предотвращения вторжений и обнаружения вторжений с открытым исходным кодом. Данная система способна выполнять регистрацию пакетов, а также осуществлять анализ трафика IP-сетей в реальном времени. Среди всего функционала данной системы присутствует: выполнение протоколирования, анализ, поиск по содержимому, а также широкое применение для активного блокирования или пассивного обнаружения целого ряда нападений и зондирований (к которым можно отнести попытки атак, переполнение буфера, скрытое сканирование портов, атаки на веб-приложения SMB–зондирование, а также попытки определения операционной системы. Данное ПО в основном используется для предотвращения проникновения, блокирования атак, если таковые имеют место быть.

Как уже ни раз упоминалось, известный злоумышленнику IP адрес способен привести к большому количеству проблем для случайного пользователя, которому этот адрес принадлежит. Именно для противодействия атакам, базирующимся на проникновении с использованием IP адреса машины, и используются системы **NAT** и **Proxy**.

NAT – в переводе, преобразование сетевых адресов. Это механизм в сетях TCP/IP, позволяющий изменять имеющийся IP адрес в заголовке пакета, проходящего через устройство маршрутизации трафика.

По функционированию NAT делится на:

- Статический NAT – выполняет отображение незарегистрированного IP-адреса на зарегистрированный IP-адрес на основании один к одному. Подобный вид NAT особенно полезен, когда устройство должно быть доступным снаружи сети.
- Динамический NAT – выполняет отображение незарегистрированного IP-адреса на зарегистрированный адрес из группы зарегистрированных IP-адресов. Динамический NAT также позволяет устанавливать непосредственное отображение между незарегистрированными и зарегистрированными адресами, но отображение может при этом меняться в зависимости от зарегистрированного адреса, доступного в пуле адресов, во время коммуникации.
- Перегруженный NAT – является формой динамического NAT, который отображает несколько незарегистрированных адресов в единственный незарегистрированный IP-адрес, используя различные порты.

Proxy – обычно это промежуточный сервер (возможно комплекс программ) в компьютерной сети, выполняющий роль посредника между пользователем и целевым сервером. За счет этого позволяющий клиентам выполнять как косвенные запросы к другим сетевым службам, так и получать ответы. Прокси-сервер позволяет защищать компьютер клиента от некоторых сетевых атак и помогает сохранять анонимность клиента. Но не стоит забывать, что при этом Proxy может использоваться и злоумышленниками для скрытия адресов сайтов, изменении содержимого целевых сайтов, а также для перехвата запросов случайных пользователей.

Для защиты от сетевых атак можно использовать программный продукт **ZoneAlarm** фирмы CheckPointSoftwareTechnologies. Данный программный продукт является программным межсетевым экраном, разработанным для использования на рабочих и домашних компьютерах. С точки зрения своей функциональности ZoneAlarm способен обеспечить многоуровневую защиту, в которой, на основании выбранного уровня безопасности, программа блокирует или разрешает установленные соединения с локальной сетью или Интернетом, а также предупреждает о попытках установить несанкционированное соединение и предотвратить его.

ZoneAlarm также оснащен такими модулями, как firewall, контроллер работы установленных программ (занимается сканирование программ и блокированием при помощи утилиты тех, что имеют выход в Интернет и не относятся к белому списку), инструменты для установления уровней безопасности и созданию самих зон безопасности и пр.

ZoneAlarm также выполняет функции антивируса: программу можно настроить таким образом, что она будет внимательно отслеживать файлы строго определенного формата или же следить за всеми файлами обрабатываемыми сторонней программой, на которую заведомо была навешана метка определенного уровня доступа.

С момента установки и запуска, ZoneAlarm формирует пустой белый список (разрешенные программы), автоматически маркируя все установленные программы, заноса их в свой внутренний реестр и отслеживая дальнейшее перемещение по внутреннему жесткому диску относящихся к их работоспособности файлов. После этого, администратор будет обязан руками заполнить внутренний журнал (белый список), сформировав таким образом разрешенную группу программного обеспечения, установленного на рабочей машине, тем самым разрешив им выход в сеть. При этом, в программе предусмотрено несколько уровней разрешенного доступа, каждый из которых выдает строго определенные права помеченному и занесенному в список ПО. Всего имеется 6 уровней доступа:

- Super – максимальный уровень доступа
- Trusted – средний уровень доступа
- Restricted – минимальный уровень доступа
- Ask – спрашивать при каждой попытке подключиться к сети
- Kill – пресекать любую попытку подключения к сети
- No Enforcement – никаких прав

Каждый из них выдает строго ограниченный доступ. Вплоть до формирования списка разрешенных или запрещенных интернет страниц.

Библиографический список

1. Компьютерная справочная правовая система «Консультант Плюс»
URL: <http://www.consultant.ru/>
2. ПаулиноКальдерон – «Nmap Cookbook: The Fat-Free Guide to Network Security Scanning»
URL: <https://www.ebookscom.org/book/20346402/nmap-cookbook-the-fat-free-guide-to-network-scanning/>
3. Петренко С.А., Курбатов В.А. – «Политики безопасности компании при работе в интернет»
URL: <http://litra.pro/politiki-bezopasnosti-kompanii-pri-rabote-v-internet/petrenko-sergej-aleksandrovich/read>
4. Майкл Саттон, Адам Грин, ПедрамАмини – «Fuzzing: исследование уязвимостей методом грубой силы»
URL: <https://b-ok.cc/book/2064495/5d1431>
5. Бирюков А.А. – «Информационная безопасность: защита и нападение.»
URL: https://codernet.ru/books/hacking/informacionnaya_bezopasnost_zashhita_i_nanadenie/

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ИНФОРМАЦИЯ О III МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» СТНО-2020» | 3 |
| МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ. РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» | 5 |
| Секция «ЦИФРОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ» | 5 |
| Самойлов А.Г., Самойлов В.С., Аль Тахар И.А., Насир С.А. Блочная синхронизация цифровых информационных потоков с помехоустойчивым кодированием..... | 5 |
| Валуйский Д.В., Витязев С.В. Алгоритмы подавления боковых лепестков при приеме сигналов с фазовой манипуляцией..... | 8 |
| Нгуен Т.Х. Технология АСМ в системе DVB-S2X..... | 13 |
| Макаркин И.И. Обзор программных моделей для исследования межсотовой интерференции в гетерогенных LTE сетях..... | 18 |
| Дворянков Д.А., Витязев С.В. Оценка статистических свойств сигналов в системе предупреждения столкновений..... | 22 |
| Звездочкин М.Ю., Миронов В.В. Обработка потоковой информации с применением кодов Рида-Соломона в режиме реального времени..... | 27 |
| Сальников А.П. Применение текстового редактора для системы конфигурации информационных сайтов на базе фреймворка Slate..... | 31 |
| Шевлягин С.А., Линович А.Ю. Модели каналов в системах подвижной радиосвязи..... | 34 |
| Секция «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ» | 38 |
| Бакулина В.И., Воробьева Е.В. SWOT-анализ процесса каталитического риформинга..... | 38 |
| Воронов М.В., Коваленко В.В., Лызлова М.В., Мельник Г.И., Трунькин Д.С., Шуварилова Т.П. Исследование содержания бензола в бензинах методом ИК-спектроскопии..... | 41 |
| Дёмочкина Я.В., Логинов В.С., Лызлова М.В., Мельник Г.И. Мониторинг химического состава полусинтетического моторного масла в процессе эксплуатации методом ИК-спектроскопии..... | 44 |
| Воробьева Е.В., Шестакова М.С. Получение почвогрунта путём комплексной утилизации образующихся отходов..... | 50 |
| Кулавина Н.Ю., Шашкина Г.А., Ветшев К.А., Рубцова А.Д. Автоматизация расчета параметров технологического процесса никелирования в среде UNITY ENGINE..... | 53 |
| Воробьева Е.В., Ветшев К.А., Рубцова А.Д. Исследование влияния режима проведения электролиза на качество получаемого покрытия..... | 56 |

| | |
|---|-----------|
| Мельников Д.В. Достижение качества очищенных сточных вод..... | 60 |
| Дмитриев А.О. Технологическое обеспечение производства толстостенных изделий из полимерных композитов..... | 63 |
| Самойлов А.С., Коваленко В.В. Оптимизация процесса регенерации цеолитов..... | 67 |
| Шамело М.А. Внедрение дополнительных теплообменных аппаратов реакторного блока установки ГВГ..... | 71 |
| Зайцев Е.А. Оптимизация теплообмена блока подогрева сырья перед технологическими печами с целью повышения энергоэффективности на установке Л-24/600..... | 74 |
| Михов В.Д. Реконструкция установки 12/1 с целью выделения i-C5..... | 79 |
| Кошелев И.И., Лызлова М.В., Мельник Г.И. Анализ методов исследования ароматических соединений в продуктах экстракции бензинов..... | 82 |
| Синев И.И. Модернизация системы охлаждения насосного оборудования установки «Изомеризация»..... | 86 |
| Рыжов Н.М. Исследование факторов, влияющих на качество гальванического осаждения меди в производстве печатных плат..... | 90 |
| МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»..... | 94 |
| Секция «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»..... | 94 |
| Ланцов В.Н., Никитов И.А., Папулина А.П. Алгоритм решения уравнений гармонического баланса..... | 94 |
| Скворцов С.В., Фетисова Т.А. Направления исследований параллельных генетических алгоритмов..... | 98 |
| Юдаев Ю.А. Моделирование электрических и магнитных полей при создании систем автоматизированного проектирования..... | 105 |
| Костиков М.Г., Миронов В.В. К расчету стоимости жилищно-коммунальных услуг при использовании общедомовых приборов учета в муниципальных расчетных системах..... | 111 |
| Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Нейросетевое прогнозирование состояния структуры программно-конфигурируемой сети..... | 115 |
| Перепелкин Д.А., Цыганов И.Ю. Разработка веб-сервиса сегментирования программно-конфигурируемых сетей..... | 118 |
| Скуров Д.А. Анализ современных методологий разработки программного обеспечения и их применение в информационной системе управления грузовой авиакомпанией..... | 121 |
| Бакулева М.А., Шульгин К. Математическая модель автоматизации процесса составления расписания на основе теории трансверсалей..... | 126 |

| | |
|---|-----|
| Секция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ» | 130 |
| Батыргалиев А.Б., Смадиева А.Г. Подходы к оцениванию качества шума генераторов пространственного электромагнитного зашумления с применением статистических методов на случайность..... | 130 |
| Иванов Л.А. Разработка информационной системы для оптимизации работы патрулей экстренных служб..... | 134 |
| Амосов В.И., Зубков Д.А., Хломко В.И., Калинкина Т.И., Кузьмин Ю.М. Протокол двухфакторной аутентификации FIDO2F..... | 137 |
| Ципорков Н.И., Гринченко Н.Н. Разработка распределенной системы для автоматизации процесса обучения..... | 142 |
| Смирнов В.А., Ермошин А.В. Возможности использования методов стеганографии при публикации изображений в социальной сети ВКОНТАКТЕ..... | 145 |
| Зубков Д.А., Амосов В.И., Хломко В.И., Кузьмин Ю.М., Калинкина Т.И. Анализ компьютерной сети на возможность проникновения и последующая защита с помощью прикладного ПО..... | 149 |

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Научное издание

В 10 томах

Том 3

Под общей редакцией О.В. Миловзорова.

Подписано в печать 15.06.20. Формат 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 20,25.

Тираж 100 экз. Заказ №.

Рязанский государственный радиотехнический университет,
Редакционно-издательский центр РГРТУ,
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.
Отпечатано в типографии Book Jet,
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18