

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»**

при поддержке:  
Российской академии естественных наук  
Академии наук Республики Башкортостан  
Общественной организации  
«Профессионалы дистанционного обучения»  
Ассоциации образовательных программ  
«Электронное образование Республики Башкортостан»  
Российского союза научных и инженерных  
общественных объединений  
МИП УГНТУ «Научно-производственный центр  
НЕФТЕГАЗИНЖИНИРИНГ»

# **Информационные технологии Проблемы и решения**

У ф а  
Издательство УГНТУ  
2 0 2 0

**Информационные технологии. Проблемы и решения.** – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. 2(11). 144 с.

**Information technology.** – Ufa: USPTU, 2020. 2(11). 144 p.

**Учредитель:**

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
нефтяной технический университет**

**2020, 2(11)**

Издается с 2014 г.

**РЕДКОЛЛЕГИЯ**

**Главный редактор**

Р.Н. Бахтизин, первый проректор Уфимского государственного нефтяного технического университета, д-р физ.-мат. наук, профессор

**Члены редколлегии**

Ю.Н. Белоножкин, канд. экон. наук, доцент кафедры финансы и кредит Сочинского государственного университета

Й. Дарадке, доцент, заместитель декана факультета вычислительной техники и сетей Университета принца Саттама бин Абдулазиза (PSAU) - Королевство Саудовская Аравия (KSA)

Ф.У. Еникеев, д-р техн. наук, профессор кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета

В.В. Ерофеев, д-р техн. наук, профессор, руководитель Челябинского регионального отделения РАЕН

Н.В. Корнеев, д-р техн. наук, профессор кафедры управления безопасностью сложных систем Губкинского университета, член-корр. РАЕН

И.М. Михайловская, ст. преподаватель кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета

Е.А. Султанова, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, член-корр. РАЕН

В.Н. Филиппов, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, действительный член РАЕН

© ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2020

© Коллектив авторов, 2020

Полнотекстовая версия выпуска размещена в Научной электронной библиотеке elibrary.ru по ссылке:

[https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=61250](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=61250)

Подробности на сайте: <http://vtik.net>

Отпечатано с готового электронного файла.

Подписано в печать 25.05.2020. Формат 60x80 1/16. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 8,37. Тираж 800 экз. Заказ 99.

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета

450062, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

**Founder:**

**FSBEU NE Ufa State Petroleum  
Technological University**

**2020, 2(11)**

Published since 2014

**EDITORIAL BOARD**

**Editor-in-Chief**

R.N. Bakhtizin, Dr. of Physical and Mathematical Sci., Professor, First Vice-Rector of Ufa State Petroleum Technological University

**Editorial Board Members:**

Yu. N. Belonozhkin, PhD Economic Sci. Department of Finance and Credit Sochi State university

Dr. Yousef Daradkeh, Associate Professor and Assistant Dean for Administrative Affairs, Department of Computer Engineering and Networks, Prince Sattam bin Abdulaziz University (PSAU) - Kingdom of Saudi Arabia (KSA)

F.U. Enikeev, Dr. of Technical Sci., Professor of Department of Computer Science and Engineering Cybernetics Ufa State Petroleum Technological University

V.V. Yerofeyev, Dr. Sci. Professor, Head of the Chelyabinsk regional branch of RANS

N.V. Korneev, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Safety Management of Complex Systems, Gubkin University, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences.

I.M. Mikhaylovskaya, Senior Lecturer of Department of Computer Engineering and Engineering Cybernetics Ufa State Petroleum Technological University

E.A. Sultanova, PhD, Deputy Head of Department of Computer science and Engineering cybernetics Ufa State Petroleum Technological University, corresponding member RANS

V.N. Filippov, PhD, Deputy Head of Department of Computer science and Engineering cybernetics of Ufa State Petroleum Technological University, Full member of the RANS

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ

Полищук Ю.В., Валгуснов А.С. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФАКТОГРАФИЧЕСКОГО КОНТЕНТА СИСТЕМ АСУ ТП.....	5
Зиязиева Л.Р., Темербекова А.А. ДИСТАНЦИОННО-ОБУЧАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	11

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Киреев К.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФАЗОВОЙ ПЛОСКОСТИ В MULTISIM.....	16
Кирюшин О.В., Асыллов М.А. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ.....	21
Ежова Н.В., Федоров С.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАТЛАВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ...	26
Мухаметрахимов М.Х. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V, ПОЛУЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ.....	33
Тюрганов А.Г., Галимов А.К., Лутфуллин Р.Я. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ И КОНСТРУКЦИОННЫМ КАЧЕСТВОМ НА ОСНОВЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ПРОДУКЦИЙ.....	38
Егоркин А.А. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБВАЛОВКИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	44
Драничников И.А., Попов Ф.А. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОЧНОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	49
Грушина А.А. РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА АПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ.....	53
Панин Н.А., Попов Д.А., Панкратьев Е.Ю. КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ ПОДХОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМОВ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.....	57
Богучаров В.А. ЦОД И БИЗНЕС-АНАЛИТИКА В УПРАВЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ.....	62
Мингалиев З.З. МНОГОФАКТОРНАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЛИКЕМИИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ ТИПА I.....	67

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

Шарафутдинова Д.Р., Янбеков Э.Р., Муфтахов Т.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	73
--	----

Мясоедов А.И. ЭФФЕКТЫ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ИННОВАЦИЙ.....	78
Ткаченко К.С. ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ВЫСОКОЙ ГОТОВНОСТИ.....	82
Патрушев А.А., Беспалый С.В. ЦИФРОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И НАВЫКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ.....	88
Родионов А.С., Фархутдинов Р.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА «ОБРАБОТКА ЗАЯВОК НА ПОСТАВКУ ПРОДУКЦИИ».....	93
Анфёров М.А. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ.....	97
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b>	
Шарипова Д.Д., Султанова Е.А. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНОСА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ.....	103
Задорина М.Ю. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ СБОРА ЦИФРОВЫХ СЛЕДОВ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА.....	107
Оглезнева О.В. АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ КОРОТКИХ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ.....	113
<b>СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ</b>	
Юзлибаев Р.А. ТРАНСФЕР ДАННЫХ О ДВИЖУЩИХСЯ АВТОБУСАХ ИЗ ВНЕШНИХ СЕРВИСОВ В СИСТЕМУ BUSTRONIC.....	119
<b>СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Сладкова М.Ю. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНЦЕПЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	124
<b>СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ</b>	
Крючков Д.К., Емельянов В.Е. ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	130
Корнеев Н.В., Меркулов В.Д. КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ В ВЕРТИКАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИЕРАРХИЯХ ЦЕНТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ.....	134
<b>СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</b>	
Шарипова Д.Д. НЕЙРОННАЯ СЕТЬ IMAGEAI: РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ.....	140

## ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 004.91

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФАКТОГРАФИЧЕСКОГО КОНТЕНТА СИСТЕМ АСУ ТП

### AUTOMATED VISUALIZATION OF FACTOGRAPHIC CONTENT OF PROCESS CONTROL SYSTEMS

Полищук Ю.В., Валгуснов А.С.,  
ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»,  
г. Оренбург, Российская Федерация

Y.V. Polishuk, A.S. Valgusnov,  
FSBEI HPE "Orenburg state university",  
Orenburg, Russian Federation

e-mail: youra\_polishuk@bk.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрен способ автоматизированной визуализации фактографического контента АСУ ТП, который позволяет ЛПР реализовать экспресс-анализ данной системы. При использовании графических схем АСУ ТП возникает проблема их поддержания в актуальном состоянии, так как структура системы может меняться со временем. Чем больше и сложнее система, тем выше сложность внесения изменений в графическое представление. Для решения данной проблемы можно использовать фактографическое описание системы АСУ ТП в текстовой форме (информацию обо всех элементах и связях между ними) и автоматическую генерацию графического представления из данного описания. В работе отдельно описан способ и формат хранения такого описания с помощью языка XML и возможности использования XML-схемы для проверки данного описания на соответствие установленному формату. Кроме того, показано использование языка XSLT для преобразования фактографического описания в виде XML-документа в формат разметки масштабируемой графики SVG и получения конечного графического представления автоматизированной системы управления технологическим процессом. Рассматриваются полезность быстрой генерации графического представления, преимущества формата XML для описания системы и плюсы формата SVG в качестве графического представления.

**Abstract.** The paper considers a method for automated visualization of the factographic content of an automated process control system, which allows decision makers to implement an ex-press analysis of this system. When using graphical schemes of automatic process control systems, the problem arises of keeping them up to date, since the structure of the system can change over time. The larger and more complex the system, the higher the complexity of making changes to the graphical representation. To solve this problem, you can use the factographic description of the automatic process control system in text form (information about all the elements and the relationships between them) and the automatic generation of a graphical representation from this description. The work separately describes the method and

format for storing such a description using the XML language and the possibility of using an XML scheme to check this description for compliance with the established format. In addition, the use of XSLT language for converting a factographic description in the form of an XML document into the markup format of scalable SVG graphics and obtaining the final graphical representation of an automated process control system is shown. The article discusses the usefulness of quick generation of graphical representations, the advantages of XML format for describing the system and the advantages of SVG format as a graphical representation.

**Ключевые слова:** визуализация контента, фактографический контент, АСУ ТП, XML, XSD, XSLT.

**Keywords:** content visualization, factographic content, APCS, XML, XSD, XSLT.

Современные предприятия при реализации производственных процессов широко применяют автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Процесс их эксплуатации требует присутствия лица, принимающего решения (ЛПР), которое реализует управление и обслуживание данными системами [1]. Для эффективной реализации последнего ЛПР должен обладать хорошим представлением структуры АСУ ТП и элементов, входящих в ее состав. Для быстрого ознакомления с системой удобнее всего использовать её графическое представление – схему всех используемых в системе элементов, связей между ними, интерфейсов и протоколов. Однако, система может меняться и в этом случае постоянное изменение графического представления является трудоемким процессом. Поэтому имеет место использование простого текстового описания схемы и дальнейшее автоматическое построение изображения.

Таким образом, актуальным направлением исследований является автоматизированная генерация визуального представления систем АСУ ТП по их фактографическому описанию.

Рассмотрим реализацию возможностей автоматизированной генерации визуального представления АСУ ТП на примере системы, структурная схема которой изображена на рисунке 1.

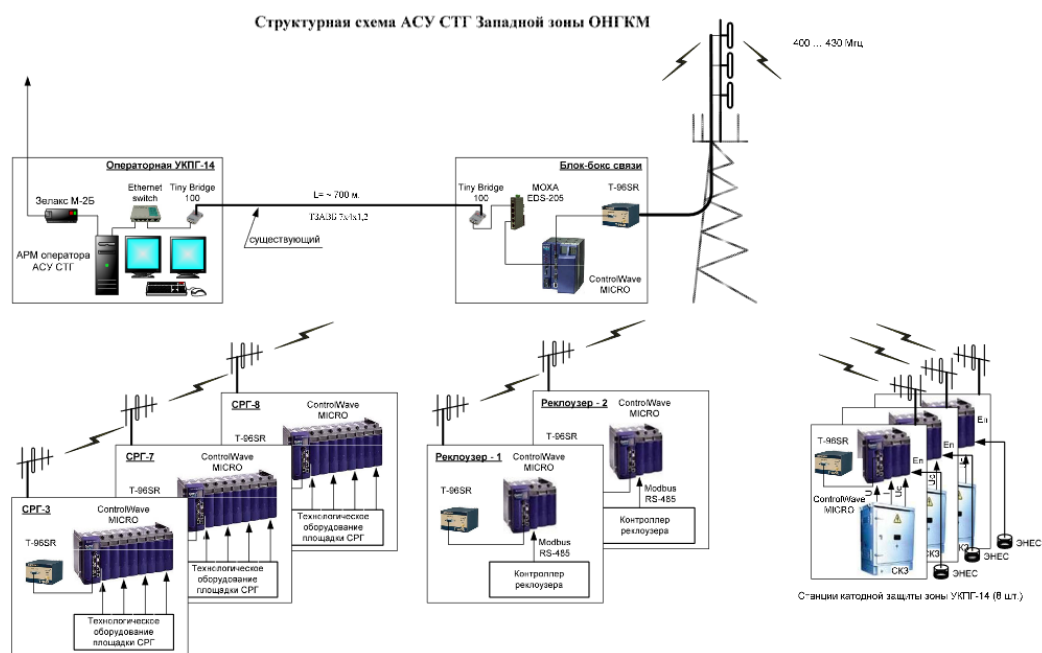


Рисунок 1. Структурная схема АСУ ТП

Для реализации хранения фактографических данных АСУ ТП используем формат XML [2]. К преимуществам данного формата можно отнести удобство редактирования контент XML-документов, а также множество технологий и инструментов, реализованных на его основе.

Используя формат XML для описания фактографического контента АСУ ТП удобно представить в виде графа.

В этом случае ее описание представляется посредством наборов вершин (блок <elements>) и связей (блок <links>) между ними.

Так как несколько элементов схемы могут быть одной и той же моделью, то, с целью исключения дублирования, подробное описание моделей вынесено отдельно (блок <models>), а элементы схемы ссылаются на них через атрибут «model».

Пример описания первых трех элементов схемы представлен на рисунке 2.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<root>
  <models>
    <model id="Mzelax" class="communication">
      <name>Зелакс М-2Б</name>
      <io>
        <port id="0" iface="RJ-45"/>
      </io>
    </model>
    <model id="Mpc" class="pc">
      <name>ПК</name>
      <io>
        <port id="0" iface="RJ-45"/>
        <port id="1" iface="RJ-45"/>
      </io>
    </model>
    <model id="Mswitch" class="communication">
      <name>Ethernet Switch</name>
      <io>
        <port id="0" iface="RJ-45"/>
        <port id="1" iface="RJ-45"/>
      </io>
    </model>
  </models>
  <elements>
    <element id="zelax" model="Mzelax"/>
    <element id="pc" model="Mpc"/>
    <element id="switch" model="Mswitch"/>
  </elements>
  <links>
    <link from="zelax" from-port="0" to="pc" to-port="0"/>
    <link from="pc" from-port="1" to="switch" to-port="0"/>
  </links>
</root>
```

Рисунок 2. Пример описания первых трех элементов

Проверить корректность фактографических данных можно с помощью XML-схемы (XSD) [3].

Эта схема описывает структуру XML-документа, типы данных и накладываемые на них ограничения.

Также в XSD устанавливаются связи между элементами, что позволяет проверить ссылочную целостность и гарантировать отсутствие ссылок на несуществующие XML-элементы.

Пример XML-схемы, описывающей элемент <model>, показан на рисунке 3.

```
<xs:complexType name="Tmodel">
  <xs:annotation>
    <xs:documentation>Описание модели устройства</xs:documentation>
  </xs:annotation>
  <xs:sequence>
    <xs:element name="name" type="xs:string"/>
    <xs:element name="description" type="xs:string" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="url" type="xs:anyURI" minOccurs="0"/>
    <xs:element name="io">
      <xs:complexType>
        <xs:sequence>
          <xs:element name="port" type="Tport" maxOccurs="unbounded"/>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
      <xs:unique name="PortId">
        <xs:selector xpath="port"/>
        <xs:field xpath="@id"/>
      </xs:unique>
    </xs:element>
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="id" type="xs:ID" use="required"/>
  <xs:attribute name="class" use="required">
    <xs:simpleType>
      <xs:restriction base="xs:string">
        <xs:enumeration value="pc"/>
        <xs:enumeration value="communication"/>
        <xs:enumeration value="control"/>
        <xs:enumeration value="sensor"/>
      </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
  </xs:attribute>
</xs:complexType>
```

Рисунок 3. Пример XSD описания модели устройства АСУ ТП

Для представления полученной схемы АСУ ТП в графическом виде используем XSLT [4] – язык преобразования и визуализации для XML. Он позволяет трансформировать XML-документы из одного формата в другой. В качестве выходного формата преобразования используем SVG [5] – формат векторной графики, для описания которой используется XML.



Алгоритм трансформации проходит в два этапа:

- 1) определение координат всех элементов схемы;
- 2) построение схемы по полученным координатам.

Данный подход в организации процесса трансформации реализует возможность его эффективной модернизации при необходимости, так как внесение изменений в один из этапов практически не повлияет на другой.

Пример XSLT-шаблона для построения узла графа показан на рисунке 4.

```
<xsl:template match="element" mode="ElementToSvg">
  <xsl:variable name="id" select="@id"/>
  <xsl:variable name="coord" select="$coords/coord[@eid=$id]"/>
  <xsl:variable name="x" select="$coord/@x"/>
  <xsl:variable name="y" select="$coord/@y"/>
  <xsl:variable name="modelId" select="@model"/>
  <xsl:variable name="class" select="//model[@id=$modelId]/@class"/>
  <svg:text x="{ $x + 15 }" y="{ $y }" class="model-name">
    <xsl:value-of select="//model[@id=$modelId]/name"/>
  </svg:text>
  <xsl:choose>
    <xsl:when test="$class='communication'">
      <svg:rect x="{ $x - 5 }" y="{ $y - 5 }" width="10" height="10"/>
    </xsl:when>
    <xsl:when test="$class='sensor'">
      <svg:polygon points="{ $x }, { $y - 5 } { $x + 5 }, { $y + 5 } { $x - 5 }, { $y + 5 }"/>
    </xsl:when>
    <xsl:when test="$class='control'">
      <svg:polygon points="{ $x }, { $y - 5 } { $x + 5 }, { $y } { $x + 3 }, { $y + 5 } { $x - 3 }, { $y + 5 } { $x - 5 }, { $y }"/>
    </xsl:when>
    <xsl:otherwise>
      <svg:circle cx="{ $x }" cy="{ $y }" r="5" class="ecls-{$class}"/>
    </xsl:otherwise>
  </xsl:choose>
</xsl:template>
```

Рисунок 4. XSLT-шаблон на построения узла графа

В зависимости от класса элемента, выбирается способ его графического представления. В результате для ЛПП легче ориентироваться среди множества элементов и концентрировать внимание только на нужных в данный момент.

Полученное в результате преобразования графическое представление АСУ ТП показано на рисунке 5.

Структурная схема АСУ ТП, изображенная на рисунке 5, сгенерирована автоматически и представлена форматом SVG.

К преимуществам данного представления можно отнести его компактность (13.4 Кб) и возможность внесения дополнительных корректировок с помощью таких графических редакторов как Inkscape [6].

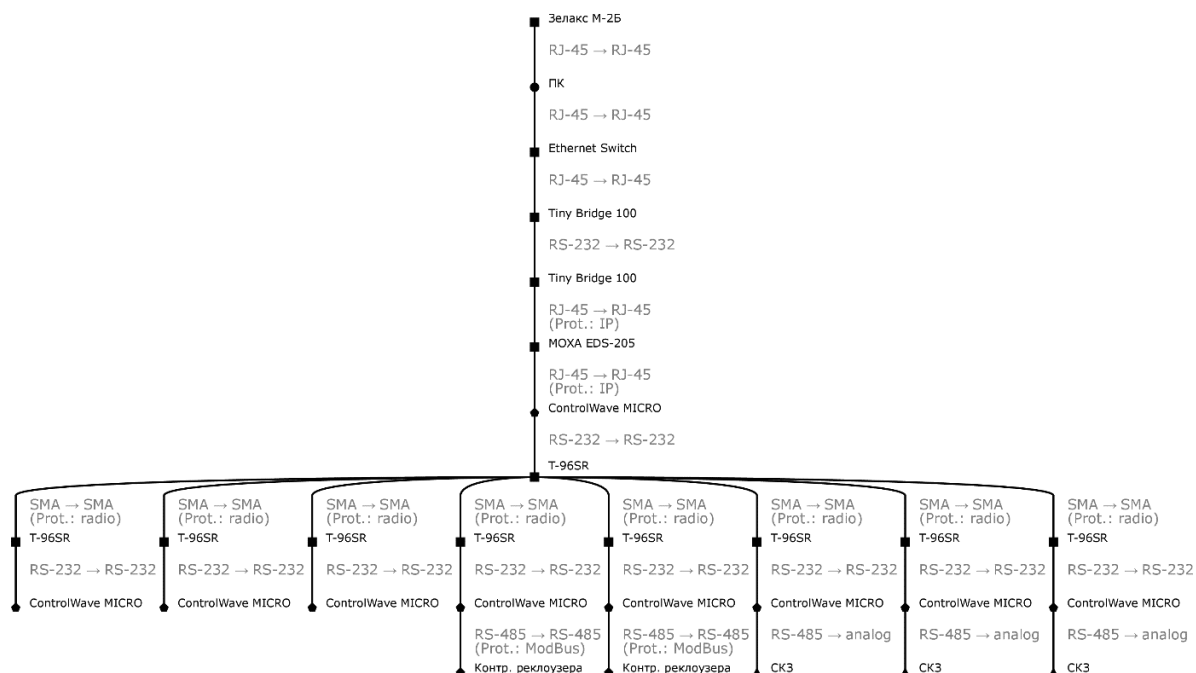


Рисунок 5. Автоматически сгенерированное графическое представление АСУ ТП

### Выводы

Таким образом, предложенный в работе способ визуализации структурных схем АСУ ТП, позволяет получать их визуальное представление автоматизировано путем обработки их фактографических данных, что позволяет ЛПП быстро ознакомиться с их структурой и составом при необходимости, а хранение фактографического описания реализует возможность его автоматизированной обработки, например, в процессах модернизации АСУ ТП.

### Литература

1. Полищук Ю.В. Квазиструктурированный контент в управлении большими и сложными техническими системами: монография / Ю.В. Полищук. – Самара: СамГУПС. – 2014. – 191 с.
2. World Wide Web Consortium. Extensible Markup Language (XML). [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.w3.org/XML/> (дата обращения: 05.03.2020).
3. World Wide Web Consortium. XML Schema. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.w3.org/XML/Schema> (дата обращения: 05.03.2020).
4. World Wide Web Consortium. The Extensible Stylesheet Language Family (XSL). [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.w3.org/Style/XSL/> (дата обращения: 05.03.2020).
5. Scalable Vector Graphics (SVG) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/SVG/> (дата обращения: 05.03.2020).
6. Inkscape. Графический редактор. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://inkscape.org/ru/> (дата обращения: 05.03.2020).

УДК 004:378.147

**ДИСТАНЦИОННО-ОБУЧАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ  
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**DISTANCE-LEARNING TECHNOLOGIES  
AS A MEANS OF ORGANIZING INDEPENDENT  
WORK OF STUDENTS**

<sup>1,2</sup>Зиязиева Л.Р., <sup>2</sup>Темербекова А.А.,

<sup>1</sup>Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова,  
г. Кокшетау, Республика Казахстан

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет»  
г. Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия

L.R. Ziyazieva<sup>1,2</sup>, A.A. Temerbekova<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Kokshetau State University named after S. Ualikhanov,  
Kokshetau, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>FSBEI HE “Gorno-Altai State University”  
Gorno-Altaysk, Republic of Altai, Russia

e-mail: liliyazr@mail.ru

**Аннотация.** Современное образование в условиях дистанционных технологий требует от учебного процесса необходимости выработки у обучающихся умения учиться самостоятельно, постоянно осуществляя самоконтроль и самокоррекцию. При активном подходе к самообразованию, они смогут выработать профессиональные качества и навыки, которые смогут применить в качестве специалистов в будущей профессиональной деятельности. В статье рассмотрена мотивация, как одна из особенностей процесса организации самостоятельной работы студентов в высших учебных заведениях. При проведении исследования использовалась система Platonus. В качестве мотивации здесь выступает критериальное оценивание, которое отразится на итоговой оценке (результате). Получив мотивированное задание, студенты охотно выходят на конференции, посредством zoom-приложения, делятся приобретенными знаниями с другими учащимися. Рассматриваются вопросы организации занятия, качество его структуру, а также в каком режиме оно проходит – онлайн или офлайн. Были изучены электронные платформы и сервисы, такие как: Sova.ws; Smartcommunity; Smartnation; College.Snation; BilimLand; Білімал; ParagraphBilim; Kundelik.kz; Platonus. По результатам исследования были сделаны выводы, что самостоятельная работа будет еще более эффективной, если регулярно создавать, дорабатывать электронный учебно-методические комплексы, курсы, применяя кейс технологии, внедрять обучающие программы.

**Abstract.** Modern education in the conditions of distance technologies requires the learning process to learn independently, constantly exercising self-control and self-correction. They can use professional qualities and skills that can be used as specialists in future professional activities. The article considers motivation as one of the features of the process of organizing independent work of students in higher educational institutions. During the study, the Platonus system was used. The motivation here is criteria-based assessment, which will

affect the final assessment (result). After receiving a motivated assignment, students willingly go to conferences using the zoom application and share their knowledge with other students. The questions of the organization of the lesson, the quality of its structure, and also what mode it takes place, are considered - online or offline. Electronic platforms and services were studied, such as: Sova.ws; Smartcommunity Smartnation College.Snation; BilimLand; Bilimal; ParagraphBilim; Kundelik.kz; Platonus. Based on the results of the study, it was concluded that independent work will be even more effective if you regularly create, modify electronic educational and methodical complexes, courses, using a case technology, and introduce training programs.

**Ключевые слова:** образовательный процесс, дистанционные технологии, мотивация, самостоятельная работа.

**Keywords:** educational process, distance technologies, motivation, independent work.

В настоящее время в условиях увеличивающегося объема информации и возрастающей роли знаний [1; 2], от преподавателей и студентов вузов требуются умение продуктивно организовать процесс подготовки будущего специалиста. Важным становится умение обработать полученную информацию, получив из нее максимальную пользу. В этом аспекте необходимо воспитать и выработать у студентов активность при самостоятельной подготовке к учебным занятиям.

Особенностью процесса самостоятельной работы является в первую очередь мотивация студентов, четко установленные сроки, когда они должны выполнить и сдать задания, и обеспеченность их литературой.

Исследуя интерактивные технологии обучения, мы опираемся на концепцию контекстного обучения А.А. Вербицкого [3; 4], в качестве основного принципа выделяем принцип последовательного моделирования в учебной деятельности целостного содержания, форм и условий профессиональной деятельности. Развить профессиональные качества будущего специалиста можно благодаря его умению использовать новые технологии при поиске информации, средства и методы ее обработки в процессе обучения.

Существующие предпосылки дистанционного обучения, обозначенные достаточно недавно отечественными учеными [5], включенность студентов в сетевые технологии [6] и социальные сети [7; 8], а также образовательная практика показывают, что студенты, как правило, оказались не готовы к переходу на дистанционное обучение, так как у них недостаточно сформирована готовность к самостоятельной работе без определенной мотивации и контроля учебного процесса. Эффективность данного вида обучения будет напрямую зависеть от следующих факторов:

- постоянное взаимодействие преподавателя и студента;
- постоянная обратная связь посредством цифровых технологий, таких как телевизионные, сетевые и кейс-технологии, zoom-конференции, YouTube каналы, ЦОР;
- применение педагогических технологий, способствующих формированию готовности к самообразованию.

При проведении исследования, используя систему Platonus, мы пришли к выводу, что студенты проявляют готовность и активность к быстрому и качественному выполнению задания, если скорректированы адекватные сроки, задание сформулировано четко, ясно, имеются ссылки на учебную литературу. В качестве мотивации здесь выступает критериальное оценивание, которое отразится на итоговой оценке (результате). Получив мотивированное задание, студенты охотно выходят на конференции, посредством zoom-приложения, делятся приобретенными знаниями с

другими учащимися. В качестве минуса отметим, что многие вузы страны отдают предпочтение именно этому приложению, и в результате нагрузки, система работает очень медленно, что усложняет учебный процесс и снижает студенческую активность не только во время учебных занятий.

Под мотивацией студентов на активную самостоятельную работу будем понимать совокупность факторов, стимулирующих и побуждающих человека к совершению какого-либо действия в рамках определенной деятельности, побуждающейся одновременно несколькими мотивами.

Характеризуя учебный процесс в дистанционном режиме, следует отметить, что самостоятельная работа еще более эффективной, если регулярно создавать, дорабатывать электронный учебно-методические комплексы, курсы, применяя кейс технологии, внедрять обучающие программы. Всё это является дополнительным стимулом для студентов при подготовке к самостоятельной работе студента, так как обучающиеся самостоятельно могут выбрать источник информации и оценить свой потенциал возможностей, дать объективную оценку своим знаниям.

При организации дистанционного обучения преподавателю необходимо выполнять следующие виды деятельности в рамках определенного учебного предмета

1. *Организация учебного материала в учебном курсе*, т.е. распределение учебного материала между аудиторной работой и занятием.

2. *Организация процесса обучения*, т.е. выбор видов деятельности для очной и дистанционной формы. Определяются дидактические задачи, которые целесообразнее решать в ходе аудиторной работы, и задачи, которые следует вынести на дистанционную форму.

3. *Организация учебной деятельности обучающихся в курсе*, т.е. ознакомление со спецификой работы в дистанционной форме и в выбранной оболочке, определение форм контроля и самоконтроля.

4. *Организация экспертной оценки курса*, т.е. разработка критериев оценки курса, определение эффективности курса в целом и выбранной методики обучения.

5. *Формирование устойчивой мотивации студента к учебно-познавательной деятельности*, т.е. определение путей ее формирования.

В связи со всеобщим переходом на дистанционное обучение без аудиторной работы, на студентов ложится двойная нагрузка. Практически весь материал, и лекционный и практический им необходимо изучить самостоятельно, так как все нормы времени по видам учебной работы необходимо выполнить.

Организовывая занятия, необходимо качественно продумать его структуру. Следует учесть, что эффективность занятия не должна зависеть от того, в каком режиме оно проходит – онлайн или офлайн.

В зависимости от способности преподавателя организовать учебный процесс, контроль качества, от умения преподавателя выстроить свой контент так, как это будет эффективно именно в онлайн-режиме, зависит эффективность получения знаний студентами.

Контент для онлайн-занятий должен быть структурирован по-другому. Все задания на запоминание нужно заменить на проверку через навык. Вместо постановочного вопроса на знание глоссария или термина преподаватель должен дать такое задание, чтобы студент сам применил знания и ответил на задания или вопросы. Не стоит задавать студентам классические вопросы, лучше поставить перед ним проблему, до истины которой он должен прийти путем самостоятельного изучения заданной преподавателем темы учебной дисциплины.

В своем докладе на пресс-конференции министр образования и науки Республики Казахстан Асхат Аймагамбетов заверил: «Для организации учебного процесса всем

педагогам и студентам будет предоставлен доступ к электронным платформам. В качестве инструмента будут применены видеоуроки, самостоятельная онлайн-работа, онлайн-курсы. Большая работа проводится по загрузке учебно-методических комплексов, тестов, цифровых образовательных ресурсов. МОН советует следующие платформы и сервисы, которые в ближайшее время будут работать бесплатно: Sova.ws; Smartcommunity; Smartnation; College.Snation; BilimLand; Білімал; ParagraphBilim; Kundelik.kz; Platonus и т.д.».

Для наиболее безболезненного переход на дистанционное обучение для студентов вуза важны также:

– во-первых, единый корпоративный дух между студентами и преподавателями. То есть, когда все будут использовать предложенные электронные площадки, которые на сегодняшний день имеется возможность использовать, в полном объеме, вместо личных почтовых адресов;

– во-вторых, наличие платформы для управления учебным процессом (Canvas, Google Classroom и другие), это мировые бренды с хорошими мощностями, позволяющие организовать качественный учебный процесс.

Для получения положительного результата по применению дистанционных образовательных технологий в сложившейся ситуации необходимо использовать и применять лучшие практики, которые предлагают ведущие вузы. Так, например, один из крупнейших вузов Казахстана – Казахский национальный университет имени аль-Фараби – использует интеграцию информационно-образовательной платформы «Универ 2.0» и системы управления обучением Moodle.

Система «Универ 2.0» разработана в Казахском национальном университете. На базе этой платформы можно формировать курсы и базу учебно-методических комплексов дисциплин; проводить индивидуальные или групповые лекции; давать задания, отслеживать их выполнение студентами; оценивать степень освоения курса и другое. Программисты данного университета интегрировали две системы. Это первый масштабный опыт дистанционного обучения для университета.

### **Выводы**

Таким образом, правильно организованная технология дистанционного обучения студентов учебной дисциплине в вузе является средством формирования навыков эффективной самостоятельной работы в условиях удаленного обучения.

Следовательно, взаимосвязанными и взаимообусловленными в такой подготовке будущего специалиста являются объединение усилий в системном решении работы преподавателей и организаторов учебного процесса, ответственных за подготовку и реализацию предметных программ обучения.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Алтай в рамках научного проекта №20-413-04003.*

### **Литература**

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ.
2. Приказ Министра образования и науки Республики Казахстан от 20 марта 2015 года №137 «Об утверждении Правил организации учебного процесса по дистанционным образовательным технологиям».
3. Вербицкий А.А. Формирование познавательной и профессиональной мотивации студентов / А.А. Вербицкий, Т.А. Платонова. – М.: Научно-исследовательский институт высшей школы. – 1998. – Вып. 3. – 40 с.

4. Вербицкий А.А. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции / А.А. Вербицкий, О.Г. Ларионова. – М.: Логос, 2012. – 336 с.
5. Хуторской А.В. Научно-практические предпосылки дистанционной педагогики / Открытое образование. – 2001. – №2. – с. 30-35.
6. Темербекова А.А. Использование сетевых технологий в учебном процессе вуза / Актуальные вопросы в науке и практике; сборник статей по материалам XIV международной научно-практической конференции (04 февраля 2019 г., г. Самара). В 3 ч. Ч. 3 / – Уфа: Изд. Дендра, 2019. – С. 146-151.
7. Темербекова А.А., Кудрявцев Н.Г. Использование социальных сетей в качестве интерактивного средства обучения студентов вуза / Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. – № 1(46). – 2019. – С. 247-257.
8. Темербекова А.А. Практика использования социальных сетей в качестве инновационного образовательного ресурса / А.А. Темербекова // Мир науки, культуры, образования. – 2017. № 1 (62). – С. 157-159.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

UDC 004:378.147

### STUDY OF TRANSITION PROCESSES ON THE PHASE PLANE IN MULTISIM

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ФАЗОВОЙ ПЛОСКОСТИ В MULTISIM

K.V. Kireev,  
FSBEI HE «Samara State Technical University»,  
Samara, Russian Federation

Киреев К.В.,  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
г. Самара, Российская Федерация

e-mail: m\_kir\_2001@mail.ru

**Abstract.** In the modern world, the computer technology development, including the field of education, is one of the priority tasks. The calculation of the designed device optimal model is often a rather difficult task. Moreover, the behavior of many dynamical systems at a particular moment in time can be qualitatively represented in the form of curves in the plane. This allows you to clearly demonstrate and facilitate understanding of the dynamic processes taking place in this system. In this paper, we consider the possibility of using the popular *Multisim* software package and its capabilities in the study of dynamic systems. The analysis of transients in electrical circuits shows the possibility of plotting trajectories and phase portraits of second-order autonomous systems. The instrumentation and modeling technique used to obtain phase portraits of the system when there are undamped and damped sinusoidal oscillations, an aperiodic and extremely aperiodic transition process are described. The possibility of not only a qualitative, but also a quantitative description of the processes based on the waveforms obtained using *Multisim* is shown. The results of a qualitative analysis on the phase plane of transients in second-order electrical circuits can be used in the educational process in the study of electrical engineering, electronics and other technical disciplines.

**Аннотация.** В современном мире развитие компьютерных технологий, в том числе и в области образования, является одной из приоритетных задач. Расчет оптимальной модели проектируемого устройства часто является достаточно сложной задачей. При этом поведение многих динамических систем в конкретный момент времени можно качественно представить в виде кривых на плоскости. Это позволяет наглядно продемонстрировать и облегчить понимание динамических процессов, проходящих в данной системе. В данной работе рассматривается возможность использования популярного программного пакета *Multisim* и его возможностей при изучении динамических систем. На примере анализа переходных процессов в электрических цепях показана возможность построения графиков траекторий и фазовых портретов автономных систем второго порядка. Описан инструментарий и методика моделирования, использованные для получения фазовых портретов системы при возникновении в ней незатухающих и затухающих синусоидальных колебаний,



апериодического и предельно апериодического переходного процесса. Показана возможность не только качественного, но и количественного описания процессов на основе полученных с помощью *Multisim* осциллограмм. Полученные результаты по качественному анализу на фазовой плоскости переходных процессов в электрических цепях второго порядка могут быть использованы в учебном процессе при изучении электротехники, электроники и других технических дисциплин.

**Keywords:** transient, electric circuit, modeling, phase plane, phase trajectory, special points.

**Ключевые слова:** переходный процесс, электрическая цепь, моделирование, фазовая плоскость, фазовая траектория, особые точки.

Transients occurring in various technical systems (for example, in electrical circuits) can be considered in various coordinate systems. The behavior of many dynamical systems at a particular moment in time can be represented in the form of curves in the plane. This allows you to clearly demonstrate and facilitate understanding of the processes taking place in this system.

For a qualitative study of the processes described by differential equations of the first and especially second order, a widespread image of the process on the phase plane gives an idea of its nature without solving the differential equation in its final form.

On the abscissa axis of the phase plane, the studied quantity  $x$  (current, voltage, charge, flux linkage) is usually laid aside, and on the ordinate axis – the derivative of the studied quantity  $\frac{dx}{dt} = y$ .

Each state of the circuit corresponds to a point on the phase plane. The change in the state of the circuit is depicted by a certain line on the phase plane – the *phase trajectory*. The initial position of the image point is determined by the initial conditions  $x(0)$ ,  $y(0)$ .

The type of phase trajectory depends on the circuit configuration of and the relationship between the parameters of the elements. If the process is periodic, then the phase trajectory is a closed curve and called the *limit cycle*.

The phase trajectory of a non-periodic process is an open line.

Many phase trajectories are called *phase portraiture*.

Points on the phase plane for which a value  $\frac{dx}{dy} = \frac{0}{0}$  is not defined are called *singular*

*points*.

Distinguish singular points of several types corresponding to different types of roots of the characteristic equation:

- *center* (two imaginary roots);
- *stable focus* (complex conjugate roots with the negative material part);
- *unstable focus* (complex conjugate roots with the positive material part);
- *stable node* (negative material roots);
- *unstable node* (positive material roots);
- *saddle* (positive and negative material roots).

We used the software package for modeling and analysis of electrical circuits *Multisim* from *National Instruments* [1] in this work to study transients on the phase plane. Circuitry modeling on a computer using virtual laboratories is currently an essential part of the educational process at technical universities, and *Multisim* takes a worthy place among a

number of modern software packages, such as PSPICE, MATLAB, Electronics Workbench and others [2, 3].

The software package has a wide selection of settings that allow you to configure modeling parameters differently and present the results.

Figure 1 shows a serial second-order electrical circuit connected to a constant voltage source.

To obtain phase portraits of the circuit under study in transition mode, the Oscilloscope tool is used – a two-channel virtual oscilloscope.

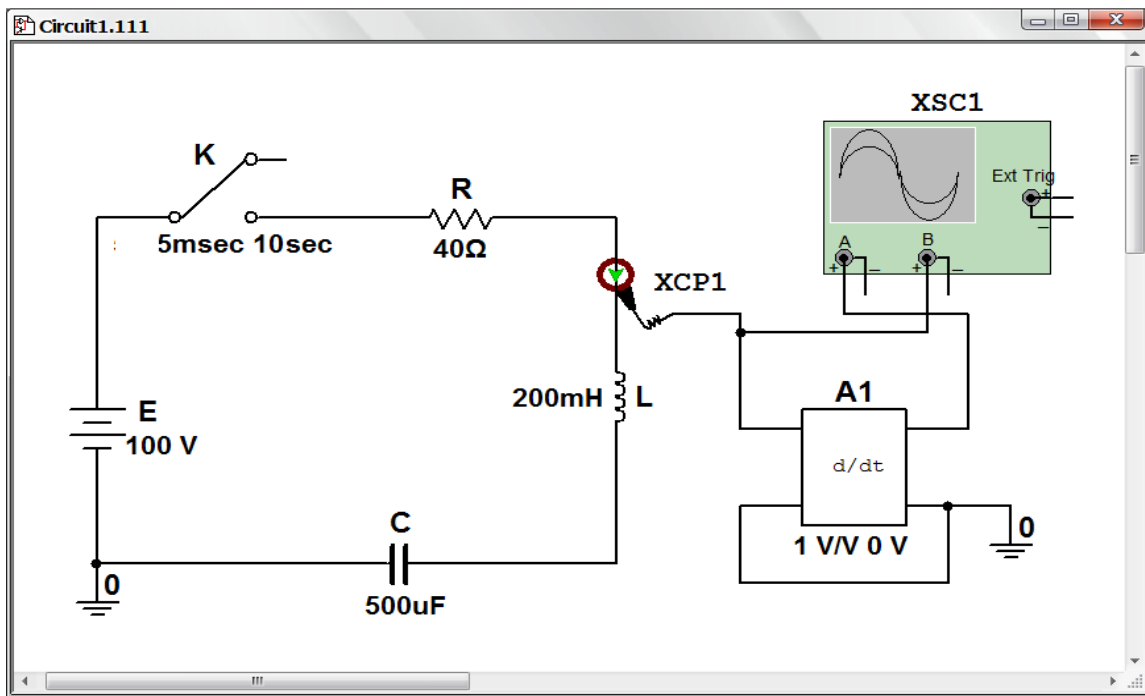


Figure 1. Virtual circuit in *Multisim*

The sources of signals fed to inputs A and B of the oscilloscope XSC1 are the following components:

- *Current Probe* – a sensor that emulates a real current sensor that converts a current signal into an output voltage signal;
- *Time Derivative Block* – voltage differentiator. Its output signal is equal to the first time derivative of the input signal.

In the *Timebase* settings of the oscilloscope, the A/B button is activated, switching its axes to show the dependence of one signal on another (in this case –  $\frac{di}{dt}$  on  $i$ ).

As an example, we obtain the phase trajectories for the current  $i(t)$  under zero initial conditions (the capacitor is not previously charged).

It is known that, depending on the value of the active resistance  $r$ , the transient in the circuit in question can be of a different nature. We consider three characteristic cases.

1) Resistance  $r = 0$ .

The phase trajectory of the current is shown in Figure 2.

The imaging point makes periodic movements along an ellipse around a singular point – the center 0. The resulting ellipse corresponds to undamped sinusoidal oscillations.

The amplitude of the current oscillations is equal to the horizontal axis of the ellipse. The angular vibration frequency is equal to the ratio of the vertical axis of the ellipse to the horizontal.

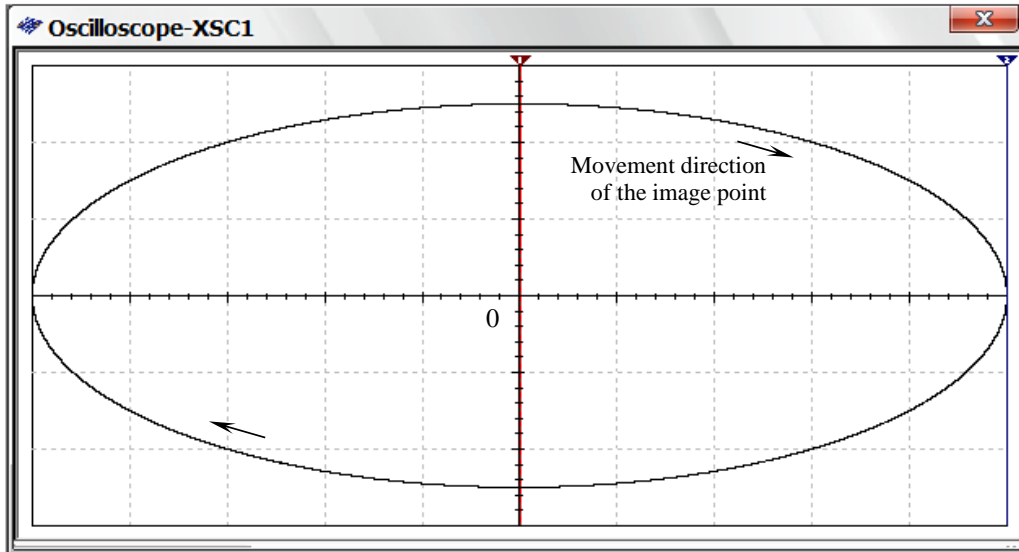


Figure 2. Phase trajectory of undamped oscillations

2) Resistance  $0 < r < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ .

The resulting phase current path is shown in Figure 3.

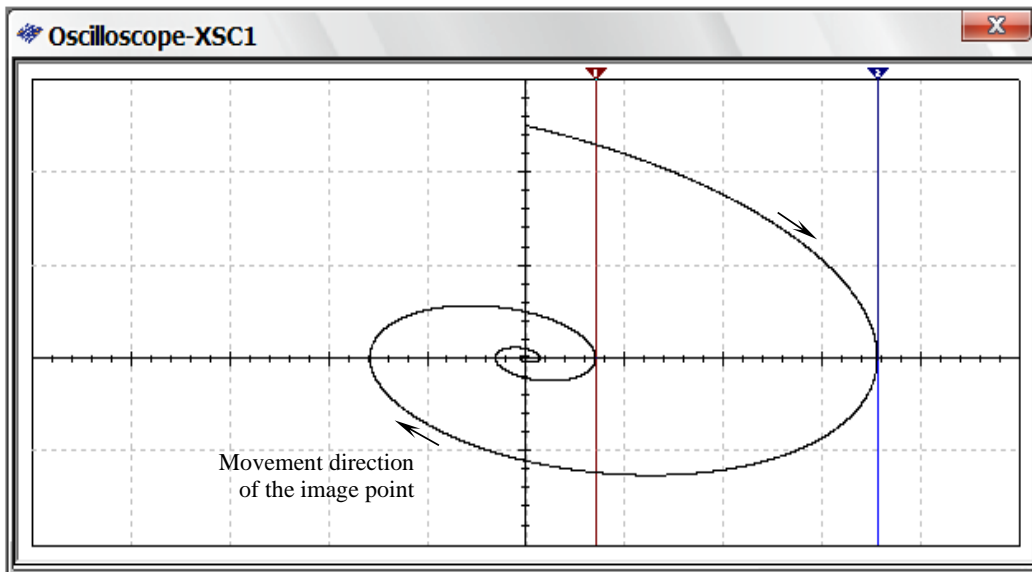


Figure 3. Phase trajectory of damped oscillations

The imaging point makes periodic spiral movements, striving for a singular point at the origin – a stable focus. The resulting spiral corresponds to damped sinusoidal oscillations.

The current decay rate is characterized by the logarithmic decrement of oscillations equal to the natural logarithm of the ratio of the two subsequent amplitudes of the same sign (horizontal axis for cursors 2 and 1).

3) Resistance  $r \geq 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ .

The phase trajectory of the current is shown in Figure 4.

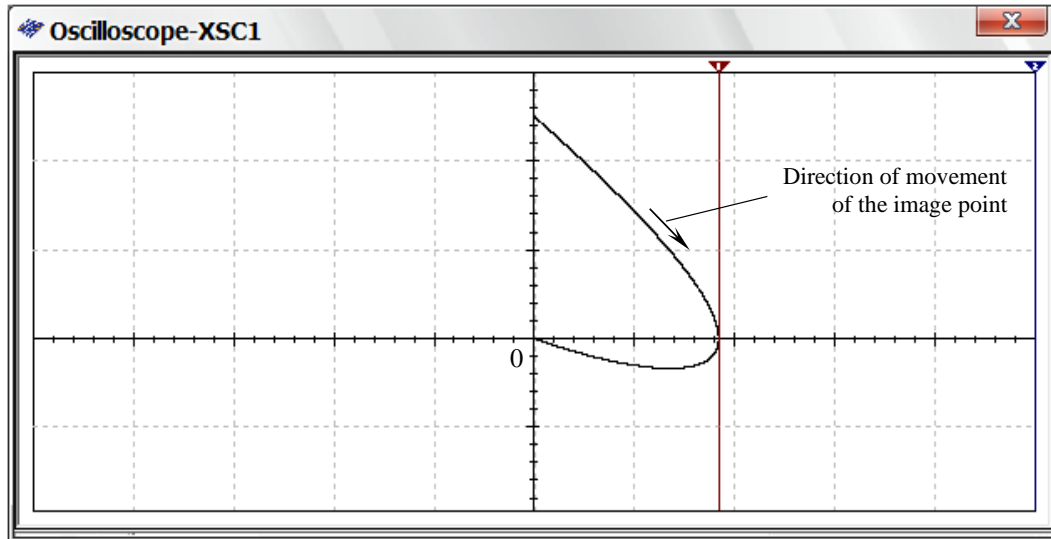


Figure 4. Phase trajectory of the limiting aperiodic process

The imaging point moves along a parabola to a singular point – a stable node 0, making less than a half revolution around it. The resulting parabola correspond to the limiting aperiodic process.

For comparison, Figure 5 shows the phase trajectories of the transient current for the case of slowly damped oscillations (*a*) and an aperiodic process (*b*).

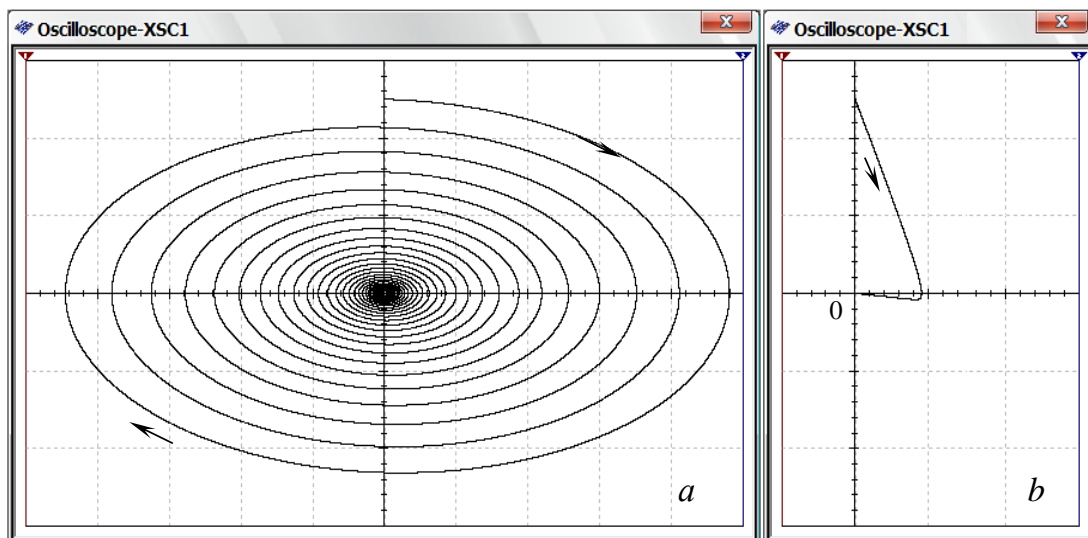


Figure 5. Phase trajectories

### Findings

The apparatus for studying electrical circuits, that used in the *Multisim* software package, is quite extensive and includes modern analysis methods, which makes it a convenient tool for programmatic description and immediate subsequent testing. Through to *Multisim*, the study of transients in electrical circuits using the phase plane method can be simple and intuitive.

This software tool allows you to visualize the study of the theoretical part of various sections of the course of electrical engineering and electronics in a modern technical university and prepare students for work in a real laboratory, teaching them the methods of planning and conducting experiments [4].

The results of a qualitative analysis on the phase plane of transients in second-order electrical circuits can be used in the educational process in the study of electrical engineering, electronics and other technical disciplines

### References

1. Herniter, Marc E., 2004. Schematic Capture with Multisim 7: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.; Columbus, Ohio, pp. 512.
2. Spenger O.P. Modern Methods of Teaching Computer Science At University // Information Technology. Problems and Solutions. Ufa, USPTU, 2017. P. 6-8.
3. Kireev K.V. Information and Communication Technologies in Modern Electrotechnical Education // Information Technology. Problems and Solutions. Ufa, USPTU, 2019. 1(6). P. 34-39.
4. Киреев К.В. Теоретическая электротехника: виртуальная лаборатория в Multisim 11 / К. В. Киреев. – М.: Машиностроение, 2012. – 293 с.

УДК 004.42:004.358

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ**

## **SOFTWARE FOR GRAPHICAL MODELING DURING SIMULATION SIMULATOR DEVELOPMENT**

Кирышин О.В., Асыллов М.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

O.V. Kiryushin, M.A. Asylov,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: asilow@mail.ru

**Аннотация.** В последнее время из-за увеличения объемов производства и повышения качества получаемой продукции многократно усложняются технологические процессы. Поэтому многие из них представляют собой сложные, многосвязные системы, которые нуждаются в хорошо подготовленных специалистах. Для подготовки специалистов высокого уровня, требуются тренажеры-имитаторы с достаточно точной и адекватной моделью, описывающей изучаемый процесс, для реализации которой требуется глубокий анализ исследуемого объекта. Изучение сложных систем чаще всего осуществляется методом декомпозиции, при котором сложная система делится на более простые части. Однако для полного понимания сути процесса необходимо определить верные взаимосвязи частей системы между собой и их структуру. Для решения данного вопроса наиболее подходящим средством является методы графического (визуального) моделирования. Они упрощают представление элементов сложной системы. Поэтому создание тренажеров-имитаторов сложных объектов предполагает применение удобных и понятных человеку сред моделирования для уменьшения вероятности появления ошибок при расчетах. Подходящим типом для

данной задачи являются среды графического моделирования. В данной статье рассматриваются основные программные продукты, имеющие возможность графического моделирования, подчеркиваются их основные преимущества и недостатки.

**Abstract.** Recently, due to the increase in production volumes and the increase in the quality of the obtained products, technological processes have been complicated many times. Therefore, many of them are complex, multi-connected systems that need well-trained specialists. In order to train specialists of high level, simulators-simulators with sufficiently accurate and adequate model describing the studied process, for implementation of which deep analysis of the investigated object is required. The study of complex systems is most often carried out by the decomposition method, in which the complex system is divided into simpler parts. However, in order to fully understand the essence of the process, it is necessary to determine the correct relationships between the parts of the system and their structure. Graphical (visual) modeling techniques are the most appropriate means to solve this issue. They make it easier to represent the elements of a complex system. Therefore, the creation of simulators-simulators of complex objects involves the use of human-friendly simulation environments to reduce the probability of errors in calculations. A suitable type for this task is graphical modeling environments. This article discusses the main software products that can be graphically modeled and highlights their main advantages and disadvantages.

**Ключевые слова:** Simulink, SimInTech, VisSim, BPWin, DWSIM, UniSim, HiSys.

**Keywords:** Simulink, SimInTech, VisSim, BPWin, DWSIM, UniSim, HiSys.

Большинство объектов нефтегазовой и нефтехимической промышленности представляют собой сложные объекты, при разработке для которых тренажеров-имитаторов возникает необходимость разработки адекватной математической модели. С помощью стандартных средств моделирования получают громоздкие выражения, в которых легко могут быть допущены ошибки.

С появлением новых производительных компьютеров получило распространение подход графического моделирования. Данный метод позволяет заменить реальный объект визуальным графическим образом, что позволяет человеку получить ясное понимание моделируемого процесса.

#### *Simulink (Matlab)*

Simulink – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы [1, С. 164].

Достоинства [1, С. 164-170]:

- возможность расширения библиотек готовых блоков;
- средства интеграции готовых C/C++, FORTRAN, ADA и MATLAB-алгоритмов в модель, взаимодействие с внешними программами для моделирования;
- удобная интерактивная визуализация выходных сигналов, средства настройки и задания входных воздействий.

Недостатки:

- при построении сложной системы приходится собирать сложные многоуровневые блок-схемы, не показывающие естественную структуру моделируемой системы;

- отсутствует открытость программного продукта, что не дает понятия о том какие допущения и упрощения используются в них;
- дороговизна продукта.

#### *SimInTech*

SimInTech – среда динамического моделирования и прогнозирования технических систем, предназначенная для расчётной проверки работы системы управления сложными техническими объектами [2, С. 56].

Преимущества:

- самое быстрое математическое ядро;
- автоматическое оформление проектов по требованиям организации;
- оптимальная генерация кода;
- высокая гибкость.

#### *VisSim*

VisSim – это система, которая предназначена для динамического моделирования, исследования и анализа переходных и установившихся процессов в любых динамических системах, в том числе и в автоматических системах с использованием визуальных средств структурного моделирования [3, С. 34].

Достоинства:

- простота решения проблем моделирования несложных систем;
- занимает очень мало места на жестком диске.

Недостатки:

- отсутствуют программы для синтеза и анализ систем управления.

#### *BPWin*

BPWin – способ системного изучения деловой и производственной деятельности, дающее возможность корректно наблюдать сходство структуры бизнеса, документооборота, финансовых потоков строгим и изменяющимся нуждам экономики [4, С. 210-213].

Преимущества:

- графический интерфейс интуитивно понятен;
- довольно легко построить схему процесса, на которой изображены все необходимые данные, результаты, воздействия и взаимосвязи различных элементов;
- присутствует постоянная визуальная обратная связь за счет интерактивного выделения моделей;
- присутствует средство расчета расходов в процессе выполнения действий.

Недостатки:

- ограничение по количеству объектов на диаграмме.

#### *ARIS*

ARIS – представляет собой методологию и тиражируемый программную среду, целью которой является моделирования бизнес процессов [5, С. 10].

Достоинства:

- возможность проведения анализа по функционально-стоимостному критерию;
- возможность автоматического формирования отчета;
- присутствие формализованных алгоритмов анализа;
- существование средств для возможности имитационного моделирования.

Недостатки:

- дороговизна продукта и его внедрения;

- отсутствие возможности формирования различных кодов или баз данных;
- продолжительное время для обучения рабочего персонала.

Существует программное обеспечение для специализированного моделирования технологических процессов.

### DWSIM

DWSIM – это симулятор химических процессов с открытым исходным кодом, совместимый с CAPE-OPEN, для Windows, Linux и macOS.

DWSIM написан на Visual Basic и содержит полный набор операций, усовершенствованные термодинамические модели, поддержку реактивных систем, инструменты для определения характеристик нефти и полнофункциональный графический интерфейс [6].

Достоинства:

- имеет простой в использовании графический интерфейс со многими функциями, ранее доступными только в коммерческих симуляторах (рисунок 1);

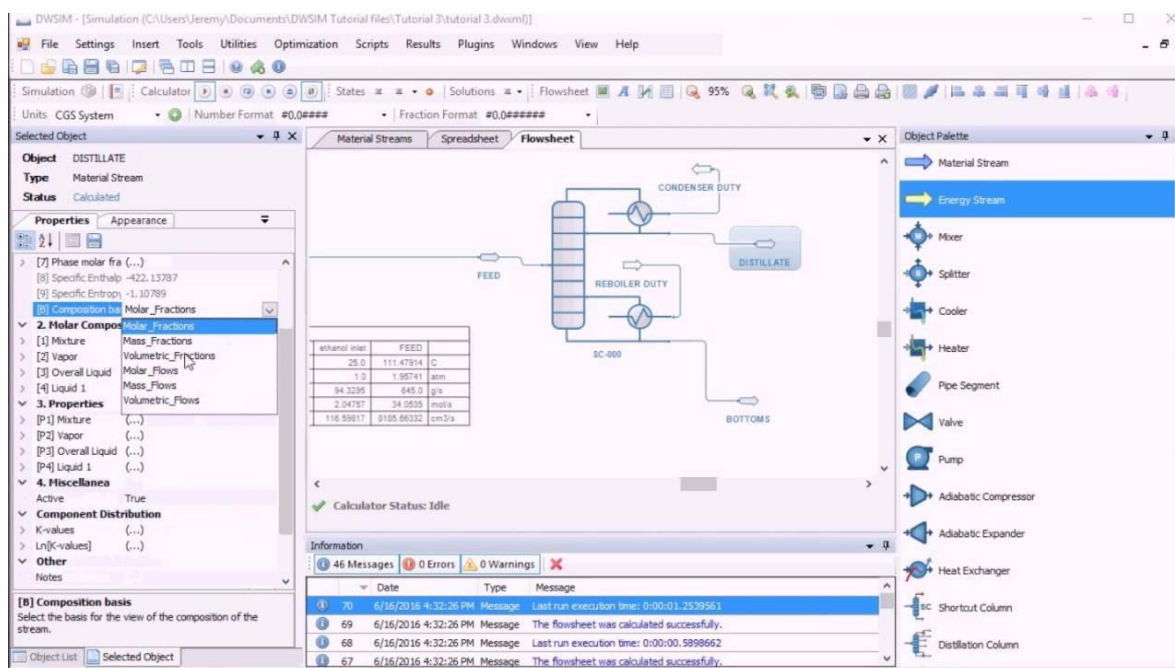


Рисунок 1. Рабочее окно программы DWSIM

- имеет открытый исходный код, который позволяет студентам, изучить, как на самом деле выполняются вычисления и проверять код на ошибки.

Недостатки:

- не имеет динамического режима, все расчеты производятся только для стационарного режима;
- нет планировщика событий, моделей автоматизации и приборостроения.

### UniSim Design

UniSim Design – представляет собой программный пакет, направленный на моделирование, проектирования и выполнение инженерных расчетов в стационарном и динамическом режимах химико-технологических производств, контроля производительности оборудования и оптимизации в области добычи и переработки углеводородов и нефтехимии [7, С. 78].



Преимущества:

- быстрое исследование рассчитываемой системы для выбора наиболее подходящего варианта технологического процесса;
- поиск и обнаружение оптимальных режимов работы системы для получения желаемых выходных данных;
- наблюдение и диагностика состояния оборудования, проектирование реальной установки.

### ASPEN HiSys

ASPEN HiSys – это средство предназначенное для моделирования процессов концептуального проектирования, оптимизации, бизнес-планирования, управления активами и наблюдения производительности для нефтегазовой, газоперерабатывающей, нефтеперерабатывающей и воздухоразделительной отраслей [8, С. 15].

Достоинства:

- развитый графический интерфейс (рисунок 2);

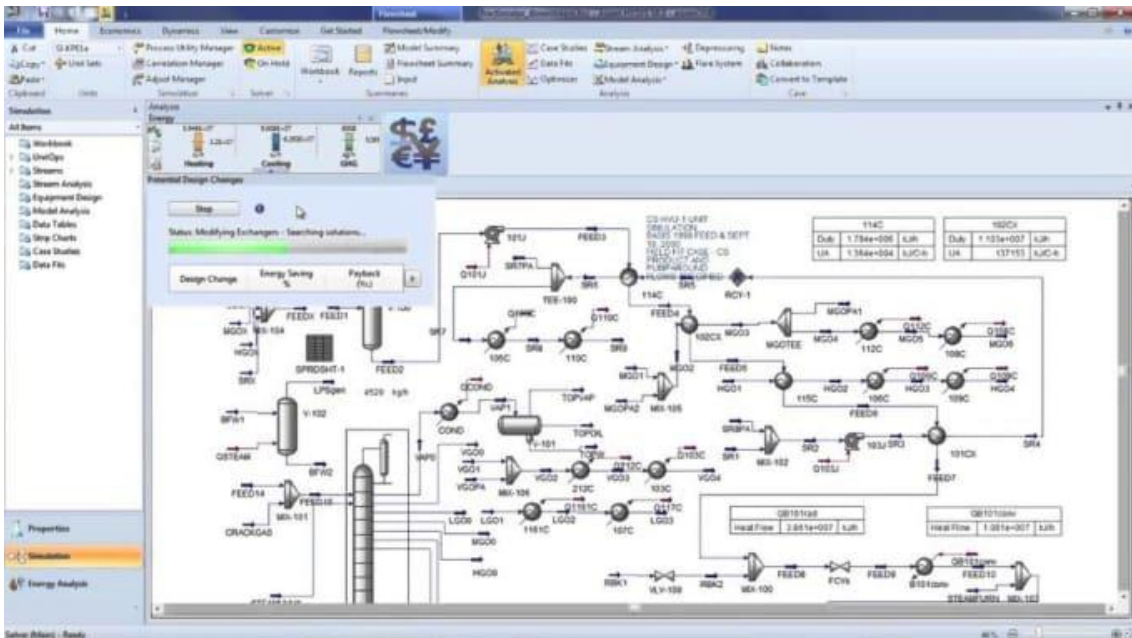


Рисунок 2. Рабочее окно программы ASPEN HiSys

- эффективные пакеты для расчета термодинамических моделей;
- есть возможность применения пользовательских компьютерных моделей, реализованных в программе, в других аналогичных комплексах с использованием интегрированного языка программирования;
- сочетает различные статические и динамические модели оборудования нефте- и газопереработки;
- возможность детального расчета проекта и проверки теплообменной аппаратуры;
- возможна оценка модели с экономической точки зрения при помощи перевода её в программу Icarus Process Evaluator или Icarus Project Manager от AspenTech;
- использование полученных данных в конструкторских программных пакетах.

### Выводы

В результате рассмотренных сред графического моделирования можно сделать вывод, что по скорости моделирования выделяются следующие продукты – SimInTech, VisSim, по удобству интегрирования разработанных программ на различных языках – пакет

Simulink (программной среды Matlab) и ASPEN HiSys. Такие среды как BPWin и ARIS располагают возможностями расчета экономических затрат при создании моделей. Особенно выделяется бесплатный продукт DWSim, имеющий открытый исходный код.

### **Литература**

1. Златин И., Кадышев С. SystemView + Matlab + Simulink. Возможности программы Matlab для моделирования в программе Simulink // Компоненты и технологии. 2004. №2. С. 164–170.
2. Хабаров С.П., Шилкина М.Л. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech: учебное пособие / С.П. Хабаров, М.Л. Шилкина. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 120 с.
3. Моделирование систем: методическое пособие к лабораторному практикуму «Визуальное моделирование динамических систем в среде VisSim». – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 52 с.
4. Толченев А.В. Сравнительный анализ методологий и инструментальных средств совершенствования бизнес-процессов // Математические и инструментальные методы экономики. 2009. №4. С. 210–213.
5. Шеер А.В. ARIS – моделирование бизнес-процессов / А.В. Шеер – Вильямс, 2000. – 175 с.
6. DWSIM [Электронный ресурс]. – URL: <http://dwsim.inforside.com.br> (дата обращения 02.02.2020).
7. Фаизов А.Р. Совершенствование аппаратного оформления фракционирующего оборудования и схем разделения многокомпонентных смесей: дис. канд. техн. наук: 05.17.07 – УГНТУ, Уфа, 2019 – 140 с.
8. Кузнецов О.А. Основы работы в программе Aspen Hysys / О.А. Кузнецов. – М.–Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 153 с.

УДК 004.9

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАТЛАБ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ**

## **USING THE MATLAB INFORMATION SYSTEM IN THE DEVELOPMENT OF FREQUENCY CONVERTERS**

Ежова Н.В., Федоров С.В.,  
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»  
(Кумертауский филиал ОГУ),  
г. Кумертау, Россия

N.V. Ezhova, S.V. Fedorov,  
FSBEI of HE “Orenburg State University”  
(Kumertau branch of OSU),  
Kumertau, Russia

e-mail: proinfosystem@gmail.com

**Аннотация.** Разработка новых устройств требует исследования их свойств и режимов работы. Развитие информационных технологий позволяет анализировать

работу устройств на основе имитационных моделей, прежде чем реализовать их. В данной статье рассматривается вопрос применения информационной системы Matlab при проектировании преобразователей частоты. Был предложен принцип преобразования частоты однофазного сигнала. На основе него разработана схема однофазного преобразователя частоты. Изменение частоты сигнала на выходе данного преобразователя осуществляется за счет изменения фаз входного сигнала. Исследование свойств и правильности работы предложенной схемы, было осуществлено в результате имитационного моделирования. В качестве информационной системы для моделирования использована система Matlab. Поскольку Matlab является высокопроизводительным языком для технических расчетов. Matlab включает в себя вычисления, визуализацию и программирование в удобной среде, где задачи и решения выражаются в форме, близкой к математической. В результате имитационного моделирования в системе Matlab, разработанного преобразователя частоты, можно сделать вывод о том, что данный преобразователь работает в соответствии с предложенным алгоритмом. Таким образом, успешность проведения имитационного моделирования позволяет перейти к созданию реальной модели преобразователя частоты.

**Abstract.** Development of new devices requires research of their properties and operating modes. The development of information technologies allows you to analyze the operation of devices based on simulation models before implementing them. This article discusses the use of the Matlab information system in the design of frequency converters. The principle of frequency conversion of a single-phase signal was proposed. Based on it, a single-phase frequency Converter circuit is developed. Changing the frequency of the signal at the output of this Converter is performed by changing the phases of the input signal. The study of the properties and correctness of the proposed scheme was carried out as a result of simulation. The Matlab system is used as an information system for modeling. Because Matlab is a high-performance language for technical calculations. Matlab includes calculations, visualization, and programming in a convenient environment where problems and solutions are expressed in a form that is close to mathematical. As a result of the simulation in the Matlab system developed by the frequency Converter, it can be concluded that this Converter works in accordance with the proposed algorithm. Thus, the success of the simulation allows you to move on to creating a real model of the frequency Converter.

**Ключевые слова:** моделирование, Matlab, преобразователь частоты, имитационная модель, функциональная схема.

**Keywords:** simulation, Matlab, frequency Converter, simulation model, functional diagram.

Разработка новых устройств требует исследования их свойств и режимов работы. Развитие информационных технологий позволяет анализировать работу устройств на основе имитационных моделей, прежде чем реализовать их.

В качестве преобразователя частоты предложен однофазный преобразователь частоты [1]. Изменение частоты сигнала на выходе осуществляется за счет изменения фаз входного сигнала. Преобразователь частоты (рисунок 1) содержит два фазосдвигающих блока –  $\PhiУ1$  и  $\PhiУ2$ , два идентичных блока управляемого напряжения  $УИИ$ , вычислительное устройство  $ВУ$ , пороговое устройство  $ПУ$ , блок диодов  $VD1 – VD4$ , задающее устройство  $ЗУ$ .

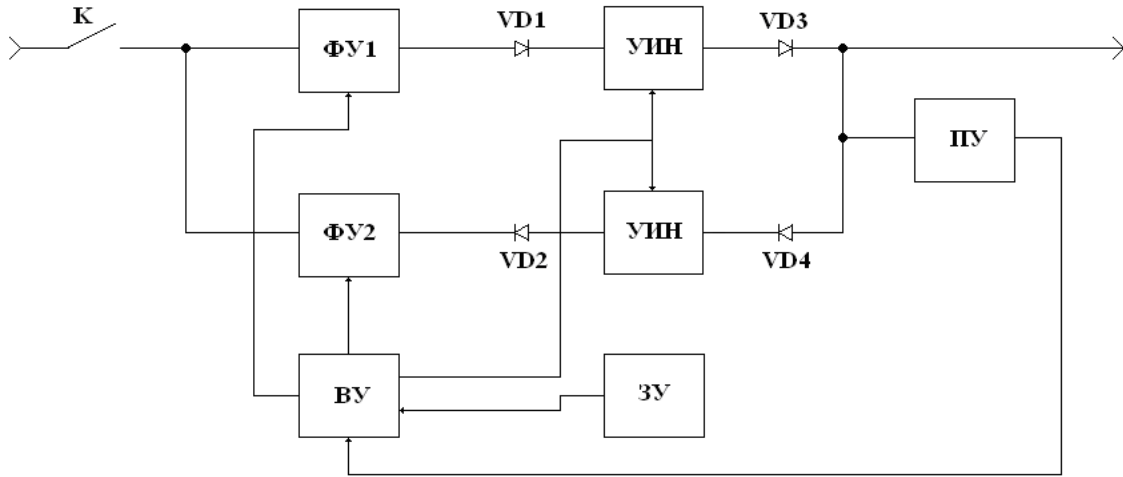


Рисунок 1. Схема однофазного преобразователя частоты

После запуска преобразователя при разомкнутом ключе  $K$  вычислительное устройство  $БУ$  устанавливает нулевой фазовый сдвиг в фазосдвигающих устройствах  $\Phi У1$  и  $\Phi У2$ . Также в пороговом устройстве  $ПУ$  устанавливается нулевой уровень, который характеризует разомкнутое состояние ключа  $K$ . Выходная частота преобразователя устанавливается задающим устройством  $ЗУ$  путём задания необходимого напряжения  $U$  в блоках управляемого напряжения  $УИИ$ , которое рассчитывается в блоке  $БУ$ .

При этом работа диодного моста заключается в следующем. Заданное в блоках управляемого напряжения  $УИИ$  напряжение  $U$  во время прихода положительной полуволны запирает диоды  $VD1, VD3$  до тех пор, пока напряжение  $e_{ax}(t)$  не превысит значение  $U$ . Этот время характеризуется начальным участком с нулевым выходным напряжением. Далее диоды  $VD1, VD3$  открываются и на выходе образуется положительная полуволна, которая заканчивается при уменьшении  $e_{ax}(t)$  до значения  $U$  (при  $e_{ax}(t) < U$  происходит закрытие диодов  $VD1, VD3$ ). Образуется следующий участок с нулевым выходным напряжением. В дальнейшем при уменьшении входного напряжения  $e_{ax}(t)$  до значения  $-U$  открываются диоды  $VD2, VD4$  и на выходе образуется отрицательная полуволна, которая заканчивается при увеличении  $e_{ax}(t)$  до значения  $-U$  (при  $e_{ax}(t) > -U$  происходит закрытие диодов  $VD2, VD4$ ). И т.д.

Напряжение  $U$  блоков  $УИИ$  влияет как на амплитуду, так и на длительность полуволн выходных колебаний. Длительность полуволны  $\tau$  зависит от напряжения  $U$  следующим образом

$$\tau = \frac{T}{2} - \frac{T}{\pi} \arcsin\left(\frac{U}{E_0}\right), \quad (1)$$

где  $T$  – период колебания входного сигнала.

При этом  $U$  должно меняться в пределах  $U \in [0; E_0)$ . Значение напряжения  $U$  в блоках  $УИИ$  задаётся при помощи блока  $БУ$ , который в соответствии с требуемой частотой (заданной задающим устройством  $ЗУ$ )

$$\omega = \frac{2\pi}{2\tau} = \frac{\pi}{\tau}, \quad (2)$$

рассчитывает необходимое значение напряжение  $U$ , которое нужно установит в блоках  $УИИ$ . Зависимость между требуемой частотой  $\omega$  и напряжением  $U$  вытекает из формул (1) и (2)

$$U = E_0 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi^2}{T\omega}\right) \quad (3)$$

Задачей фазосдвигающих устройств  $\PhiУ1$  и  $\PhiУ2$  является поочерёдный сдвиг положительных и отрицательных полуволн входного сигнала  $e_{ex}(t)$  для устранения образующихся промежутков на выходе преобразователя. В результате чего на выходе преобразователя должен появиться синусоидальный сигнал  $y_{вых}(t) = Y_0 \cdot \sin(\omega t)$  с частотой  $\omega$ .

При этом работа  $\PhiУ1$  и  $\PhiУ2$  происходит следующим образом. Замыкание ключа  $K$  приводит к тому, что на преобразователь поступает положительная или отрицательная полуволна. Во время поступления положительной полуволны при выполнении условия  $e_{ex}(t) > U$  открываются диоды  $VD1, VD3$  (диоды  $VD2, VD4$  закрыты) и начинается формирование положительной полуволны на выходе преобразователя с длительностью  $\tau$ . Пороговое устройство  $ПУ$  фиксирует начало её образования и сообщает об этом вычислительному устройству  $ВУ$ . Который в свою очередь осуществляет сдвиг фазы входного сигнала в фазосдвигающем устройстве  $\PhiУ2$  так, чтобы при закрытии диодов  $VD1, VD3$  (т.е. при уменьшении сигнала на выходе  $\PhiУ1$  до значения  $U$ ) открылись диоды  $VD2, VD4$  (т.е. на выходе  $\PhiУ2$  сигнал уменьшился до значения  $-U$ ). При этом начинает формироваться отрицательная полуволна. Формирование отрицательной полуволны на выходе преобразователя фиксируется пороговым устройством  $ПУ$  и передаётся вычислительному устройству  $ВУ$ .  $ВУ$  осуществляет фазовый сдвиг в устройстве  $\PhiУ1$  и при закрытии диодов  $VD2, VD4$  на выходе  $\PhiУ1$ , благодаря фазовому сдвигу,  $e_{ex}(t)$  становится больше  $U$  и, как следствие, открываются диоды  $VD1, VD3$ . Это приводит к формированию положительной полуволны на выходе преобразователя.

Далее процесс продолжается по аналогичной схеме. Результатом является формирование на выходе преобразователя непрерывного синусоидального сигнала.

При размыкании ключа  $K$  пороговое устройство  $ПУ$  передаёт на  $ВУ$  сигнал о размыкании ключа  $K$ . Далее  $ВУ$  обнуляет сдвиги фаз на  $\PhiУ1$  и  $\PhiУ2$  и, в дальнейшем, при повторном замыкании ключа  $K$  процесс повторяется с начала.

Фазовые сдвиги для каждой полуволны кроме первой указаны в таблице 1.

Таблица 1. Фазовые сдвиги для каждой полуволны

№ полуволны	1	2	3	...
Фазовый сдвиг $\Delta\varphi$ для отрицательной (положительной) полуволны	$\omega_0\left(\frac{T}{2} - \tau\right)$	$\omega_0(T - 2\tau)$	$\omega_0(T - 2\tau)$	$\omega_0(T - 2\tau)$
№ полуволны	2	3	4	...
Фазовый сдвиг $\Delta\varphi$ для положительной (отрицательной) полуволны	$\omega_0(T - 2\tau)$	$\omega_0(T - 2\tau)$	$\omega_0(T - 2\tau)$	$\omega_0(T - 2\tau)$

При изменении фазы каким-либо фазосдвигающим устройством к предыдущему значению фазы прибавляется значение сдвига фазы для изменяемой полуволны в соответствии с таблицей 1.

Так на выходе  $\Phi Y$  устанавливается сигнал вида:

$$\xi(t) = E_0 \sin(\omega_0 t + \sum \Delta\varphi)$$

На выходе преобразователя устанавливается следующий сигнал:

$$y_{\text{вых}}(t) = Y_0 \cdot \sin(\omega t), \quad (4)$$

который начинает действовать с момента времени:

$$t_0 = \frac{T}{4} - \frac{\tau}{2}.$$

### Моделирование преобразователя частоты в Matlab

В качестве объекта моделирования дан преобразователь частоты. Необходимо провести имитационное моделирование динамических характеристик в MatLab [2, 3].

В результате упрощенная (без  $BV$ ,  $3Y$ ,  $ПУ$ ) математическая модель преобразователя частоты, представленная в виде функциональной схемы в Matlab, показана на рисунке 2.

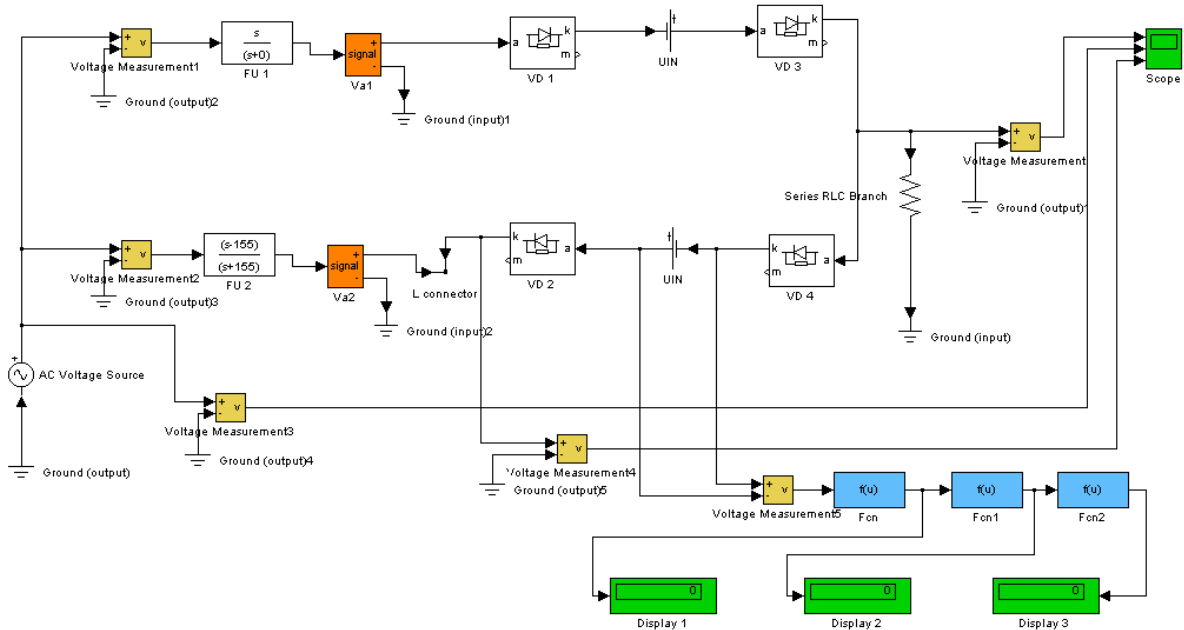


Рисунок 2. Имитационная модель преобразователя частоты

Данная модель преобразователя содержит блок диодов, обозначенных на схеме  $VD 1 - VD 4$ , фазосдвигающие устройства  $FU 1, FU 2$ , а также блоки управляемого напряжения  $UIN$ .

Входной сигнал задаётся источником переменного напряжения *AC Voltage Source*.

Выходной сигнал снимается с нагрузки, заданной в виде сопротивления *Series RLC Branch*.

На осциллографе *Scope* отображается выходной сигнал преобразователя, входной сигнал, а также сигнал с выхода  $FU 2$ .

Дисплей 1 (Display 1) показывает на какую величину по времени необходимо сдвинуть отрицательную полуволну к положительной, чтобы избавиться от промежутка между ними.

Дисплей 2 показывает какой при этом необходимо осуществить фазовый сдвиг  $\Delta\varphi$  фазосдвигающим устройством FU 2, а дисплей 3 показывает значение нуля и полюса FU 2, реализованного в виде неминимально-фазового звена первого порядка, соответствующего фазовому сдвигу  $\Delta\varphi$ .

#### *Описание работы модели преобразователя частоты*

В качестве входного сигнала устанавливается источник переменного напряжения с амплитудой 220 В и частотой 50 Гц (фазовый сдвиг равен нулю). На управляемых источниках напряжения UIN устанавливается значение -100 В. При нулевых фазовых сдвигах на FU 1 и FU 2 (значение нулей и полюсов равно нулю) на выходе преобразователя формируется сигнал следующего вида (рисунок 3).

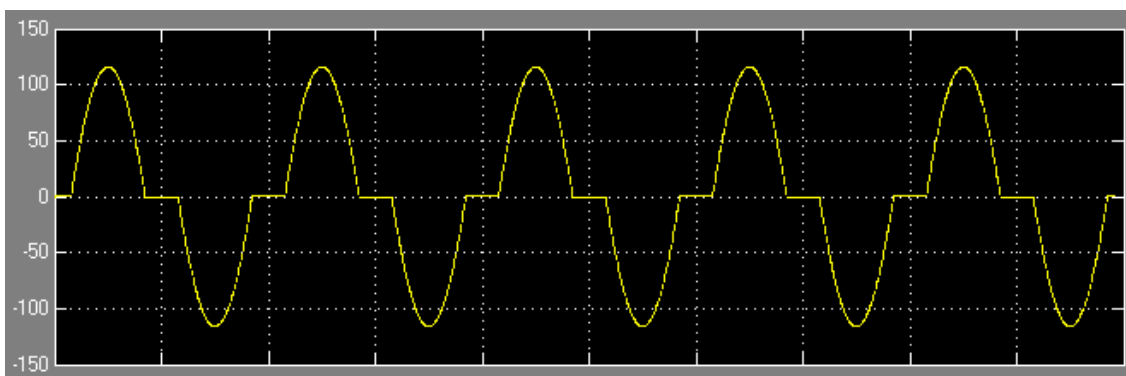


Рисунок 3. Сигнал на выходе преобразователя при нулевых фазовых сдвигах

На входе преобразователя и на выходе FU 2 сигнал имеет вид (рисунок 4).

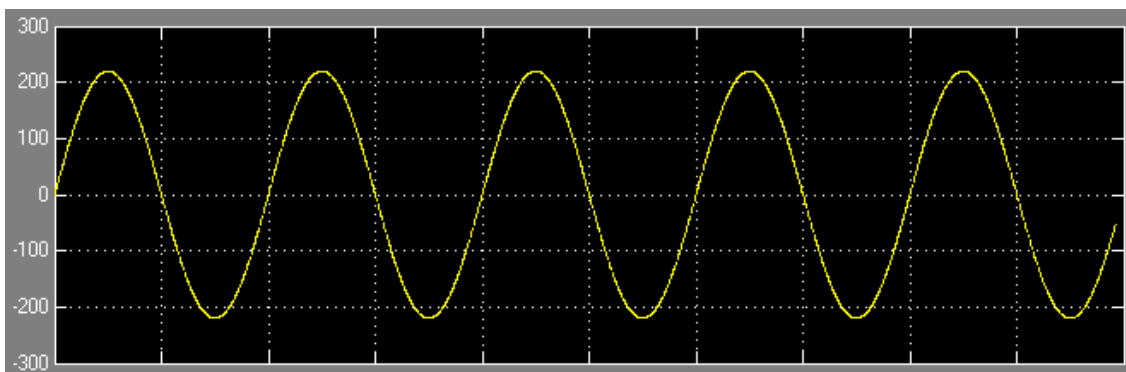


Рисунок 4. Сигнал на входе преобразователя и на выходе FU 2

Так как первая полуволна на выходе преобразователя является положительной (рисунок 3), то необходимо сначала сдвигать входной сигнал, отвечающий за формирование отрицательных полуволн, т.е. сигнал, проходящий через фазосдвигающее устройство FU 2 (рисунок 2). При этом должен быть устранён промежуток между первой (положительной) и первой (отрицательной) полуволной. Фазовый сдвиг для первой полуволны определяется из таблицы 1, соответствующий первой (отрицательной) полуволне:

$$\Delta\varphi = \omega_0 \left( \frac{T}{2} - \tau \right).$$

Значение  $\tau$  ищется по формуле (1) после того, как будет вычислено значение напряжения  $U$ , задаваемое в блоках UIN, для получения колебаний с частотой  $\omega$  (формула 3). В результате сдвиг получился равным  $\Delta\varphi=54,07$ .

При поведении моделирования данное значение отображается на дисплее 2. Значение нуля и полюса FU 2 отображается на дисплее 3 и равно 108,4. Однако вследствие наличия переходного процесса в FU 2 это значение требует корректировки. Экспериментально это значение было получено равным 155. Фазовый сдвиг в блоке FU 1 равен нулю.

Результатом такого сдвига является следующее:

1. Сигнал, возникающий как на выходе FU 1 так и на входе преобразователя, имеет вид, показанный на рисунке 5.

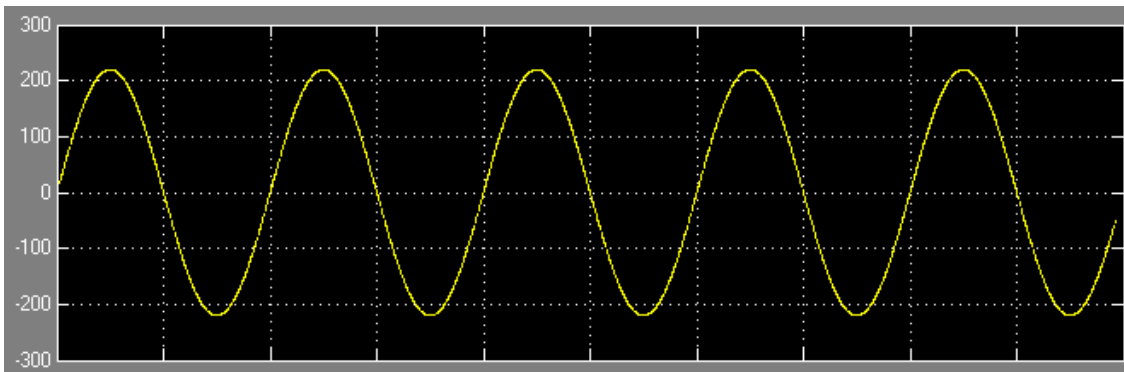


Рисунок 5. Сигнал на выходе FU 1

2. Сигнал на выходе FU 2, представлен на рисунке 6.

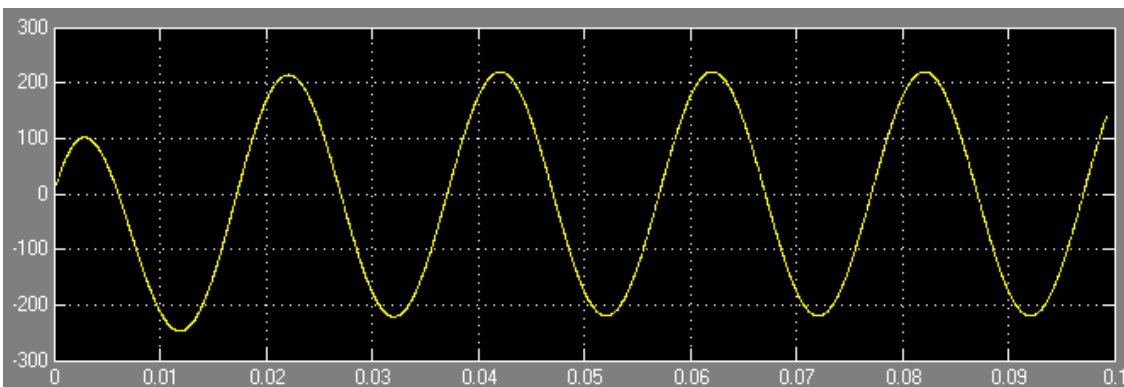


Рисунок 6. Сигнал на выходе FU 2

3. Сигнал на выходе преобразователя показан на рисунке 7.

Таким образом, на выходе преобразователя формируется первая волна. В дальнейшем, поочерёдно меняя фазовые сдвиги в фазосдвигающих устройствах FU 2 и FU 1, на выходе получается синусоидальный сигнал.



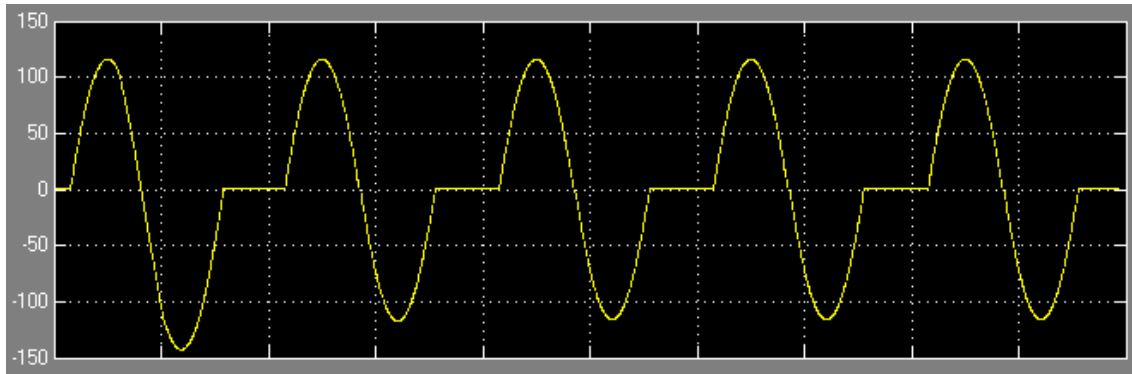


Рисунок 7. Сигнал на выходе преобразователя

### Выводы

В результате имитационного моделирования в системе Matlab, разработанного преобразователя частоты, можно сделать вывод о том, что данный преобразователь работает в соответствии с предложенным алгоритмом. Таким образом, успешность проведения имитационного моделирования позволяет перейти к созданию реальной модели преобразователя частоты.

### Литература

1. Федоров С.В. Регулируемый преобразователь частоты. Патент на полезную модель №56740 от 10.09.2006 г.
2. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель [Электронный ресурс] / Дьяконов В.П. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 768 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63590.html>. – ЭБС «IPRbooks».

УДК 004:669.295:621.785

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V, ПОЛУЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

### MECHANICAL PROPERTIES OF METAL MATRIX COMPOSITES FROM TITANIUM Ti-6Al-4V ALLOY PROCESSED UNDER CONDITIONS OF LOW TEMPERATURE SUPERPLASTICITY

Мухаметрахимов М.Х.,  
ФГБУН Институт проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук,  
г. Уфа, Российская Федерация

M.Kh. Mukhametrakhimov,  
Institute for Metals Superplasticity Problems Russian Academy of Sciences (IMSP RAS),  
Ufa, Russia Federation

e-mail: msia@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты прикладных исследований по получению трехслойного металломатричного структурного композита в разных температурных условиях сварки давлением. В эксперименте показана возможность использования в качестве упрочняющего элемента структурного слоя титанового сплава с

нанокристаллической структурой. Металлографические исследования показали, что при получении композита при температуре 900°C в упрочняющем элементе наблюдается рост зерен до микрокристаллических размеров. С понижением температуры до температуры 700°C изменение размера зерен в упрочняющем элементе не обнаружено, хотя размер зерен  $\alpha$ -фазы незначительно подрос по сравнению с исходным. Описаны геометрические изменения микропор в зоне твердофазного соединения, динамика роста и пространственного расположения зерен. Результаты механических испытаний на растяжение образцов подтверждено, что прочность композита, полученного при температуре 700°C может превосходить прочности композита полученного при температуре 900°C. Изучена схема разрушения композита в зоне твердофазного соединения при испытании на растяжение при комнатной температуре. Выделены три этапа разрушения и проанализирован характер и механизм разрушения композита. Результаты механических испытаний композитного материала показали, что его механическое поведение зависит от температуры сварки. Отмечено, что разрушение начинается под действием главных напряжений, развиваясь по нормали к ним. В частности, было отмечено, что при достижении менее прочного, но более пластичного слоя, в композите наблюдается резкий рост пластических деформаций, что оказывает тормозящее действие на развитие трещины, которая при этом меняет траекторию распространения.

**Abstract.** Results of application studies on receiving a three-layer metalmatrix structural composite in different temperature conditions of welding by pressure are presented. The possibility of using as a reinforcing element of a structural composite layer of titanium alloy with nanocrystalline structure was shown. Metallographic researches showed that when receiving a composite at a temperature of 900°C in the reinforcing element growth of grains to the microcrystalline sizes. With a decrease in temperature to 700°C, a change in the grain size in the reinforcing element was not detected, although its size in the  $\alpha$ -phase slightly increased. The geometrical changes of micropores in the solid-phase compound zone (SSJ), the dynamics of growth and the spatial arrangement of grains was described. The results tests confirmed that the strength of the composite processed at a temperature of 700°C can exceed the strength of the composite processed at a temperature of 900°C. The fracture scheme of the composite in the SSJ zone was studied by tensile testing at room temperature. Three stages of fracture were identified and the nature and the mechanism of fracture of the composite were analyzed. The analysis of the results has shown that mechanical behavior depends on the welding temperature. The fracture begins under the action of the main stresses, developing along the normal to them. When a less strong, but more plastic layer was achieved, a sharp increase in plastic deformation was observed in composite, which has a braking effect on the development of crack, which also changes the propagation trajectory.

**Ключевые слова:** титановый сплав, наноструктура, композиты, сварка давлением, твердофазное соединение, прочность, пластичность, механические свойства.

**Keywords:** titanium alloy, nanostructure, composites, solid phase joint, pressure welding, strength, plasticity, mechanical properties.

Титановые сплавы находят широкое применение в аэрокосмической промышленности и машиностроении из-за их высоких прочностных качеств. Повышенные прочностные свойства имеют титановые сплавы с НК структурой по сравнению с МК структурой [1]. Однако повышение уровня прочности приводит к снижению пластичности [2]. Одним из способов решения этой проблемы является

создание металломатричных композитов, позволяющих уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее физико-механических характеристик [3]. Целью представленной работы является изучение возможности создания металломатричных композитов с различными структурами в условиях низкотемпературной сверхпластичности и исследование их физико-механических свойств.

Материалом для исследования был выбран промышленный двухфазный титановый сплав Ti-6Al-4V толщиной 1,5 мм. В качестве упрочняющего элемента взяли титановый сплав ВТ6 с НК структурой со средним размером зерен/субзерен около 0,3 мкм. Для исследований был изготовлен трехслойный металломатричный композит с МК и НК структурами. Соединение листов с различными структурными состояниями, собранных в пакет, выполняли в штамповом блоке, включающем силовые плиты и крепежные элементы [4]. Сварку в твердом состоянии осуществляли в вакуумной печи при различных температурах от 700 до 900°C в течение 120 мин приложением постоянного давления ( $P=5$  МПа). Глубина вакуума в процессе эксперимента была не меньше  $P=2,0 \times 10^{-3}$  Па. Металлографические исследования проводили на растровом электронном «TESCAN MIRA3 LMU» в режиме SE. Для механических испытаний на растяжение использовали универсальную машину фирмы «Инстрон» модели 5982 со скоростью растяжения  $v=1$  мм/мин.

Металлографические исследования показали, что после сварки давлением при температуре 900°C микроструктура упрочняющего элемента укрупнилась до микрокристаллических размеров и размер зерен вырос примерно на 5 мкм и после сварки зона соединения МК и НК сплавов практически не выявляется [5]. С понижением температуры сварки до 700°C наблюдается зерна с разными размерами в зоне ТФС (рис. 1а), обусловленная большим различием размера зерен в соединяемых листовых заготовках и средний размер зерен в упрочняющем элементе вырос в среднем до 1,2 мкм, а средний размер зерен МК структуры в целом не изменился, хотя его размер в  $\alpha$ - фазе незначительно подрос по сравнению с исходным [6-10]. Относительная протяженность пор в зоне ТФС составила 0,18.

На рисунке 1 представлена микроструктура металломатричного композита с применением упрочняющего элемента с НК структурой в зоне разрушения в процессе испытания на растяжение.

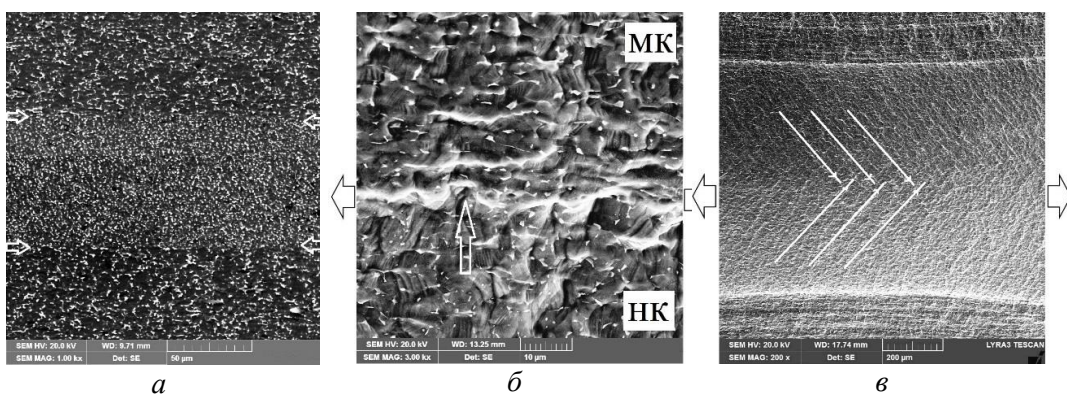


Рисунок 1. Микроструктура зоны ТФС титанового структурного металломатричного композита: а) после сварки давлением при 700°C, б) зона ТФС в процессе деформации между МК и НК слоями, в) зона локализации деформации в упрочняющем элементе из НК сплава.

На рисунке 2 представлена схема в области разрушения металломатричного композита в зоне ТФС в процессе испытания на растяжение при комнатной температуре.

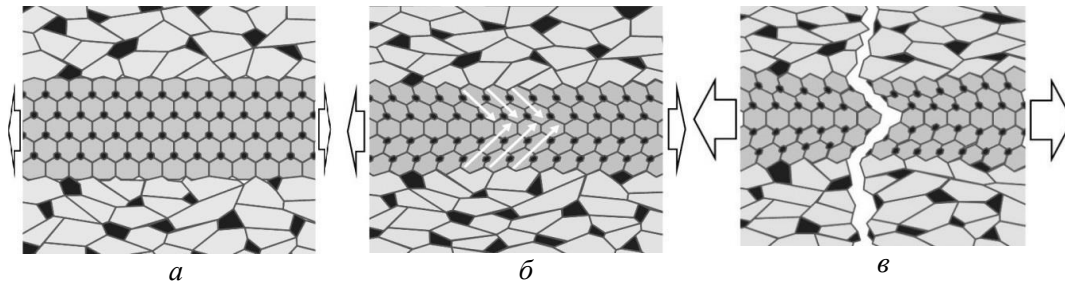


Рисунок 2. Схема разрушения металломатричного композита в зоне ТФС:  
 а) начальный этап деформации, б) появление полос локализованного пластического течения в процессе деформации в упрочняющем элементе с НК структурной, в) полное разрушения металломатричного композита.

В начальном этапе пластической деформации трансформируется плоскую границу раздела между МК и НК структурами, приводя ее в соответствие с состоянием произвольных границ зерен (рис. 1а и 2а). Установлено, что размеры микропор в процессе деформации изменились. Так как образцы имели разную долю НК/МК составляющей, очевидно, из-за неравномерности деформации как разноструктурных слоев испытываемого композита, на что указывает ямочный вид зоны соединения (рис.1б обозначен стрелкой). Наряду с геометрическими изменениями микропор ТФС наблюдается интенсивное сближение зерен, а также разворот зерен.

При дальнейшей деформации наблюдается развитие двух расширяющихся полос локализованной деформации от поверхности раздела под углом  $45^\circ$  к оси растяжения и максимальное формоизменение развевается в центральной части упрочняющего элемента с НК структурной. Этой стадии на поверхности разрушения соответствуют две парные зоны пластичности от поверхности раздела с выраженными линиями фронта треугольной формы, указывающими направление движения зон от поверхности раздела в центр образца до их соединения (на рис. 1в и 2б обозначены стрелками). Видно, что, разрушение материала начинается в упрочняющем элементе в среднем наноструктурном слое и сдерживается внешними слоями титанового сплава с МК структурами. Трещины от поверхности раздела медленно прорастают навстречу друг другу и это приводит к полному разрушению (рис. 2в).

Анализируя характер и механизм разрушения металломатричного композита, можно отметить, что разрушение начинается под действием главных напряжений, развиваясь по нормали к ним. В частности, было отмечено, что при достижении менее прочного, но более пластичного слоя, в таком слоистом композите наблюдается резкий рост пластических деформаций, что оказывает тормозящее действие на развитие трещины, которая при этом меняет траекторию распространения.

Таблица 1. Результаты механических испытаний на растяжение металломатричного композита из титанового сплава Ti-6Al-4V в различных структурных состояниях при комнатной температуре

№	Т <sub>сварки</sub> , °С	Р, МПа	τ, час.	σ <sub>0,2</sub> МПа	σ <sub>в</sub> МПа	δ, %	Примечание
1	В исходных состояниях	-	-	1234	1271	6	НК
2		-	-	1010	1080	12	МК
3	900	4	2	894	955	19	МК +НК+МК
4	750	5	2	1015	1039	15	МК +НК+МК
5	700	5	2	1036	1058	14	МК +НК+МК

Следует отметить, что прочность полученного слоистого металломатричного композита обуславливается свойствами упрочняющего элемента с НК структуры. Получение слоистого композита с повышенными прочностными свойствами может быть достигнуто путем уменьшения температуры сварки давлением для сохранения НК структуры, но при этом необходимо увеличить давление. Исследования подобного слоистого металломатричного композита, полученного при температуре 700°C, но при меньшем давлении сварки, показали, что в зоне соединения кроме цепочек пор, присутствуют несплошности.

Таким образом, прочность соединения слоев в металломатричном композите в значительной мере определяется спецификой строения переходных слоев, то есть зависит от структуры и свойств границ раздела материалов, используемых в соединении. При этом упрочняющие элементы из НК структурой воспринимают основную долю нагрузки композиционных материалов. Создавая различное по структуре сочетание слоев, можно управлять характером разрушения материала и тем самым повышать конструкционную прочность по сравнению с монолитным материалом.

### **Выводы**

1. Показана возможность применения НК материалов в качестве упрочняющего элемента для изготовления металломатричных композитов с различными структурами из листового титанового сплава Ti-6Al-4V.

2. Упрочняющий элемент из титанового сплава Ti-6Al-4V с НК структурой воспринимает основную долю нагрузки, а слои с МК структурами придают композиту пластичность и предохраняют ее от возможного разрушения.

3. Анализ результатов механических испытаний трехслойного металломатричного композита показал, что механическое поведение существенно зависит от температуры сварки.

4. Установлено, что возможность сохранения НК, МК структур в слоях в процессе получения композита при пониженных температурах позволяет обеспечить более высокие прочностные и пластические свойства и достигнуть высокого уровня конструкционной прочности.

5. Получение металломатричного композита с регламентированной структурой позволяет формировать требуемые механические свойства с учетом условий эксплуатации.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИПСМ РАН.*

### **Литература**

1. Лутфуллин Р.Я., Кайбышев О.А., Валиахметов О.Р. и др. Соединение в твердом состоянии нанокристаллических титановых сплавов. Перспективные материалы, №4, 2003 г., С. 21-25.

2. Кайбышев О.А., Салищев Г.А., Галеев Р.М. и др. Патент PCT/US97/18642, WO 9817836, 30.04.1998.

3. Лутфуллин Р.Я., Мухаметрахимов М.Х. Твердофазное соединение образцов наноструктурированного титанового сплава ВТ6 при пониженных температурах // Перспективные материалы. 2009. № 7. С. 189-193.

4. Мухаметрахимов М.Х. Применение наноструктурных материалов для изготовления трехслойных композитов с различными структурами из листового титанового сплава ВТ6 // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2013. Том 10. №1. С. 82-86.

5. Лутфуллин Р.Я., Мухаметрахимов М.Х., Круглов А.А. К вопросу о порообразовании в титановом сплаве ВТ6 при деформации в условиях низкотемпературной сверхпластичности // Письма о материалах. 2013. Том 7, выпуск 2. С. 292-294.

6. М.Х. Мухаметрахимов. Получение сварных соединений из разнородных титановых сплавов в условиях низкотемпературной сверхпластичности // Письма о материалах. 2017. Том 7, выпуск 2. С. 193-197.

7. Мухаметрахимов М.Х. Твердофазное соединения наноструктурных материалов из титанового сплава ВТ6 в условиях низкотемпературной сверхпластичности // Техника машиностроения. 2016. №4 (100). С. 48-51.

8. Мухаметрахимов М.Х. Факторы определяющие механические свойства твердофазного соединения из титанового сплава ВТ6 полученного в условиях низкотемпературной сверхпластичности // Технология машиностроения. 2019. №9 (207) С. 5-9.

9. Мухаметрахимов М.Х., Лутфуллин Р.Я. Влияния оксидной пленки на твердофазную свариваемость листа из титанового сплава ВТ6 при пониженных температурах // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. Том 14. №4. С. 523-527.

10. Мухаметрахимов М.Х. Механические свойства твердофазного соединения из титанового сплава ВТ6 полученного в условиях низкотемпературной сверхпластичности. // Сварочное производство. 2020. №1. С. 15-19.

УДК 004:777.555

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ И КОНСТРУКЦИОННЫМ КАЧЕСТВОМ НА ОСНОВЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ПРОДУКЦИЙ

## INFORMATION SUPPORT FOR MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL AND DESIGN QUALITY BASED ON OPERATING PRODUCTS

<sup>1</sup>Тюрганов А.Г., <sup>1</sup>Галимов А.К., <sup>2</sup>Лутфуллин Р.Я.,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,

<sup>2</sup>Институт проблем сверхпластичности металлов РАН,

г. Уфа, Российская Федерация

A.G. Turganov<sup>1</sup>, A.K. Galimov<sup>1</sup>, R.Ya. Lutfullin<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>FSBEI HPE “Ufa State Aviation Technical University”,

<sup>2</sup>Institute for Metals Superplasticity Problems Russian Academy of Sciences,

Ufa, Russia

e-mail: amirtab@mail.ru

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена информационной поддержке управления качеством перспективных технологий изготовления изделий авиационного машиностроения в состоянии сверхпластичности. Целью является обоснование принципов управления технологическим и конструкционным качеством полых конструкций, изготовленных методом совмещенной формовки и сварки давлением в

состоянии сверхпластичности. Показано, что при этом необходимо учитывать существенное различие критериев и показателей технологического и конструкционного качества исходных ультрамелкозернистых сплавов. Это, в свою очередь, делает необходимым использование в средствах информационной поддержки дополнительных структурированных знаний об управляемом объекте или процессе. В этой связи в настоящей работе предлагается методология разработки средств информационной обеспечения, основанная на построении сети операционных продукций, позволяющая объединить модели технологического процесса изготовления изделия и сквозного контроля обоснованных значений параметров качества. Показано, что используемые при этом знания, накопленные в соответствующей предметной области, поддаются корректной формализации в виде такой сети, построенной путем последовательного укрупнения составляющих компонентов. Областью применения описанного подхода может быть автоматизация системы принятия решений в сложных технологических процессах, в которых требуется не только построение управляющих связей между владельцами бизнес-процессов, но и корректно формализованные знания об объекте воздействия и используемых при этом средств, включая библиотеки этапов технологических процессов.

**Abstract.** The article highlights the issues of technology and construction quality control by the means of operation productions method in the field of aviation machinery. This work is devoted to information support for quality management of advanced technologies for manufacturing aircraft engineering products in a state of superplasticity. The goal is to substantiate the principles of managing the technological and structural quality of hollow structures made by combined molding and pressure welding in a state of superplasticity. It is shown that it is necessary to take into account a significant difference in criteria and indicators of technological and structural quality of the original ultrafine alloys. This, in turn, makes it necessary to use additional structured knowledge about the managed object or process in information support tools. In this regard, this paper proposes a methodology for developing software tools based on building a network of operational products that allows combining models of the product manufacturing process and end-to-end control of reasonable values of quality parameters. It is shown that the knowledge accumulated in the relevant subject area can be correctly formalized in the form of such a network, built by sequentially enlarging the components. The scope of the described approach can be the automation of decision-making in complex processes, which require not only the construction of governing relations between owners of business processes, but also correctly formalized knowledge about the object impact and used vehicles, including the library of the stages of the process.

**Ключевые слова:** информационная поддержка, качество, управление, технология, конструкция, операционные продукции.

**Keywords:** information support, quality, control, technology, construction, operation productions.

В настоящий момент в теории управления организационно-техническими системами цели, критерии, показатели качества отделены от самого процесса и объекта управления. Целями, критериями и показателями, их планированием занимается стратегическое управление. Соответствие между показателями стратегического управления, целями, критериями и функциями операционного уровня управления устанавливаются «вручную», неформально менеджерами. Принято считать, что системы управления могут быть инвариантны предметной области. Наиболее распространенная

форма организации работы предприятий, в том числе в машиностроении, основывается на концепции управления по отклонениям. Управление по отклонениям предназначено для управления событиями, обеспечивающими эффективность производства и качество выпускаемой продукции. Это систематическая деятельность, направленная на выявление и оценке значимости сигналов об отклонениях от заданной интегральной величины (связанной с комплексным показателем), отражающей влияние системы единичных параметров качества. Управление сводится к минимизации суммарного отклонения вводимых в рассмотрение координат вектора качества от оптимальных значений [1]. Но усложнение продукции и технологических процессов авиационного производства приводят к тому, что сами критерии и значения параметров качества могут меняться в процессе производства. Это в полной мере относится к технологиям совмещенной формовки и сварки давлением в состоянии сверхпластичности (СП). Такие технологии уже находят применение в области авиационного машиностроения [2]. При этом необходимо учитывать, что, во-первых, свойства, определяющие технологическое и конструктивное качество металлов и сплавов существенно различны. Во-вторых, эти свойства претерпевают существенные изменения в процессе изготовления изделий.

Действительно, материалы с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой, используемые в технологиях на основе использования явления СП обладают такими привлекательными технологическими свойствами, как повышенная формуемость и твердофазная свариваемость при пониженных температурах. Известно [2], что метод сверхпластической формовки (СПФ), совмещенный со сваркой давлением (СПФ/СД) позволяет изготавливать легкие и, одновременно, жесткие полые конструкции сложной конфигурации из титанового сплава типа ВТ6, который является близким аналогом широко известного зарубежного сплава Ti-6Al-4V. Одним из примеров такой легкой и жесткой конструкции является полая лопатка вентилятора для гражданских авиадвигателей нового поколения (рисунок 1) [3].



Рисунок 1. Полая лопатка из титанового сплава ВТ6, изготовленная методом СПФ/СД [2]

При использовании традиционной СП, проявляющейся в мелкозернистых титановых сплавах в интервале температур 900-950°C [4] сохраняется серьезная экономическая проблема связанная с высокой себестоимостью изготовления указанной продукции из-за высокой трудоемкости, усугубляемая низкой стойкостью



дорогостоящей штамповой оснастки при указанных температурах [3, 5]. Проблема низкой рентабельности технологического процесса изготовления полых титановых конструкций методом СПФ на основе традиционной СП при температурах в интервале  $T=900-950^{\circ}\text{C}$  универсальна [5], и она в силу экономического фактора сдерживает изготовление значительной номенклатуры полых изделий авиационного назначения [5, 6]. По мнению отечественных и зарубежных специалистов [2-3, 5, 7], одним из кардинальных путей при создании экономически привлекательных технологий СПФ может быть снижение температуры СП обрабатываемого сплава. Так, согласно авторам [9] снижение температуры СП до  $T=760^{\circ}\text{C}$  – может сделать технологический процесс СПФ титановых сплавов экономически высокоэффективным. При использовании УМЗ титановых полуфабрикатов становится возможной реализация в технологии формообразования эффекта «низкотемпературной» СП с понижением температуры обработки на  $100-250^{\circ}\text{C}$  ниже традиционной. Но, с другой стороны, УМЗ структура является нестабильной при повышенных температурах и может понижать, например, трещиностойкость в готовом изделии, что не всегда совместимо с высоким конструкционным качеством [6].

После проведения СПФ в изготовленных полых конструкциях образуется деформационный рельеф поверхности (ДРП) (рисунок 2), приводящий к повышенной шероховатости как внешних, так и внутренних поверхностей [8, 9].

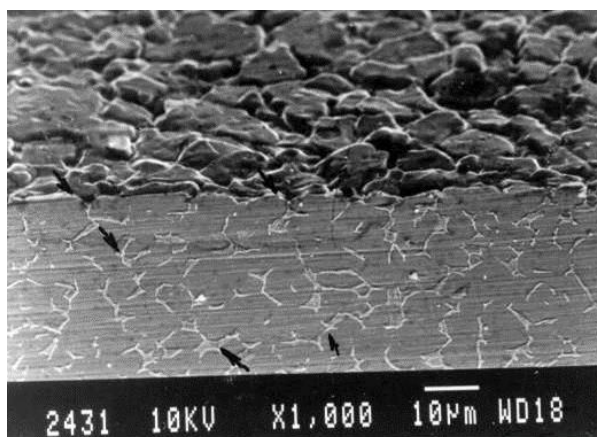


Рисунок 2. Деформационный рельеф на поверхности плоского деформированного в условиях СП образца из титанового сплава BT6 [9]

Появление ДРП связывают с развитием зернограничного проскальзывания – основного механизма сверхпластической деформации. ДРП может понижать уровень усталостной прочности при эксплуатации изделий в условиях знакопеременных нагрузок [8] и приводить к отклонениям от заданных геометрических параметров, в том числе во внутренних элементах полых конструкций, не поддающихся визуальному контролю. Это требует дополнительных технологических мер и методов контроля, которые позволяют исключить понижение качества применительно к готовой продукции ответственного назначения.

В описанном выше технологическом процессе изготовления полых лопатки из титанового сплава BT6 методом СПФ/СД можно выделить следующие показатели качества:

- Технологические показатели качества:
  - формуемость,
  - твердофазная свариваемость,
  - температура обработки,

- себестоимость изготовления лопатки,
- трудоемкость изготовления,
- стойкость штамповой оснастки,
- стоимость оснастки,
- рентабельность технологического процесса.
- Конструкционные показатели качества
  - трещиностойкость материала изделия,
  - шероховатость поверхности,
  - усталостная прочность материала в изделии,
  - отклонения размера и формы изделия от заданных геометрических параметров при нагрузке.

Большой набор и разнообразие технологических и конструкционных критериев и показателей качества, их распределенность по времени и этапам процесса изготовления изделия и его комплексных испытаний, сложность измерения показателей свидетельствуют, прежде всего, о многофакторной особенности контроля качества производства полый лопатки.

В этой связи, затруднительно задать постоянный комплексный показатель качества, и даже постоянный набор параметров, определяющих качество изготавливаемого изделия на всех этапах производственного цикла и последующей эксплуатации. А по значению некоего комплексного показателя невозможно однозначно определить, какие из измеряемых параметров вызвали данное отклонение. Таким образом, для выяснения причин отклонения и принятия управленческих решений недостаточно разобрать соответствующую формулу интегрального критерия управления и проанализировать исходные значения параметров. Нужны еще дополнительные знания об управляемом объекте или процессе, что требует осуществление сбора, обработки и хранения большого объема информации, описывающей процесс производства рассматриваемого класса изделий [7].

Эти знания поддаются корректной формализации в виде сети операционных продукций [6, 10]. Поэтому в настоящей работе предлагается с помощью модели сети операционных продукций объединить технологический процесс изготовления изделия и сквозного контроля обоснованных значений параметров качества. Точки измерения параметров управления на модели продукций явно обозначены на рисунок 3.



Рисунок 3. Обобщенная функциональная модель технологического процесса со сквозным контролем качества

Технологическое качество подвергается последовательному комплексному контролю в ходе технологического процесса, конструкционное – в результате испытаний образцов изготовленных изделий (рисунок 4).



Рисунок 4. Последовательность контроля параметров, определяющих технологическое и конструктивное качество изделий машиностроения

Рассматриваемое в настоящей работе применение метода операционных продукций позволяет формализовать и интегрировать в единую компьютерную модель производственного процесса библиотеки технологических операций, включая контрольно-измерительные, и соответствующие им модели физических явлений. Это позволяет на основе статистики собранных данных строить обоснованные зависимости между технологическими и конструктивными показателями качества, и, оперативно анализируя выявляемые зависимости, формировать необходимые управляющие воздействия (см. рисунок 5).

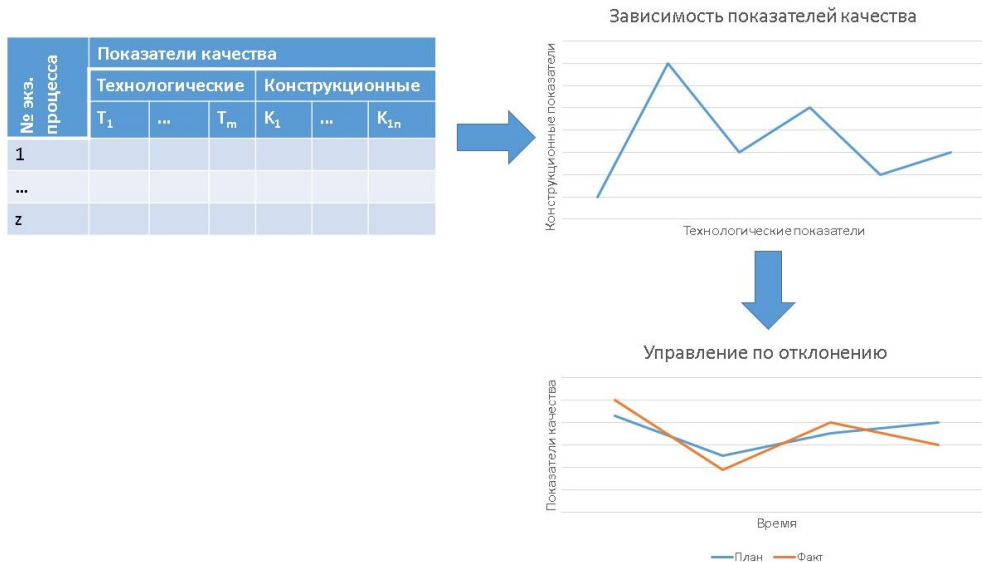


Рисунок 5. Последовательность сбора и обработки данных показателей качества для управления по отклонению

### Выводы

Метод операционных продукций позволяет включать в такие конструкторские и технологические САПР в качестве параметров моделей не только геометрические, механические и прочие параметры, но и параметры качества. Это позволит уже на этапе моделирования решать не только прямую задачу (оценка показателей качества продукции на основе формализованного описания ее конструкции и технологии изготовления), но и обратную задачу (выбор технологии изготовления и конструкции изделия для достижения требуемых показателей качества).

### Литература

1. Управление по отклонениям || Статьи iTeam @MIUI| <https://clck.ru/PQQnt/>
2. Петров Е.Н., Родионов В.В., Кузьмин Э.Н. и др. Ячеистые конструкции. Снежинск: РФЯЦ-ВНИИТФ, 2008. 176 с.

3. Валиахметов О.Р., Галеев Р.М., Иванько В.А. и др. Использование наноструктурных материалов и нанотехнологий для создания полых конструкций // Российские нанотехнологии. 2010. Т.5. №1-2. С. 102-111.
4. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. М.: Металлургия, 1984. 264 с.
5. Лутфуллин Р.Я., Круглов А.А., Мухаметрахимов М.Х. и др. Низкотемпературная сверхпластичность и изготовление полых конструкций из титанового сплава ВТ6 // Письма о материалах. 2015. Т. 5. №2. С. 185-188.
6. Лутфуллин Р.Я., Галимов А. К., Тюрганов А. Г. Информационная поддержка управления технологическим и конструкционным качеством на основе операционных продукций. Качество, инновации, образование. DOI 10.31145/1999-51x 2019, №4(162), С. 47-53.
7. Лутфуллин Р.Я., Галимов А.К., Тюрганов А.Г. Моделирование процесса сварки давлением кромок пакета листовых заготовок // Автоматизация и современные технологии. 2007. №6. С. 3-7.
8. Comley P.N. Lowering the heat – the development of reduced SPF temperature titanium alloys for aircraft production // Materials Science Forum. 2004. Vol. 447-448. P. 233-238.
9. Сисанбаев А.В., Круглов А.А., Лутфуллин Р.Я. и др. 3D-контроль рельефа поверхности в полых гофрированных конструкциях из титановых сплавов после сверхпластической формовки // Химическая физика и мезоскопия. 2015. № 1. С. 117-120.
10. Kaibyshev O.A., Safiullin R.V., Lutfullin R.Y. and etc. On the Model of Solid State Joint Formation under Superplastic Forming Conditions // J. Mater. Eng. Perform. 1999. Vol.8. No.2. P. 205-210.
11. Семантические преобразования классических моделей структурного анализа/ Тюрганов А.Г. // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальное управление – 99» – Уфа, УГАТУ, 1999. – С. 134-135.

УДК 004.942

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБВАЛОВКИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**DEVELOPMENT OF A MODEL FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF A SYSTEM FOR COLLAPSING POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS**

Егоркин А.А.,  
 ФГКВОУ ВО «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения  
 им. Петра Великого»,  
 г. Балашиха, Российская Федерация

A.A. Yegorkin,  
 FGKVOU VO «Peter the Great military Academy of strategic Missile forces»,  
 Balashikha, Russian Federation

e-mail: egorkin1974@yandex.ru

**Аннотация.** В работе проведен анализ потенциальной опасности объектов обеспечения горюче-смазочными материалами на основе полевых складов горючего. Рассмотрено влияние различного вида конструкций защитных сооружений объектов

повышенной опасности. Предложен подход для моделирования распространения облаков опасных веществ с использованием физико-математической модели. Численное моделирование распространения облаков опасных веществ проведено с применением CFD-пакета (вычислительной гидродинамики). Для турбулентного замыкания была использована стандартная  $k-\epsilon$  модель турбулентности. Рассмотрены случаи с различной конструкцией обваловки полевых складов горючего. В качестве граничных условий в модели были приняты вертикальный профиль скорости, давления, плотности, температуры и атмосферной турбулентной вязкости. Разработанные подходы применимы для моделирования распространения опасных веществ в атмосфере с учетом препятствий на пути облака. Количественно исследованы характеристики концентраций распространения паров испарения нефтепродуктов при аварийном проливе. Данный подход применим для срочных прогнозов распространения нефтепродуктов в результате аварийного пролива. По анализу времени, требующимся на расчет, можно сделать вывод, что при моделировании группы объектов, характеризующихся сложной геометрией и большим пространственным размером, процесс займет от нескольких часов до нескольких недель, что неприемлемо, когда требуется оперативная оценка последствий аварии в короткие сроки для принятия экстренных мер по их локализации и ликвидации.

**Abstract.** The paper analyzes the potential danger of fuel and lubricants supply facilities based on field fuel depots. The influence of various types of structures of protective structures of high-risk objects is considered. An approach is proposed for modeling the spread of clouds of dangerous substances using a physical and mathematical model. Numerical simulation of the spread of clouds of dangerous substances was performed using a CFD package (computational fluid dynamics). The standard  $k-\epsilon$  turbulence model was used for the turbulent closure. Cases with different designs of collapsing of field fuel depots are considered. The vertical profile of velocity, pressure, density, temperature, and atmospheric turbulent viscosity were taken as boundary conditions in the model. The developed approaches are applicable for modeling the propagation of dangerous substances in the atmosphere, taking into account the obstacles in the path of the cloud. The characteristics of the concentration of vapor propagation of evaporation of petroleum products during an emergency spill were studied quantitatively. This approach is applicable for urgent forecasts of oil product distribution as a result of an emergency spill. Based on the analysis of the time required for the calculation, it can be concluded that when modeling a group of objects characterized by complex geometry and large spatial size, the process will take from several hours to several weeks, which is unacceptable when rapid assessment of the consequences of an accident is required in a short time to take emergency measures to locate and eliminate them.

**Ключевые слова:** полевые склады горючего, вычислительная гидродинамика, CFD-моделирование.

**Keywords:** field fuel depots, computational fluid dynamics, CFD-modeling.

В условиях развивающейся экономики ведутся многочисленные работы: выполнение строительно-монтажных работ, геологические изыскания, разведка, активно добываются полезные ископаемые. Реализация таких крупных проектов, которые имеют большое значение для развития экономики России, сопровождается необходимостью обеспечения горюче-смазочными материалами (ГСМ) на труднодоступных участках, где отсутствует развитая инфраструктура.

Для реализации крупномасштабных проектов в самые минимальные сроки необходимо принятие быстрого решения, в особенности, решение в обеспечении ГСМ всех видов техники, участвующих в строительных работах. Для выполнения таких масштабных проектов, где постоянно нужен запас топлива и других ГСМ, нашли свое применение полевые склады горючего (ПСГ), состоящие из групп эластичных резервуаров.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды эластичные резервуары разворачиваются на герметичном, стойком к действию нефтепродуктов, воды и солнечного света защитном покрытии, которое образует в обваловании защитное каре резервуара или группы резервуаров.

Требованиями законодательства предусмотрено, что по периметру каждой группы наземных резервуаров необходимо предусматривать замкнутое земляное обвалование шириной поверху не менее 0,5 м, рассчитанное на гидростатическое давление разлившейся жидкости, и высота обвалования или ограждающей стены каждой группы резервуаров должна быть на 0,2 м выше уровня расчетного объема разлива, но не менее 0,5 м.

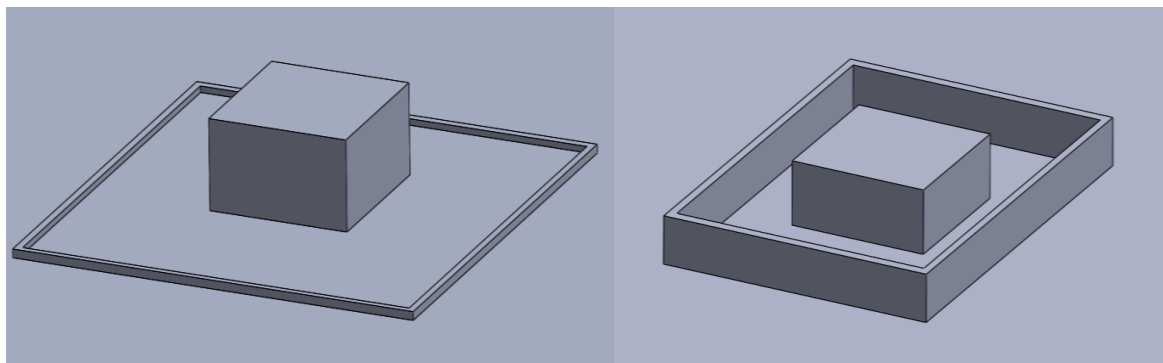
Свободный от застройки объем обвалованной территории, образуемый между внутренними откосами обвалования или ограждающими стенами, следует определять по расчетному объему разлива жидкости, равному номинальному объему наибольшего резервуара в группе или отдельно стоящего резервуара.

В настоящее время эффективность используемых на ПСГ мер по предотвращению загрязнения окружающей среды недостаточно изучена. Предлагается для решения данной задачи использовать компьютерные программы, реализующие численное моделирование с использованием вычислительной гидродинамики (CFD), способные обеспечить углубленный анализ сложных проблем, связанных с моделированием выделений и распространением опасных веществ в пространстве.

CFD-моделирование возможно использовать для исследования различных эффектов пассивных или активных мер по предотвращению загрязнений окружающей среды. Коды (CFD) могут предоставить численные решения для сложного потока распространения паров испарения нефтепродуктов в результате аварийного пролива в область обваловки путем непосредственного решения определяющих уравнений [1].

Теоретическое исследование с использованием CFD - моделирования может дать углубленное понимание сложного поведения паров нефтепродуктов и помочь в устранении существующих пробелов в понимании комплексного взаимодействия паров с различными мерами безопасности.

Для анализа был смоделирован резервуар ПСГ емкостью 5мх5мх2м (50 м<sup>3</sup>), и с двумя размерами обваловки (рисунок 1).



Сценарий 1

Сценарий 2

Рисунок 1. Модели двух разных защитных конструкций

Показаны две разные конструкции, которые были использованы для сравнительного исследования. Высота и ширина обваловки различны, сохранен при этом одинаковый объем, чтобы оценить влияние различных конструкций на поведение испаряющегося облака.

В первом случае размеры обваловки были установлены 14мх14мх0,8м, в соответствии с требованиями руководящих документов с точки зрения объема, удерживаемого обваловкой при аварийных ситуациях.

Во втором случае была увеличена высота обваловки с 0,8 м, до 2 м, а ширина была установлена на уровне 10 м.

Сценарий аварии предусматривает вариант, в котором происходит разрыв трубопровода для подачи нефтепродуктов, расположенных в пределах обваловки. Модель формирования области разлива нефтепродукта предполагает по этому сценарию утечку в область обваловки, где находится точка утечки, расположенная на высоте выше уровня обваловки. Уравнения CFD - кода учитывают процессы тепломассопереноса.

Скорость ветра принималась равной 1,5 м/с, что имитирует наихудший сценарий.

Результаты моделирования области разлива, созданного проливом нефтепродукта (бензин марки А-76) с использованием CFD - кодов с различными типами обваловки при времени испарения равном 100 с, показывают низкие концентрации (ppm) по направлению ветра в отличие от случая с временем после аварии равным 600 с (рисунок 2,3).

Нефтепродукты заполняет первоначально объем хранения внутри обваловки, и пар распространяется по направлению ветра за пределами ограждения (рисунок 2).

Настройка сетки уточнена соответственно области разлива нефтепродукта, резервуара и защитных конструкций, чтобы изучить сложное поведение пара в данной области более подробно.

Точки измерения концентрации паров были расположены вдоль центральной линии, с подветренной стороны границы зоны защиты на расстоянии в ширину 50 м и длиной 40 м.

Показано сравнение безопасных расстояний двух различных конструкций защитных сооружений (рисунок 2, 3).

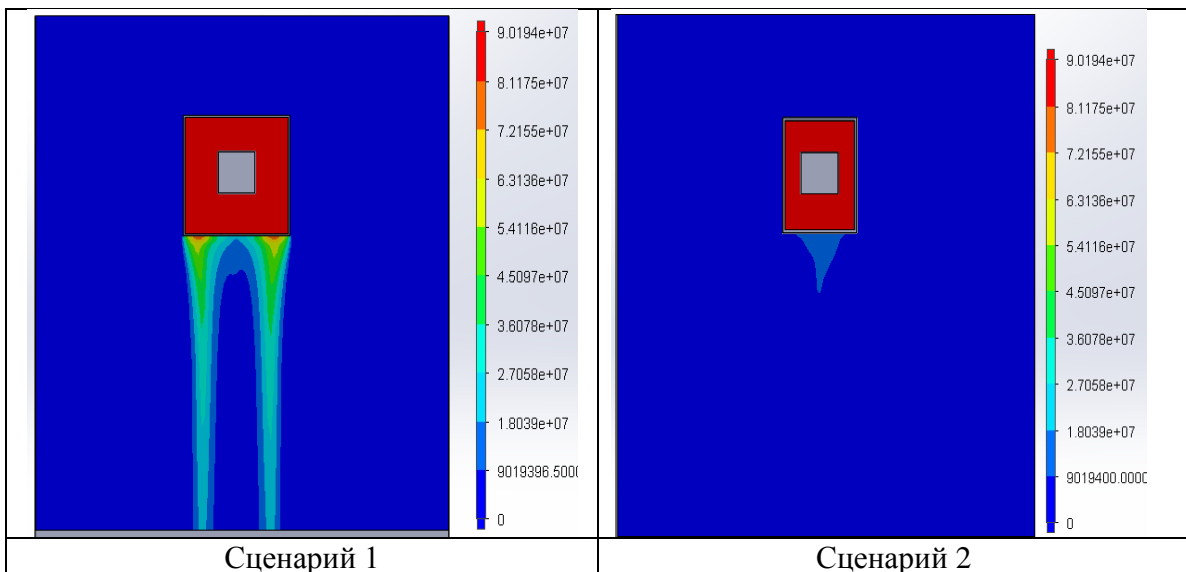


Рисунок 2. Сравнение распределения концентраций с двумя различными типами защитных конструкций в момент времени 100 с после аварии

Предполагается, что утечка нефтепродуктов происходит из самой высокой точки резервуара ПГС от уровня земли.

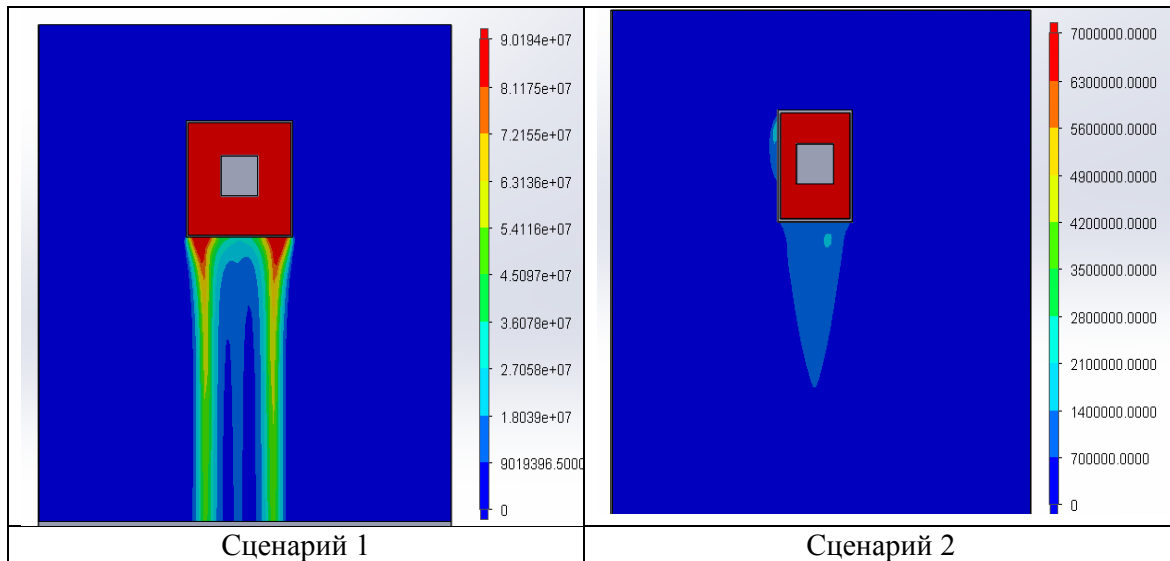


Рисунок 3. Сравнение распределения концентраций с двумя различными типами защитных конструкций в момент времени 600 с после аварии

Результаты показывают, что безопасное расстояние уменьшается для конструкции с более высокой защитой.

Концентрация пара уменьшается, так как обваловка с более высокой конструкцией удерживает испарившиеся пары внутри защитной зоны дольше, способствуя более эффективным процессам турбулентности, что позволяет лучше смешиваться с воздухом. Расстояние, при котором существенно снижается концентрация паров испаряющегося вещества, (для сценария 1) – более 40 м, (для сценария 2) – 10 м. Уменьшение расстояния определяется различной высотой обваловывания (0,8; 2 метра), что в ходе исследований показало важную роль в снижении концентрации паров при одинаковых значениях скорости ветра.

Область позади резервуара не содержит облака паров нефтепродуктов, что подтверждает большую скорость испарения по сравнению с распространением облака в этой области.

Результаты исследования помогут усовершенствовать дальнейшую оценку новых конструкций средств пассивной защиты, а также практическое применение ПСГ. Будущая работа включает в себя исследование эффектов турбулентности, создаваемых различными конфигурациями обваловки ПСГ. Турбулентность, вызванная различными конфигурациями обваловки ПСГ, может привести к возрастанию избыточного давления и возникновению взрыва внутри ПСГ.

Необходим дальнейший анализ для оценки потенциальных опасностей, которые новая конфигурация может добавить к проводимой оценке последствий для объектов ПСГ.

### Выводы

Работа по теоретическому моделированию с использованием инструмента CFD может повысить эффективность экспериментальных исследований потока паров нефтепродуктов путем предоставления решения сложных проблем, на основе фундаментальных законов физики.



Моделирование пассивных средств защиты продемонстрировало влияние различных конструкций препятствий на снижение концентрации испарившихся паров нефтепродуктов. Такой подход возможно применять при планировке объектов ПСГ и проектировании средств защиты вокруг ПСГ.

Исследования вынужденной дисперсии позволяют выбирать при моделировании способ оценки различных параметров проектирования, чтобы найти наиболее оптимальный вариант конструкции ПСГ.

В результате предложен подход, который может служить основой для поддержки разработки руководящих принципов для системы организации мероприятий предотвращения аварийных ситуаций при использовании ПСГ.

### **Литература**

Сороковикова О.С., Дзама Д.В., Асфандияров Д.Г. Специализированная робастная CFD RANS микромасштабная метеорологическая модель для моделирования атмосферных процессов и переноса примеси в условиях городской и промышленной застройки. Труды ИСП РАН, том 30, вып. 5. 2018 г. С. 213-234.

УДК 004.415.2

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОЧНОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

### **AUTOMATED INFORMATION-MEASURING SYSTEM OF STRENGTH TESTING OF PRODUCTS FROM HIGH-ENERGY MATERIALS**

Драничников И.А., Попов Ф.А.,  
АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»,  
г. Бийск, Российская Федерация

I.A. Dranichnikov, F.A. Popov,  
JSC “Federal Research and Production Center “Altai”,  
Biysk, Russian Federation

e-mail: AkaLiic1@Gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности построения и результаты создания автоматизированной информационно-измерительной системы прочностных испытаний изделий из высокоэнергетических материалов. Большую роль в процессе разработки, производства, доводки и серийного выпуска изделий из высокоэнергетических материалов играют всевозможные прочностные испытания, позволяющие оценить работоспособность изделий и их технические характеристики. На основе анализа процессов производства, испытаний и эксплуатации такого рода изделий, а также возможностей существующих информационно-измерительных систем, применяемых в отрасли спецхимии, показаны актуальность и значимость рассматриваемой разработки. Сформулированы требования, разработана структура к данной системе. После формулирования требований к функциональной составляющей системы, на основе анализа уже существующих аппаратных решений было выбрано

коммуникационное и измерительное оборудование. Отмечено, что основная ее часть разработана в соответствии с этими требованиями и введена в эксплуатацию. На основе анализа возможностей системы и полученных уже результатов утверждается, что система обеспечила повышение качества и оперативности работ обслуживающего персонала и операторов как на предварительном этапе (этапе подготовки к измерениям), так и непосредственно в процессе измерений. Отмечено, что продолжают работы по совершенствованию средств и методов обработки и представления данных, операторских интерфейсов, информационно-технологической системы.

**Abstract.** The article discusses the features of construction and the results of creating an automated information-measuring system for strength testing of products from high-energy materials. A large role in the process of development, production, debugging and serial production of products from high-energy materials is played by all kinds of strength tests, which make it possible to assess the performance of products and their technical characteristics. Based on the analysis of the processes of production, testing and operation of such products, as well as the capabilities of existing information-measuring systems used in the special chemical industry, the relevance and significance of the development under consideration are shown. The requirements are formulated, the structure for this system is developed. After formulating the requirements for the functional component of the system, based on the analysis of existing hardware solutions, we selected communication and measuring equipment. It was noted that its main part was developed in accordance with these requirements and put into operation. Based on an analysis of the capabilities of the system and the results already obtained, it is argued that the system has improved the quality and efficiency of the work of service personnel and operators both at the preliminary stage (the stage of preparation for measurements) and directly in the measurement process. It was noted that work is ongoing to improve the means and methods of processing and presenting data, operator interfaces, and information technology systems.

**Ключевые слова:** прочностные испытания высокоэнергетических материалов, автоматизированное рабочее место оператора, спецхимия.

**Keywords:** strength tests of high-energy materials, automated workplace operator, special chemistry.

Необходимость создания рассматриваемой системы обусловлена использованием до недавнего времени для целей информационно-измерительной поддержки процессов прочностных испытаний изделий спецхимии физически и морально устаревших средств измерений, регистрации результатов измерений и их последующей обработки, предусматривающих широкое применение ручных методов исследований [1].

Соответственно, данная автоматизированная система базируется на использовании современной аппаратно-программной базы, учитывающей особенности прочностных испытаний изделий из высокоэнергетических материалов и передовых информационных технологий измерительной техники. К числу этих особенностей можно отнести следующие:

1. Малое время активной фазы испытания, практически исключая возможность проведения оператором какого-либо анализа и корректировки режима работы в ходе испытания [3];

2. Повышенная взрывоопасность изделия при испытаниях, связанная главным образом, с применением высокоэнергетических наполнителей;

3. Отсутствие возможности повторения опыта на одном и том же изделии, вследствие необратимости процессов, происходящих с наполнителем.

Очевидно, что ряд важнейших параметров высокоэнергетических наполнителей изделий спецхимии, таких, как скорость горения, температура, давление, вибрация позволяют оценить качество исследуемого продукта и внести корректировку в состав испытуемого образца. Следовательно, высокая точность, надежность и скорость получения результатов явились первоочередными факторами, учтенными при разработке системы.

Функциональные возможности системы:

1. Ввод, контроль, редактирование, документирование и хранение данных о результатах испытаний;
2. Преобразование измерительных сигналов, поступающих от датчиков;
3. Регистрация и хранение измерительных данных;
4. Визуализация измерительной информации на информационной панели в реальном времени при проведении испытаний;
5. Обработка результатов измерений;
6. Представление результатов обработки в виде таблиц и графиков;
7. Формирование официальных документов с окончательными результатами испытаний.

Структура системы представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Структура автоматизированной информационно-измерительной системы прочностных испытаний изделий спецхимии

В данной структуре выделены:

1. Многоканальная система сбора данных на базе LTR-крейтов производства ООО «Л Кард» (Госреестр №35234-07) с измерительными модулями [6];
2. Коммуникационный блок, объединяющий все узлы системы в рамках единой локальной компьютерной сети;
3. Блок управления и синхронизации, предназначенный для выработки синхронизирующих и управляющих сигналов, обеспечивающих в автоматическом режиме координацию совместной работы измерительной аппаратуры в соответствии с заранее подготовленным сценарием;
4. Информационно-технологическая система, предназначенная для сбора, обработки, сохранения, передачи данных, обеспечивающая протоколирование хода

испытания, коммуникацию АРМов, визуализацию данных с АРМов в реальном времени и передачу их на информационную панель;

5. Централизованная база данных, содержащая первичные сведения о результатах испытаний изделий, представленные в слабоструктурированном виде;

6. Информационно-справочная система, обеспечивающая представление и хранение данных о результатах измерений в структурированном виде;

7. Автоматизированные рабочие места (АРМ) операторов постов: тензометрического, вибрационного, температурного.

Программное обеспечение АРМ представляет собой комплекс функциональных модулей, отвечающих за подготовку к измерениям, настройку измерительных каналов, визуализацию измерительных данных и т.д.

Функциональные возможности АРМ приведены на рисунке 2.

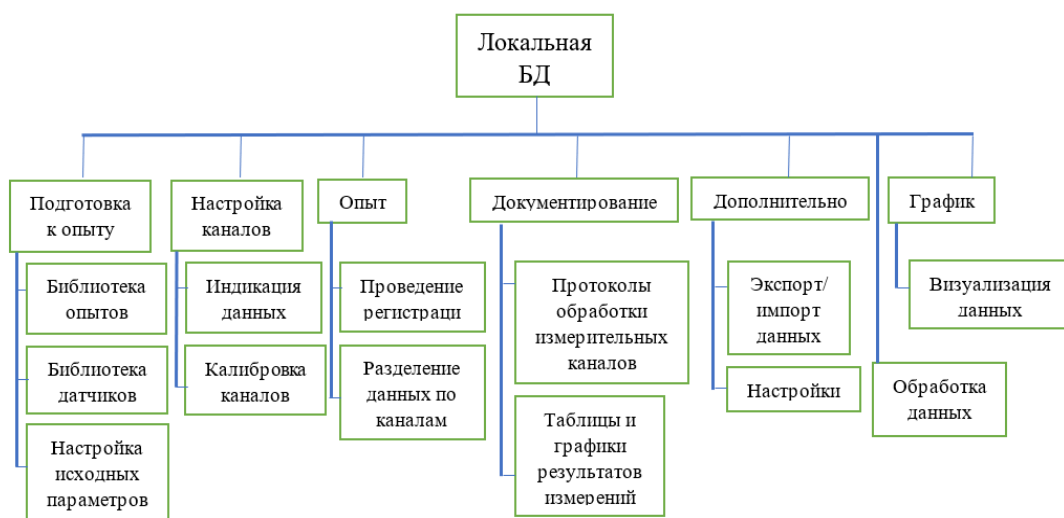


Рисунок 2. Функциональные возможности АРМ оператора постов

## Выводы

1. В настоящее время основные компоненты системы разработаны и находятся в эксплуатации, обеспечив повышение качества и оперативности работ обслуживающего персонала и операторов как на предварительном этапе (этапе подготовки к измерениям), так и непосредственно в процессе измерений.

2. Продолжаются работы по совершенствованию средств и методов обработки и представления данных, операторских интерфейсов, информационно-технологической системы.

## Литература

1. Жарков А.С., Звольский Л.С., Литвинов А.В. и др. Проблемы создания интегрированных АСУ для производств спецхимии и пути их решения. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – 266 с.

2. Драничников И.А., Кобяков А.В. Автоматизированная система измерений геометрических параметров энергетических установок // Материалы и технологии XXI века, IV всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов. – 2015. – С. 56-58.

3. Драничников И.А., Хохлов Р.О. Автоматизация измерений скорости горения и стендовых испытаний малогабаритных изделий // Материалы и технологии XXI века. Доклады V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 79-81.

4. Гривастов Д.А. Практические процедуры проверки программного обеспечения СИ при испытаниях в целях утверждения типа // Мир измерений. – 2012. – №11. – С. 23.

5. Кодоркин А.В., Емельянов А.С., Борисов А.В. Библиотека LTRAPI. Руководство программиста. – Москва: ООО «Л Кард», 2019. – 66 С. – Текст: электронный // URL: <https://clck.ru/PRoYz> (дата обращения: 11.03.2020).

6. Установка измерительная LTR. Руководство по эксплуатации. – Москва: ООО «Л Кард», 2019. – 28 С. – Текст: электронный // URL: <https://clck.ru/PRocL> (дата обращения: 11.03.2020).

УДК 004:550.380

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ АНАЛИЗА АПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВАРИАЦИЙ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ**

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM CONCEPT  
FOR ANALYSIS OF AERIODIC SPACE VARIATIONS  
OF THE EARTH'S MAGNETIC FIELD**

Грушина А.А.,  
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация

A.A. Grushina,  
FSBEI HPE “Ufa state aviation technological university”,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: [anastasia.pear97@gmail.com](mailto:anastasia.pear97@gmail.com)

**Аннотация.** В данной статье описываются пространственные вариации геомагнитного поля, под которыми понимается силовое воздействие на объект со стороны геомагнитного поля, возникающее в объеме существования этого объекта в среде невозмущенного анизотропного геомагнитного поля, при условии ненулевой угловой и/или линейной скорости объекта. В статье затрагивается проблема минимизации негативного воздействия геомагнитных вариаций в области построения и эксплуатации аэрокосмической техники различного целевого назначения, которое в исключительных случаях может привести к так называемому эффекту геомагнитной псевдобури. В целях изучения пространственных вариаций магнитного поля предлагается концепция веб-ориентированного программного средства, которое бы позволило осуществлять расчет, моделирование и визуализацию упомянутых вариаций, возникающих при полете аэрокосмической техники различного назначения. В статье также описываются основные принципы функционирования и планируемая архитектура предлагаемого программного средства; приводится перечень программных сервисов, которые планируется использовать в качестве компонентов системы посредством интерфейса прикладного программирования (API), таких как сервис, предоставляющий картографические данные, и сервис, позволяющий получить значения параметров магнитного поля в заданной точке; также описывается роль упомянутых сервисов в процессе расчета изменения пространственных вариаций геомагнитного поля.

**Abstract.** This article describes the spatial variations of the geomagnetic field, which is understood as the force action on the object from the side of the geomagnetic field, arising in the volume of existence of this object in the environment of an unperturbed anisotropic geomagnetic field, subject to a non-zero angular and / or linear velocity of the object. The article addresses the problem of minimizing the negative impact of geomagnetic variations in the field of construction and operation of aerospace equipment for various purposes, which in exceptional cases can lead to the so-called geomagnetic pseudo-storm effect. In order to study spatial variations of the magnetic field, the concept of a web-oriented software is proposed, which would allow for the calculation, modeling and visualization of the mentioned variations that arise during the flight of aerospace equipment for various purposes. The article also describes the basic principles of operation and the planned architecture of the proposed software; a list of software services that are planned to be used as system components through an application programming interface (API), such as a service that provides map data, and a service that allows you to obtain values of the magnetic field at a given point; also describes the role of these services in the process of calculating changes in spatial variations of the geomagnetic field.

**Ключевые слова.** геомагнитное поле, геомагнитные вариации, геомагнитные псевдотормы, сервисно-ориентированная архитектура, API.

**Keywords.** geomagnetic field, geomagnetic variations, geomagnetic pseudo-storms, service-oriented architecture, API.

Как известно, вариации геомагнитного поля (ГМП) могут оказывать значительное влияние на функционирование современных технологических систем. И хотя в мировом научном сообществе отсутствует единое мнение о влиянии ГМП на здоровье и самочувствие людей, имеется достаточно много исследований, занимающихся этим вопросом. Идея этих исследований заключается в том, что определенные составляющие ГМП может оказывать прямое или косвенное воздействие на объекты и системы разной природы, в том числе и на организм человека.

Нормальной практикой является учет особенностей геомагнитного поля при эксплуатации авиационно-космической техники. Так, например, космический телескоп «Хаббл» прекращает сбор данных, когда находится в зоне так называемой южно-атлантической магнитной аномалии, чтобы избежать повреждения аппаратуры [1]. Также по всему миру производится наблюдение и изучение временных вариаций магнитного поля Земли, таких как суточные, вековые и т.д., обходя при этом стороной пространственные вариации, которые отображают изменение геомагнитного поля, действующего на объект, находящийся в движении. Беря во внимание тот факт, что влияние ГМП как на технические системы, так и на человека, на настоящий момент недостаточно изучено, и предполагается, что это воздействие имеет по большей части негативный эффект, имеет место более детальное исследование ГМП, которое помогло бы выявить и нейтрализовать негативные факторы его воздействия.

Особенно остро проблема минимизации негативного воздействия ГМП стоит в области построения и эксплуатации аэрокосмической техники различного целевого назначения. Такая ситуация первоначально обусловлена взаимодействием человека со значительным количеством сложных навигационных, информационно - измерительных и управляющих систем в условиях непрерывности процесса полета и удаленности от наземных технических служб [2]. Причем можно рассматривать как с позиции воздействия ГМП на технологические системы, так и с позиции воздействия на человека. Так как согласно статистике аварийных ситуаций, возникших на борту летательных

аппаратов, причиной 57% ситуаций был человеческий фактор и 22% – отказ бортового оборудования [2, 3, 4].

Если касаться вопроса влияния пространственных ГМВ на объекты, то аэрокосмическая техника опять же попадает в область повышенного внимания, поскольку, помимо уже перечисленных выше особенностей, при эксплуатации она развивает внушительную скорость, из-за чего за короткий промежуток времени геомагнитное поле, в котором находится объект, может существенно измениться. В исключительных случаях имеет место быть эффект геомагнитной псевдобури, под которым понимается силовое воздействие на объект со стороны геомагнитного поля, возникающее в объеме существования этого объекта в среде невозмущенного анизотропного геомагнитного поля при условии ненулевой угловой и/или линейной скоростей объекта [4, 5].

В целях изучения пространственных вариаций магнитного поля планируется разработать программное средство, которое бы позволило осуществлять расчет, моделирование и визуализацию параметров поля, в котором находится движущийся объект, и проводить их анализ. Так как программное средство подразумевает визуализацию пространственных данных, требуется картографическая информация. Логичным выходом из ситуации является подключение картографических сервисов через интерфейс прикладного программирования. К счастью, имеется выбор среди нескольких веб-сервисов, позволяющих создавать интерактивные карты на веб-странице и отображать на них различные объекты. Такие сервисы позволяют гибко манипулировать географическими объектами: прорисовывать и центрировать фрагменты карты, расставлять маркеры с пометками, выполнять разнообразные расчеты. Выбор в итоге был остановлен на ArcGIS [6].

Таким образом, планируемое приложение будет представлять собой совокупность веб-сервисов и средств их взаимодействия, что подразумевает реализацию веб-приложения с сервисно-ориентированной архитектурой. Упомянутое архитектурное решение также позволит использовать сервис геопортала GEOMAGNET (<http://www.geomagnet.ru>) для получения данных о свойствах магнитного поля в заданной точке пространства в определенный момент времени.

Принцип работы программного средства предполагает следующее:

1) построение геодезической полилинии по ходу движения объекта в пространстве;

Геодезическая полилиния – это расстояние, измеренное вдоль линии, соединяющей две точки и проходящей по поверхности Земли, с учетом эллипсоидной формы планеты [2].

2) получение данных о свойствах геомагнитного поля в точке;

3) определение изменений параметров геомагнитного поля по сравнению с параметрами, полученными в предыдущей отмеченной точке нахождения объекта.

Исходными данными для приложения будут являться широта, долгота, высота объекта, а также время, в которое объект находился в точке с указанными координатами. Далее требуется определить полный вектор индукции магнитного поля Земли в точке географического пространства, заданной пространственно-временными координатами как сумму трех составляющих:

$$\bar{B}_{ge} = \bar{B}_{it} + \bar{B}_r + \bar{B}_{ir} \quad (1)$$

где  $\bar{B}_{it}$  – вектор индукции ГМП внутриземных источников;

$\bar{B}_r$  – регулярная составляющая вектора индукции ГМП магнитосферных токов, вычисляемая в солнечно-магнитосферной системе координат;

$B_{it}$  – иррациональная составляющая вектора индукции ГМП магнитосферных токов.

Магнитное поле внутриземных источников  $B_{it}$  отражает преимущественно силовые характеристики невозмущенного ГМП, порождаемого, главным образом, полем электрических токов в земном ядре (главное поле) и составляющего ~98 % всего поля. Поля же земного магнетизма, обуславливающиеся магнитными свойствами горных пород, составляют ~2 % всего поля. При этом поле земной коры убывает с высотой значительно быстрее, чем главное поле, и начиная с высоты ~100 км им практически пренебрегают [2]. Соответственно, в данном случае ими вполне можно пренебречь.

Составляющие вектора индукции магнитного поля внутриземных источников  $\{X', Y', Z'\}$  можно будет получить от геопортала GEOMAGNET посредством API [7].

В точке А с координатами  $\varphi, \lambda, h$ , которые представляют собой широту, долготу и высоту в географических координатах, прямоугольные составляющие вектора индукции (в геодезической системе координат) определяются согласно выражениям 2-4, а модуль вектора индукции ГМП – по формуле 5 [8].

$$B_X = X' \cos(\varphi - \varphi') + Z' \sin(\varphi - \varphi') \quad (2)$$

$$B_Y = Y', \quad (3)$$

$$B_Z = Z' \cos(\varphi - \varphi') + X' \sin(\varphi - \varphi') \quad (4)$$

где  $\varphi$  – географическая (геодезическая) широта точки в пространстве, [градусы];

$\varphi'$  – широта в сферических координатах, [градусы];

$X', Y', Z'$  – составляющие вектора индукции магнитного поля внутриземных источников:

$$\bar{B}_{it} = \{B_X; B_Y; B_Z\} \quad (5)$$

Последним шагом будет расчет изменения вектора индукции магнитного поля Земли в точке географического пространства по сравнению со значением в предыдущей точке с течением времени, иными словами, скорость нарастания (спада) силовой характеристики невозмущенного геомагнитного поля:

$$I_B = \frac{\Delta B}{\Delta t} \approx \frac{|\Delta \bar{B}_{it}|}{\Delta t} \quad (6)$$

### Выводы

В связи с тем, что в последние годы наблюдается некоторый разрыв между прогрессом в развитии средств магнитных измерений и коммуникаций на обсерваториях с процессом обработки получаемых данных, разработку приложения, анализирующего эти данные, с использованием современных технологий можно считать целесообразной [9].

Таким образом, веб-приложение, регистрирующее пространственные вариации геомагнитного поля, может способствовать решению проблемы изучения влияния ГМВ на технические и биологические системы, в том числе авиационно-космическую технику, а также на ее оборудование и пассажиров.

### Литература

1. Khairul Afifi Nasuddin, et al., “Characterization of the South Atlantic Anomaly” // Nonlin. Processes Geophys., 2019. pp 26, 25-35.



2. Миловзоров Г.В. и др. Исследование и анализ амплитудно-частотных характеристик геомагнитной псевдобури, возникающей в процессе авиаперелета воздушных судов различного целевого назначения // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. Т. 18. №3 (64). С. 132-141.
3. Бинги В.Н., Савин А.В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // УФН. – 2003. – Т. 173, №3. – С. 265-269.
4. Воробьев А.В. Моделирование и исследование эффекта геомагнитной псевдобури // Геоинформатика. 2013. №2. С. 29-36.
5. Воробьев А.В. и др. Анализ и исследование частных геомагнитных вариаций // Современные проблемы науки и образования. 2014. №2. С. 102.
6. ArcGIS. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arcgis.com/> (дата обращения 13.01.2020).
7. ГОСТ 25645.126-85. Поле геомагнитное. Модель поля внутриземных источников. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 23 с.
8. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р. Веб-ориентированная 2d/3d-визуализация параметров геомагнитного поля и его вариаций // Научная визуализация. 2017. Т. 9. №2. С. 94-101.
9. Хомутов С.Ю. Обработка магнитных данных на обсерваториях (описание специализированного программного пакета) // ИКИР ДВО РАН. – ред.1.2, декабрь 2017 г. – с. Паратунка, Камчатский край.: ИКИР ДВО РАН, 2017 г. – 114 с.

УДК 004.928: 544.18

## КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ ПОДХОД ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМОВ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

## QUANTUM-CHEMICAL APPROACH IN VISUALIZING THE MECHANISMS OF CHEMICAL REACTIONS

<sup>1</sup>Панин Н.А., <sup>1</sup>Попов Д.А., <sup>1,2</sup>Панкратьев Е.Ю.,

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

<sup>2</sup>Институт физики молекул и кристаллов – обособленное структурное подразделение  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,  
г. Уфа, Российская Федерация

N.A. Panin<sup>1</sup>, D.A. Popov<sup>1</sup>, E.Yu. Pankratyev<sup>1,2</sup>,

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

<sup>2</sup>Institute of Molecule and Crystal Physics – Subdivision  
of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: [evgeniy@pankratyev.com](mailto:evgeniy@pankratyev.com)

**Аннотация.** На основе квантово-химического подхода предложена методика визуализации механизмов химических реакций, состоящая из четырёх этапов. Первый этап предваряет квантово-химическое исследование механизма искомой химической

реакции, результатом чего являются детальные данные о поверхностях потенциальных энергий элементарных физико-химических стадий. Получение информации о поверхностях потенциальных энергий сопровождается решением ряда квантово-химических задач, среди которых нас интересуют оптимизация структуры соединений, релаксированное сканирование геометрических параметров, сканирование по координате реакции, которые и служат исходными данными для визуализации. Так, на первом этапе из выходных файлов квантово-химических расчётов производится извлечение декартовых координат, соответствующих точкам на ППЭ отдельных элементарных стадий химического превращения и агрегация данных различных стадий в единый набор. На втором этапе с целью стыковки отдельных элементарных физико-химических стадий производится поворот системы координат для каждого элемента из набора координат в соответствии с эллипсоидом инерции. На третьем этапе производится сглаживание движения атомов посредством создания промежуточных усреднённых наборов координат. На последнем этапе подготовленные данные посредством существующего квантово-химического визуализатора геометрической структуры переводятся в набор рисунков, которые объединяют в анимационный ролик с помощью видео редактора.

**Abstract.** Based on the quantum-chemical approach, a technique for visualizing the mechanisms of chemical reactions, consisting of four stages, is proposed. The first stage is preceded by a quantum-chemical study of the mechanism of the desired chemical reaction, resulting in detailed data on the surfaces of potential energies (PES) of elementary physicochemical stages. Obtaining information on the PES is accompanied by the solution of a number of quantum-chemical tasks, among which we are interested in optimizing the structure of compounds, relaxed scanning of geometric parameters, scanning along the intrinsic reaction coordinate, which serve as initial data for visualization. So, at the first stage, the Cartesian coordinates corresponding to the points on the PES of the individual elementary stages of the chemical transformation are extracted from the output files of quantum-chemical calculations and the aggregation of data from the various stages into a single set. At the second stage, in order to dock individual elementary physicochemical stages, the coordinate system is rotated for each element from the set of coordinates in accordance with the inertia ellipsoid. At the third stage, the motion of atoms is smoothed by creating intermediate averaged sets of coordinates. At the last stage, the prepared data, using the existing quantum-chemical visualizer of the geometric structure, is translated into a set of figures, which are combined into an animated movie using a video editor.

**Ключевые слова:** квантовая химия, механизмы химических реакций, визуализация, анимация, популяризация научных исследований.

**Keywords:** quantum chemistry, mechanisms of chemical reactions, visualization, animation, popularization of scientific research.

Для максимально полного управления химическими процессами и упрощения научно-исследовательской работы над получением новых соединений с заданными свойствами требуется насколько это возможно детально знать механизмы соответствующих химических реакций [1-4].

Механизм химической реакции представляет собой сложную совокупность протекающих в системе элементарных химических и физико-химических стадий с участием молекул, атомов, ионов, свободных радикалов и возбуждённых частиц [5, 6]. Молекулярные структуры, участвующие в исследуемых превращениях, могут иметь

достаточно сложное пространственное строение, поэтому для исследователя ключевую роль достаточно часто играет визуальное представление исследуемых объектов.

Таким образом, объектами визуализации химических процессов являются молекулярные структуры и непосредственно сами механизмы химических реакций. И если для визуализации молекулярной структуры существуют различные методы, как например, рентгеноструктурное исследование с последующим применением соответствующего программного обеспечения для вывода пространственного расположения атомов, или решение квантово-химической задачи оптимизации строения молекулярной системы с целью получения равновесной структуры молекулы с последующим отображением получаемых координат в программе-визуализаторе, то методы получения визуальной информации о механизмах реакций на текущий момент скудны [7, 8].

Наиболее доступным путём получения данных для последующей визуализации является квантово-химическое исследование поверхности потенциальной энергии (ППЭ) реакции [5, 9], которое заключается в поиске и оптимизации структуры переходного состояния (ПС) элементарной реакции и сканировании ППЭ из ПС по координате реакции. Результатом сканирования по координате реакции (процедура IRC) является два набора координат молекулярной системы: путь от реагентов к ПС и от ПС к продуктам.

В случае если ППЭ элементарной стадии не содержит ПС для получения данных необходимо произвести релаксированное сканирование по геометрическому параметру, наиболее близко характеризующему физико-химическое превращение (например, растяжение или сжатие соответствующей химической связи).

Следует отметить, что элементарные стадии химических реакций сводятся к поступательному и вращательному движению атомов в пространстве.

Если извлечь из выходных файлов квантово-химических расчётов декартовы координаты, соответствующих точкам на ППЭ отдельных элементарных стадий химического превращения и агрегировать в единый набор, то можно визуализировать полученные данные в виде анимации механизма химической реакции (рисунок 1).

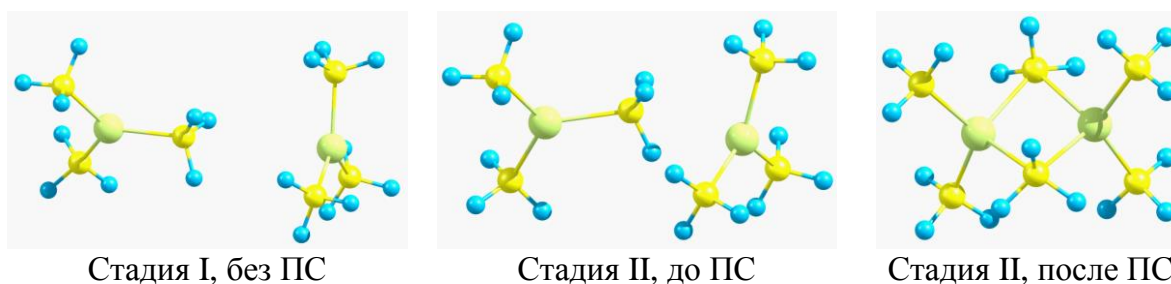


Рисунок 1. Отдельные кадры анимации на примере механизма взаимодействия двух молекул триметилалюминия

Однако в разных квантово-химических пакетах программы отдельные расчёты исследуемых молекулярных систем производятся в системах координат с разным центром и углом наклона координатных осей x-y-z.

Возможным путём решения данной проблемы, с целью стыковки отдельных элементарных физико-химических стадий, является поворот системы координат для каждой геометрической структуры из набора координат в соответствии с эллипсоидом инерции.

*Математические основы поворота координатных осей*

Центр системы координат переносится в точку

$$\vec{R} = \frac{1}{\sum_{i=0}^{N-1} m_i} \sum_{i=0}^{N-1} m_i \vec{r}_i \quad (1)$$

В новых координатах определяется тензор инерции [10] геометрической структуры:

$$I = \begin{pmatrix} \sum m_i (y_i^2 + z_i^2) & -\sum m_i x_i y_i & -\sum m_i x_i z_i \\ -\sum m_i y_i x_i & \sum m_i (x_i^2 + z_i^2) & -\sum m_i y_i z_i \\ -\sum m_i z_i x_i & -\sum m_i z_i y_i & \sum m_i (x_i^2 + y_i^2) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Методом секущих решается уравнение третьей степени

$$\det(I - \lambda E) = 0 \quad (3)$$

корни которого соответствуют собственным числам  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Поиск определителя матрицы сводится к приведению матрицы к треугольному виду линейным комбинированием строк, после чего определитель равен произведению элементов главной диагонали. В предположении, что  $\lambda_i \neq 0$ , в качестве начального приближения берётся  $\lambda = 0$ . Поиск корня происходит для вспомогательной функции

$$\phi(\lambda) = f(\lambda) \prod_{j=0}^{j-1} \frac{1}{(\lambda - \lambda_j)} \quad (4)$$

где  $f(\lambda) = \det(I - \lambda E)$ ,

$J$  – количество определённых корней.

При  $J = 0$  полагаем  $\prod(\lambda - \lambda_i)^{-1} = 1$  и  $\phi(\lambda)|_{\lambda=0} = f(\lambda)$ . Так как  $\max(J) = 2$ , считаем  $|\phi(\lambda_j) - f(\lambda_j)|$  достаточно малым. Методом исключения Гаусса решается система

$$(I - (\lambda_i + \delta_i)E)\vec{x} = \vec{n}_x + \vec{n}_y + \vec{n}_z \quad (5)$$

где  $\lambda_i$  –  $i$ -е решение уравнения (3),

$\delta_i$  – некоторое значение, включающее в себя погрешность определения  $\lambda_i$ , достаточно большое для не вырожденности системы и корректного завершения вычисления и достаточно малое для приближённого равенства

$$\frac{\vec{x}}{\sqrt{(\vec{x}\vec{x})}} \approx \begin{cases} +\vec{e}_i \\ -\vec{e}_i \end{cases}$$

Нормированные собственные вектора определены с точностью до знака. Правильность знака определяется из условия

$$\xi_j = \min (\xi_j \{+\vec{e}_i\}_{i=0}^2, \xi_j \{-\vec{e}_i\}_{i=0}^2)$$

где  $\xi_j = ||\Lambda_i - \Lambda_{i-1}||$  – путь, проделанный системой, движущейся из состояния  $\Lambda_{i-1}$  в состояние  $\Lambda_i$

### *Сглаживание движения атомов*

Квантово-химические расчёты даже при использовании простых приближений являются относительно затратными в вычислительном плане. Так, на получение каждой геометрической структуры (одного набора координат) требуется затрачивать серьёзные временные ресурсы, оперативную и дисковую память электронной вычислительной машины. Это обуславливает то, что при экономном подходе при визуализации механизма могут наблюдаться рывки между кадрами, снижающие красоту анимации.

С целью устранения данной проблемы можно применять простое сглаживание движения структуры путём деления интервалов времени между смежными состояниями на минимальное число состояний, перемещения между которыми не превышают значения некоторого параметра. Во время сглаживания предполагается, что все точки структур занумерованы одинаковым образом. Мерой перемещения считается разница между положениями самой быстрой точки структуры в смежных состояниях.

Также можно задать параметр, определяющий минимальное перемещение, при котором смежные структуры уже не следует считать переходящими одна в другую. Сглаживание движения в этом случае не производится.

### *Создание рисунков на основе набора декартовых координат*

На последнем этапе подготовленные данные посредством существующего квантово-химического визуализатора геометрической структуры переводятся в набор рисунков, которые объединяют в анимационный ролик с помощью видео редактора (например, VirtualDub).

Количество программ-визуализаторов результатов квантово-химических расчётов, способных анимировать элементарные физико-химические стадии, невелико, например, к ним относятся Molden 4.6 и ChemCraft 1.6. Первая является свободно распространяемой программой, в то время как вторая – проприетарная. Сравнение использования данных программ для визуализации механизмов химических реакций показало, что результирующие видео с использованием ChemCraft получаются более качественными.

### **Выводы**

Разработана методика визуализации механизмов химических реакций, состоящая из четырёх этапов:

1) из файлов квантово-химических расчётов производится извлечение координат, соответствующих точкам на поверхности потенциальной энергии отдельных элементарных стадий химического превращения и агрегация данных различных стадий в единый набор;

2) с целью стыковки отдельных элементарных физико-химических стадий производится поворот системы координат для каждой геометрической структуры в соответствии с эллипсоидом инерции;

3) сглаживание движения атомов посредством создания промежуточных усреднённых наборов координат;

4) подготовленные данные посредством визуализатора переводятся в набор рисунков, которые объединяют в анимационный ролик с помощью видео редактора.

### **Литература**

1. Слинько М.Г. История развития математического моделирования каталитических процессов и реакторов // Теоретические основы химической технологии. 2007. Т. 41. №1. С. 16-34.

2. Панкратьев Е.Ю., Тюмкина Т.В., Хурсан С.Л. и др. Применение

суперкомпьютеров в исследовании механизмов реакций металлокомплексного катализа // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2009): Труды международной научной конференции (Нижний Новгород, 30.03-03.04.2009). Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. С. 631-638.

3. Панкратьев Е.Ю., Сайфуллина Л.В., Коледина К.Ф. и др. Применение суперкомпьютеров для исследования механизмов металлокомплексного катализа на примере каталитического гидро- и карбоалюминирования алкенов алкилаланами // Научный сервис в сети Интернет: экзафлопное будущее: Труды международной суперкомпьютерной конференции (Новороссийск, 19-24.09.2011). М.: Изд-во МГУ, 2011. С.276-282.

4. Панкратьев Е.Ю., Тихонова М.В., Губайдуллин И.М. и др. Макроскопическое исследование реакции циклоалюминирования олефинов // Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений: Труды международной суперкомпьютерной конференции (Новороссийск, 17-22.09.2012). М.: Изд-во МГУ, 2012. С. 177-184.

5. Jensen F. Introduction to Computational Chemistry, 3rd Edition. Chichester: Wiley. 2017. 664 p.

6. Панкратьев Е.Ю. Механизм реакции каталитического гидроалюминирования алкенов алкилаланами в присутствии  $\text{Cp}_2\text{ZrCl}_2$ : квантово-химический подход. Дисс. канд. хим. наук. Уфа: ИНК РАН. 2010. 183 с.

7. ЛИМОР НИОХ РАН. Скрипты и программы. Режим доступа: <http://limor1.nioch.nsc.ru/quant/program/>

8. Панкратьев Е.Ю. Визуализация механизмов химических реакций на основе квантово-химических расчётов // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2010): Труды международной научной конференции (Уфа, 29.03-02.04.2010). Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2010. С. 680.

9. Миняев Р.М. Градиентные линии на многомерных поверхностях потенциальной энергии и механизмы химических реакций // Успехи химии. 1994. Т. 63. №11. С. 939-961.

10. Схоутен А.Я. Тензорный анализ для физиков. М.: Наука. 1965. 456 с.

УДК 004.046

## **ЦОД И БИЗНЕС-АНАЛИТИКА В УПРАВЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ**

### **DATA CENTER AND BUSINESS ANALYTICS IN GEOLOGICAL COMPANY MANAGEMENT**

Богучаров В.А.,  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

V.A. Bogucharov,  
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
Saint Petersburg, Russian Federation

e-mail: vladconq@gmail.com

**Аннотация.** В нефтегазовой сфере, как нигде, актуальна эволюционная модель инфраструктуры (технологическая, информационная и др.) и обеспечение

взаимодействий между участниками бизнеса в отрасли. У каждой инфраструктуры есть свои задачи. В частности, следует обеспечить доступность приложений, их устойчивость в инфраструктуре отрасли, снизить непроизводительные затраты (по крайней мере, таковыми кажущиеся) – резервирование, архивирование, аутентификация пользователя, защита каналов и ИКТ-систем, ЦОД, серверных центров. Работа посвящена задачам повышения эффективности, доступности инфраструктуры отрасли, снижения административных затрат, обеспечения устойчивых взаимодействий ИКТ-систем и ЦОД геологической компании. Рассуждения ведутся с позиции системного анализа, выявления и описания связей. ЦОД отрасли нефтедобычи и/или переработки – единый комплекс сбора, хранения, передачи данных в отрасли и поэтому на него возлагаются задачи консолидации, единого хранения и актуализации данных в рамках отрасли, их конфигурирования и др. IT-активы отрасли, концерна требуют управляемости, пространственно-временной привязки, сервиса мобильного и удаленного доступа. Инновационные решения нефтегазовых компаний совершенствуют адаптационные возможности, интеллектуализацию решений – вплоть до визуализации состояния внутри нефтегазовой магистрали. В работе описаны системные требования и жизненный цикл управления ресурсами нефтегазовой компании. Анализируется перераспределение между бизнес-процессами ресурсов внутри инфраструктуры, службами и сервисами.

**Abstract.** Evolutionary infrastructure (technological, information, etc.), provision of interactions are relevant in the oil and gas sector. Each infrastructure has its own tasks. In particular, it's necessary to ensure the availability of applications, their stability in the infrastructure of the industry, to reduce overhead (at least, it seems) - backup, archiving, user authentication, protection of channels and ICT systems, data centers, server centers. The work is devoted to the tasks of increasing efficiency, accessibility of the industry infrastructure, reducing administrative costs, ensuring stable interaction of ICT systems and data center of the geological company from the point of view of system analysis, identification and description of connections. Data centers of the oil production and/or processing industry are a single complex of data collection, storage, and transfer in the industry and therefore it's entrusted with the tasks of consolidation, unified storage and updating of data within the industry, their configuration, etc. IT assets of the industry, the group require manageability, space-time reference, and mobile and remote access service. Innovative solutions of oil and gas companies improve adaptation capabilities, intelligent solutions-up to visualization of the state inside the oil and gas highway. The work describes the system requirements and life cycle of the oil and gas company's resource management. The redistribution of resources within the infrastructure, services, and services between business processes is analyzed.

**Ключевые слова:** инфраструктура, геологическая компания, устойчивость, управление, обработка данных.

**Keywords:** infrastructure, geological company, sustainability, management, data processing.

Поставки сырья стартовали со 2 декабря: «Сила Сибири» начала транспортировку газа в Китай, по Иркутской и Амурской областям, Якутии. Она соединит новые месторождения с Благовещенском, который располагается у границы с КНР. Оттуда газ (38 млрд. куб. м/год) пойдет уже по китайской трубе до Шанхая. Для России газопровод – это не просто труба для прокачки газа, это крупнейший инфраструктурный проект, который существенно улучшит качество жизни в регионах, через которые проходит. И

даст возможность создать сразу несколько крупнейших промышленных предприятий на Дальнем Востоке.

Но нефтегазовому хозяйству России требуется эволюционная инфраструктура (технологическая, инвестиционная, информационная и др.), обеспечивающая взаимодействие компаний отрасли, их связь с ресурсными потоками с подсистемами, регионами. В отрасли накоплены серьезные причины и проблемы, в том числе, инфраструктурные [1], чтобы активно решать важнейшие задачи:

- 1) повысить эффективность вычислительных, коммуникационных систем;
- 2) обеспечить доступность сред, приложений инфраструктур отрасли;
- 3) снизить административные затраты на управление IT-инфраструктурой нефтегазовой компании, резервирование данных;
- 4) обеспечить функционирование каналов связи, ИКТ-систем с соответствующими ЦОД, серверными центрами, отдельными серверами.

Для исследования инфраструктурной устойчивости и управляемости IT-инфраструктуры нефтегазовой компании необходим системный подход.

Первоначальное требование – провести обследование, анализ инфраструктурных изменений, информационного потенциала, разработать технические задания по всем подсистемам управляющей системы. ЦОД нефтегазовой отрасли должен быть распределенным инфологически единым комплексом актуализации (сбора, хранения, обработки, передачи) данных в отрасли. На этот комплекс возлагаются задачи консолидации, хранения, обработки пересылки (обмена) данными, информацией в рамках отрасли, корпорации, региональных структур.

Для обеспечения достаточного уровня надежности и производительности инфраструктуры потребуются элементы и подсистемы:

- 1) накопители (SCSI);
- 2) коммутаторы (FC, Fibre Channel);
- 3) ПО управления, конфигурирования FSM (FAST Storage Manager), Tivoli (Enterprise, NetView) [2] и др.;
- 4) сценарии и установки бизнес-приложений (документооборот, маркетинг, мониторинг и др.).

Необходимо организовать также обучение, консалтинг персонала, аудит рабочей обстановки.

Активы нефтегазового предприятия – это не только IT-активы (базы данных, приложения, технологии и др.), но и бизнес-активы (здания, транспорт и др.). И те, и другие требуют управляемости, отраслевых стандартов качества, средств автоматизации, геопространственной привязки, мобильного и удаленного доступа к IT-ресурсам, сервису.

Управление ресурсами нефтегазовой компании охватывает весь жизненный цикл инфологических ресурсов. Необходима оперативность IT-сервиса и перераспределения ресурсов инфраструктуры между бизнес-процессами (рисунок 1), службами, сервисами.

Важна своевременная и непрерывная диагностика риск-состояния компании. Предлагаемая системная процедура диагностики риск-состояния реализуется процессами:

- 1) выдвижения гипотез поведения системы (используется статистика, эвристика);
- 2) анализа возможных риск-ситуаций (используются экспертные процедуры, например, метод Дельфи);
- 3) ситуационное прогнозирование риск-ситуации, профилей (используется сценарно-имитационный подход) [3];



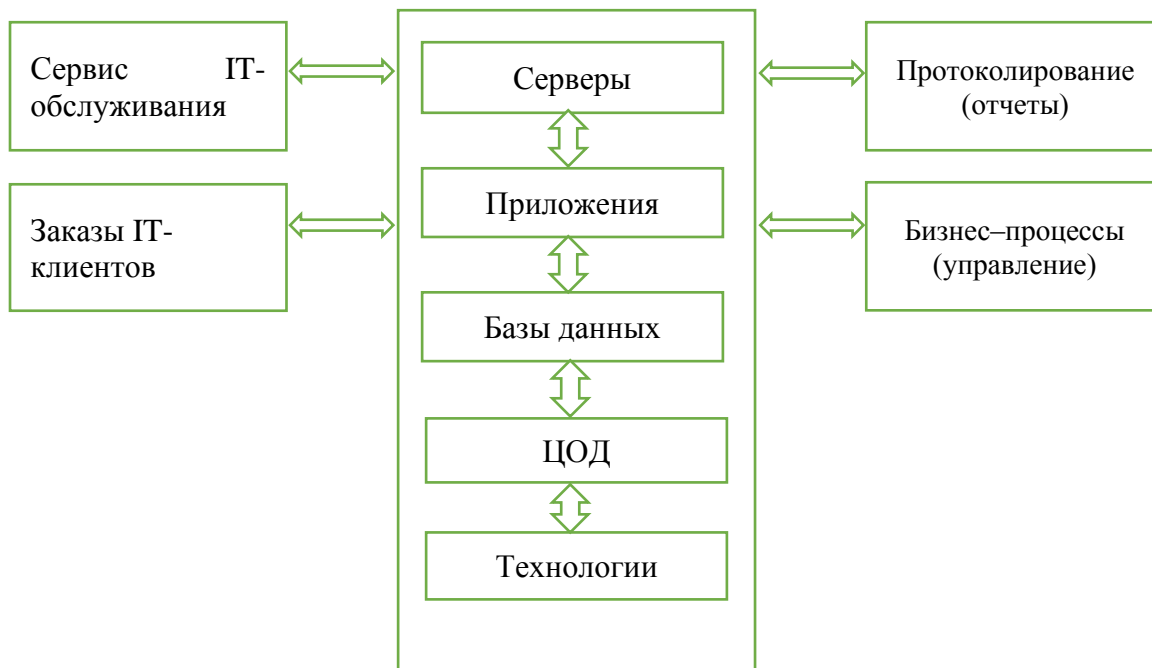


Рисунок 1. Инфраструктурная схема

4) идентификация управляющих факторов, наиболее влияющих на реализуемость риск-ситуации (используется, например, динамическое и оптимальное программирование);

5) идентификация косвенных риск-признаков, обычно не лежащих на поверхности (используются, например, Data Mining, Social Mining).

Риск-ситуации определяются факторами-катализаторами кризисов, накопленным эволюционным потенциалом, в том числе, и внутрисистемными (ресурсными, технологическими, профессионально-культурными, психологическими и др.).

В блоке «Технологии» (рисунок 1) активизируются различные технологии – мобильные (SMS), веб-ориентированные (IP), виртуализации (VPN) и др.

Здесь возможно применение Big Data [4]. Например, MapReduce распределенной обработки с помощью компьютерных кластеров. Обработка идет трех-стадийная:

1) стадия 1 (Map) – данные фильтруются и предварительно обрабатываются (map()) по требованию пользователя, причем параллельно, на разных машинах, но обычно на одной обрабатываются данные, которые на ней хранятся;

2) стадия 2 (Shuffle) – результат применения map() распределяется «по корзинам» (ключам вывода), причем выполняется параллельно сортировка;

3) стадия 3 (Reduce) – «корзина» значений shuffle поступает на reduce(), вычисляющей результат по данной «корзине», причем все вычислительные процессы при этом работают параллельно.

ИТ-инфраструктура нефтегазовой корпорации должна быть оптимизирована, защищена, ресурсообеспечена (включая и сервисные ресурсы), контролируема (например, согласно рекомендациям ITIL [5]), качественна (например, согласно целям, требованиям ISO).

Реализуется все это в рамках решения частных задач:

- 1) управление корпоративной почтой;
- 2) обеспечение доступности данных, процессов;
- 3) управление резервированием-восстановлением данных;
- 4) оптимизация расходов по актуализации данных;

5) адаптивное реконфигурирование и др.

Инфраструктура нефтегазовой отрасли, корпорации предполагает гибкость и динамичность:

- 1) интеграционных процессов, технологий управления бизнес-процессами;
- 2) интеллектуального капитала, роста IT-потенциала;
- 3) СИИ (систем искусственного интеллекта), ВІ (бизнес-аналитики);
- 4) методов актуализации данных с минимизацией ресурсных затрат.

Новые требования к ЦОД, хранению данных оправдываются экспоненциальный ростом в Интернет геоданных, новых пользователей, новых гео-ориентированных приложений, особенно, связанных с погодой, ГИС. Все хранимые данные должны быть управляемы, защищены, безопасны и доступны для нескольких платформ и интерфейсов, на которых может реализоваться разветвленная геосистема.

В этих требованиях традиционные монолитные дискретные системы хранения данных быстро уступают место более гибкому, прагматичному и конвергентному хранению. Этот подход называют «масштабным» (scale-out). Традиционные решения были основаны на «расширение масштабов» архитектуры. Хотя они все еще очень распространены во многих коммерческих условиях, эта архитектура была разработана для удовлетворения вычислительных потребностей.

Расширение масштабов хранения возложено на специальный контроллер. Обновление и расширение мощностей для удовлетворения меняющихся условий геосистем может создавать проблемы, особенно в сохранении приемлемой производительности системы при внесении изменений. Увеличение емкости (и, следовательно, нагрузки ввода-вывода) без соответствующего увеличения пропускной способности (мощности хранения) обработки может уменьшить время отклика, снизить уровень обслуживания.

Корпоративные решения должны позволять поддерживать схему: интеллектуализация IT-поддерживаемых систем – структурирование актуализируемых данных и процессов – интеграция данных, информационных потоков в бизнес – операции – повышение операционной эффективности и гибкости (особенно, сервисной) IT-подразделений – централизованные управление и контроль отраслевой инфраструктуры, развития инвестиционной привлекательности региона [6].

Инновационные модели и решения позволяют нефтегазовым компаниям совершенствовать адаптационные механизмы (внешние и внутренние), облачные технологии, распределенную обработку, формирование экосистемы разработки, анализа, распространения передовых, интеллектуализированных решений (от «интеллектуальных» розеток до визуализации загрузки нефтегазовой магистрали).

Создание развитой инфраструктуры нефтегазовой отрасли позволяет отслеживать (в режиме реального времени) IT-инфраструктуру компаний (сети данных, логистики, связи, серверов, приложений БД и др.) и является основой для релевантного отображения состояния IT-потенциала каждой компании.

### **Выводы**

ЦОД – одна из затратных подсистем IT-инфраструктуры нефтегазовой компании. Крупные организации, как нефтегазовая компания, обязаны и способны разумно расходовать ресурсы IT-инфраструктуры, службы. Растущие по объему, сложности, структурированности БД, вычислительные структуры требуют инвестиций, приводят к более высокому уровню рисков. Аренда сервиса и поддержка безопасности данных, аутсорсинг услуг ЦОД, использование бизнес-аналитики – релевантный инструмент, весьма недорогой и достаточно эффективный в краткосрочном периоде (или даже среднесрочном).

### **Литература**

1. ЦОД для информатизации газового хозяйства // Инновации в технологиях и бизнесе, №2, 2009, с. 16-17.
2. Tivoli: интеллектуальное управление ИТ-инфраструктурой // Инновации в технологиях и бизнесе, №2, 2009, с. 5-10.
3. Germanova S.E., Ryzhova T.A., Kocheva M.V. and etc. Situational modelling of oil pollution risks monitored by distributed monitoring // Amazonia Investiga, 2020, vol. 9, №25, pp. 44-48.
4. Big Data in Computational Social Sciences and Humanities. In: Big Data in Computational Social Science and Humanities. – 2018, pp. 1-25. DOI: 10.1007/978-3-319-95465-3\_1
5. Ковалев А.В. Доступный ИТIL. Настольная книга ИТ руководителя (ч. 1). Эксплуатация сервисов. – М.: Тезаурус, 2018.
6. Глухова Л.В., Казиев В.М., Казиева Б.В. Повышение инвестиционной привлекательности региона: проблемы реализации приоритетных инновационных проектов / Прорывное развитие экономики России: условия, инструменты, эффекты. Сб. статей Международной научно-практической конференции, 2018. – с. 75-85.

УДК 004:681.3

## **МНОГОФАКТОРНАЯ НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЛИКЕМИИ У БОЛЬНЫХ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ ТИПА I**

## **MULTI-FACTOR NEURAL NETWORK MODEL OF SHORT-TERM PREDICTION OF GLYCEMIA IN PATIENTS WITH TYPE I DIABETES**

Мингалиев З.З.,

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева,  
г. Казань, Российская Федерация

Z.Z. Mingaliev,

Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev,  
Kazan, Russian Federation

e-mail: zmingaliev@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрена проблема разработки прогностических моделей, встраиваемых в алгоритмы работы искусственной поджелудочной железы (ИПЖ) – устройства, позволяющего автоматически управлять гликемией. Данная статья посвящена исследованию эффективности использования нейросетевых алгоритмов прогнозирования значений уровня глюкозы в крови на основании трех основных факторов: текущего уровня гликемии, содержания глюкозы в крови и содержания углеводов в крови. Обучение нейросетевых моделей проводилось на биометрических данных реальных пациентов, получаемых с сенсоров, установленных на теле испытуемых. В качестве модели была определена нейронная сеть прямого распространения – многослойный персептрон. Рассмотренная в работе нейросетевая

модель краткосрочного прогнозирования уровня глюкозы на основе учета трех внешних факторов обладает хорошими аппроксимационными свойствами, и может быть использована в составе программного блока ИПЖ в качестве прогностической модели.

**Abstract.** The problem of developing prognostic models that are embedded in the algorithms of the artificial pancreas (IRE), a device that automatically controls glycemia, is considered. This article is devoted to the study of the effectiveness of using neural network algorithms for predicting blood glucose values based on three main factors: the current level of glycemia, blood glucose and blood carbohydrates. The training of neural network models was carried out on the biometric data of real patients obtained from sensors installed on the body of the subjects. A direct distribution neural network, a multilayer perceptron, was defined as a model. The neural network model of short-term glucose forecasting considered in this work based on three external factors has good approximation properties and can be used as a prognostic model in the IPI program block.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, многослойный персептрон, искусственная поджелудочная железа, сахарный диабет 1 типа, прогнозирование, MatLab.

**Keywords:** neural network, multilayer perceptron, artificial pancreas, type 1 diabetes mellitus, prognosis, MatLab.

Сахарный диабет 1 типа – это метаболическое заболевание, вызванное абсолютным дефицитом секреции инсулина, и характеризующееся неспособностью организма поддерживать уровень глюкозы в крови в целевом диапазоне. Для удержания уровня глюкозы в физиологическом интервале производится введение в кровь пациента генноинженерных человеческих инсулинов, которые симулируют действие эндогенного инсулина.

Оптимальные дозы искусственного инсулина, необходимые для поддержания нормогликемии, зависят от многих факторов, обусловленных метаболическими, физиологическими, поведенческими, психоэмоциональными и другими особенностями пациента. Подбор доз первоначально осуществляется врачом-эндокринологом. Однако реальные необходимые дозы инсулина обладают значительной вариабельностью, и окончательный их расчет полностью ложится на самого пациента. При этом больной часто не в состоянии учесть все действующие факторы и адекватно рассчитать потребную дозу. Это, в свою очередь, приводит к декомпенсации (содержанию глюкозы в крови вне диапазона здорового человека), ведущей к тяжелым осложнениям, вплоть до летального исхода.

В настоящее время активно ведутся исследования по замене человека неким алгоритмом, который бы рассчитывал дозу инсулина со значительно большей точностью. В терапии инсулинозависимого диабета достаточно давно применяются средства непрерывного мониторинга уровня глюкозы (например, система G6 компании Dexcom Inc., FreeStyle Libre ООО «Эбботт Лэбораториз» или Enlite компании Medtronic), а также системы непрерывного подкожного введения инсулина – инсулиновые помпы. Алгоритм, или устройство, способный связать эти элементы в систему замкнутого контура с обратной связью, получил среди исследователей общее название «Искусственная поджелудочная железа», или ИПЖ. В мире, в том числе и в России, разрабатывается несколько прототипов моделей ИПЖ, но ни одна из них до сих пор не дошла до медицинской практики.

Основой алгоритма расчета потребной дозы в составе ИПЖ является модель прогнозирования уровня сахара крови, или гликемии.

В литературе встречается описание нескольких алгоритмов, однако все они трудноприменимы на практике либо из-за сложности модели и избыточного количества учитываемых факторов [1], либо из-за упрощенного подхода к моделированию [2], либо модель разрабатывалась для лабораторных условий [3], и т.п. Исследования и медицинская практика терапии диабета показывает, что прогноз должен строиться как с учетом внешних факторов, влияющих на уровень глюкозы напрямую (количество потребленных углеводов), так и внутренних факторов – физиологических особенностях пациента, с учетом уже проводимой терапии. Так как физиологические особенности больного (в первую очередь скорость усвоения углеводов и чувствительность к инсулину) могут значительно варьироваться в течение дня, их учет в модели напрямую практически невозможен. Решением может стать нейросетевая модель, так как именно искусственные нейронные сети в большей степени, чем другие модели регрессии, способны учитывать неформализуемые факторы в своей структуре и неявно рассчитывать их в процессе обучения.

В литературе встречаются попытки использовать нейронные сети для прогнозирования гликемии, однако это примитивные модели по типу прогнозирования временного ряда, рассчитывающие будущее значение сахара крови исходя из нескольких ретроспективных значений [2, 4]. Такой подход может иметь успех только при прогнозе в условиях «голодания» пациента, когда углеводы не влияют на гликемию, а также в случае отсутствия дополнительных инъекций инсулина в период прогнозирования.

Данная работа посвящена исследованию эффективности использования нейросетевых алгоритмов прогнозирования значений уровня глюкозы в крови на основании трех основных факторов:

1. Текущего уровня гликемии
2. Содержания углеводов в крови
3. Содержания инсулина в крови.

Именно они являются значимыми внешними факторами для прогноза [5].

Исследование выполнено с использованием программной системы MatLab R2018b.

Обучение нейросетевых моделей проводилось на биометрических данных реальных пациентов, получаемых с сенсоров, установленных на теле испытуемых, и измеряющих уровень сахара крови каждые 5 минут (система Enlite Medtronic), данных инсулиновых инъекций с устройств непрерывного введения Medtronic Minimed 722, потребленных углеводов (вводились пациентом вручную). Распределение активного инсулина и активных углеводов рассчитывалось согласно кривым действия инсулина [6] и формулам расщепления углеводов. Расчетные и измеренные данные получены в автоматическом режиме с использованием открытой международной платформы OpenAPS [7]. Данные получены в формате файлов логгирования.

Журналы записей серверного модуля (лог-файлы) представляют собой специальные файлы, в которых протоколируются определённые действия программы на сервере. Из всех протоколированных действий для составления обучающих выборок из лог-файлов извлекались три параметра: значение текущего уровня глюкозы, инсулина и углеводов.

Чтобы выделить необходимые данные из всех логгированных записей был реализован вспомогательный программный скрипт на языке программирования Python - синтаксический анализатор исходного текста.

Пример необработанных логгированных данных приведен на рисунке 1.

```

{"carbs":0,"nsCarbs":0,"bwCarbs":0,"journalCarbs":0,"mealCOB":0,"currentDeviation":1.33,"maxDeviation":1.38,"minDeviation":0.76,"slopeFromMaxDeviation":-0.009,"slopeFromMinDeviation":0.225,"allDeviations":[1,1,1,1,1],"lastCarbTime":0,"bwFound":false}
{"iob":-0.647,"activity":-0.0022,"basaliob":-0.756,"bolusiob":0.109,"netbasalinsulin":-0.5,"bolusinsulin":2.2,"time":"2019-03-03T21:01:39.000Z","iobWithZeroTemp":{"iob":-0.647,"activity":-0.0022,"basaliob":-0.756,"bolusiob":0.109,"netbasalinsulin":-0.5,"bolusinsulin":2.2,"time":"2019-03-03T21:01:39.000Z"},"lastBolusTime":1551636172000,"lastTemp":{"rate":0.85,"timestamp":"2019-03-03T23:56:52+03:00","started_at":"2019-03-03T20:56:52.000Z","date":1551646612000,"duration":5.83}}
{"delta":2,"glucose":90,"noise":null,"short_avgdelta":1.78,"long_avgdelta":0.71,"date":1551646740000}
Autosens ratio: 1.2; Adjusting basal from 0.55 to 0.65; ISF from 69.1 to 57.6; CR: 5.818
currenttemp: { duration: 26, rate: 0.85, temp: 'absolute' } lastTempAge: 5 m tempModulus: 1 m
    
```

Рисунок 1. Фрагмент лог-файла с необработанными данными

После обработки выделенные значимые данные в привязке ко времени помещались в таблицу для дальнейшего обучения и валидации нейронных сетей.

Таблица с обработанными измеряемыми данными представлена на рисунке 2 (здесь Carbs – количество активных углеводов, IOB – количество активного инсулина, Glucose – текущий уровень гликемии в мг/дл).

Date	Time	Carbs	IOB	Glucose
2018-03-1	06:30:09	0	-0,08	142
2018-03-1	06:32:03	0	-0,023	140
2018-03-1	06:34:44	0	0,136	140
2018-03-1	06:37:56	0	0,197	140
2018-03-1	06:40:37	0	0,354	140
2018-03-1	06:43:25	0	0,361	140
2018-03-1	06:46:35	0	0,268	140
2018-03-1	06:48:38	0	0,272	138
2018-03-1	06:49:51	0	0,273	138
2018-03-1	06:51:55	0	0,278	136
2018-03-1	06:53:30	0	0,28	136
2018-03-1	06:54:59	0	0,282	136
2018-03-1	06:56:30	0	0,283	136
2018-03-1	06:58:59	0	0,509	134

Рисунок 2. Таблица с данными для обучения нейронной сети

Затем полученные данные были трансформированы в краткосрочные временные ряды для учета прошлых значений гликемии В качестве глубины прогноза было выбрано три временных шага (9 минут), горизонт прогноза представляет собой один временный шаг, то есть прогнозирование производилось на 3 минут вперед. За счет сдвига временного ряда осуществлялась экстраполяция прогноза на произвольное количество шагов (минут прогноза).

В процессе испытаний было проверено несколько парадигм нейронных сетей, в частности, рекуррентные модели типа LSTM, а также сети прямого распространения. Наибольшую эффективность продемонстрировала нейронная сеть типа «многослойный перцептрон». Входами такой нейронной сети являлись девять значений – активные углеводы, активный инсулин и уровень гликемии за три предыдущие прогнозу временных интервала, составленных согласно определенной глубине прогноза.

Единственным выходом нейронной сети является уровень глюкозы на прогнозируемый интервал, определенный горизонтом прогноза.

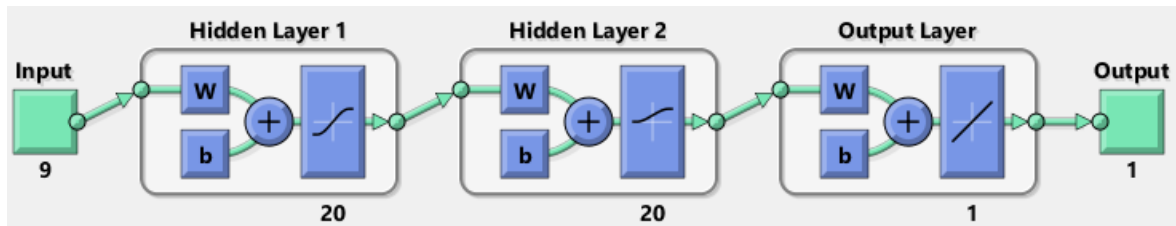


Рисунок 3. Структура нейросетевой модели для прогнозирования на 1 шаг вперед с ретроспекцией в три шага

Для обучения нейронной сети применялся алгоритм Левенберга-Марквардта. Данный метод используется для поиска оптимальных параметров нелинейных регрессионных моделей.

Результат обучения нейронной сети представлен на рисунке 4.

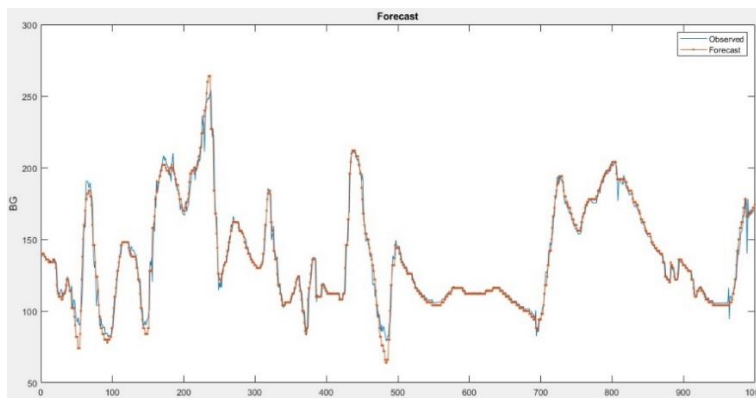


Рисунок 4. Визуальное моделирование результатов эксперимента

В вышеприведенном графике синим цветом обозначены реальные значения уровня глюкозы, оранжевым – прогнозируемые значения.

На рисунке 5 представлен график среднеквадратичного отклонения предсказанных значений уровня глюкозы. Видно, что среднеквадратическое отклонение составляет не более 40 мг/дл, что свидетельствует об удачном подборе нейросетевой модели.

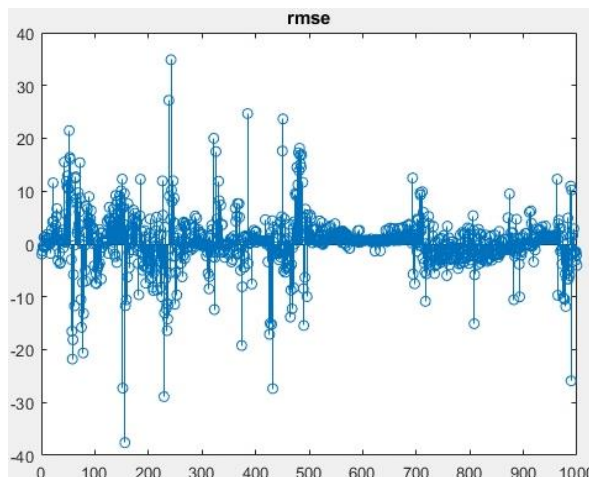


Рисунок 5. График среднеквадратичного отклонения

### **Выводы**

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что рассмотренная в работе нейросетевая модель краткосрочного прогнозирования уровня глюкозы на основе учета трех внешних факторов обладает хорошими аппроксимационными свойствами, и может быть использована в составе программного блока ИПЖ в качестве прогностической модели. С учетом того, что нейросетевые модели легко доучиваются на вновь поступающих данных, их применение позволит гибко реагировать на изменения внутренних факторов, влияющих на уровень глюкозы. В первую очередь это касается изменений чувствительности пациента к инсулину. Следовательно, на основе нейросетевых аппроксиматоров можно создать персонифицированную самонастраивающуюся систему типа ИПЖ. Подобных разработок в мире пока не ведется.

Другим перспективным направлением развития является учет в модели физической активности больного. Данные о физической активности можно получать автоматически с различных устройств типа фитнес-трекеров.

### **Литература**

1. Magni L., Raimondo D.M., Bossi L. and etc. Model predictive control of type 1 diabetes: an in silico trial. *J Diabetes Sci Technol.* 2007; 1(6): 804-12.
2. Мустафаев А.Г. Нейросетевая модель прогнозирования уровня глюкозы в крови у больных сахарным диабетом // *Кибернетика и программирование.* – 2016. – №3. – С. 1-5.
3. Карпельев В.А., Филиппов Ю.И., Аверин А.В. и др. Разработка и проверка работы ПИД-регулятора для искусственной поджелудочной железы с интраперитонеальным введением инсулина // *Сахарный диабет.* – 2018. – Т. 21. – №1. – С. 58-65. DOI: 10.14341/DM8265
4. Чернецов А., Чучуева И.А. Прогнозирование уровня глюкозы в крови больных инсулинозависимым диабетом нейронными сетями и методом экстраполяции по выборке максимального подобия // *Наука и образование [электронный ресурс].* 2010. №11.
5. Дедов И.И., Шестакова М.В. Сахарный диабет. Универсум Паблишинг, 2003 г., 456 с.
6. Heinemann L. Time-action profiles of insulin formulations. Verlag Kirchheim, Mainz 2004.
7. P Tutubalin, S Novikova, A Semenova, and etc. Status of creation of hardware-software complex of automatic control of the insulin delivery. // *Journal of Physics: Conference Series* 2019, Vol. 1368, pp. 042006 DOI:10.1088/1742-6596/1368/4/042006



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

УДК 004.891

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

#### THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE ORGANIZATION OF THE DECISION-MAKING PROCESS

Шарафутдинова Д.Р., Янбеков Э.Р., Муфтахов Т.И.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

D.R. Sharafutdinova, E.R. Yanbekov, T.I. Muftakhov,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: sha-dalida@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены задачи, решаемые при использовании современных информационных технологий для организации процесса принятия решений, и ожидаемые результаты внедрения технологий в области управления предприятием. В современном мире для переработки информации уже недостаточно использовать формальную структуризацию и стандартные хранилища данных. С каждым годом возрастает потребность в интеллектуальных информационных системах, а также внедрение эффективных методов интеллектуальных технологий для поддержки принятия решений. В информационном обществе работы всех социальных и экономических структур должны быть по принципу быстрого, мобильного, интеллектуального предприятия. Информация является критическим ресурсом, на которой основывается этот принцип. Потребность в изобретении новых идей становится основной движущей силой современного предприятия. Поэтому необходима разработка искусственного интеллекта для реализации информационных и организационных процессов, которые способствуют увеличению производительности интеллектуальной деятельности специалистов-управленцев. Особые перспективы технологии искусственного интеллекта открывают в области автоматизации бизнес-процессов и их оптимизации. В которой система управления процессами на основании накопленной информации может определять оптимальные сроки исполнения определенных процессов, где так же она будет способна формировать типовые шаблоны процессов.

**Abstract.** This article discusses the problems solved by the use of modern information technology for the organization of decision-making, and the expected results of the introduction of technologies in the field of enterprise management. In today's world, it is no longer enough to use formal structuring and standard data warehouses to process information. Every year the need for intelligent information systems, as well as the introduction of effective methods of intelligent technologies to support decision-making increases. In the information society, the work of all social and economic structures should be based on the principle of a fast, mobile, intellectual enterprise. Information is a critical resource on which this principle is based. The

need to invent new ideas becomes the main driving force of the modern enterprise. Information is a critical resource on which this principle is based. The need to invent new ideas becomes the main driving force of the modern enterprise. Therefore, it is necessary to develop artificial intelligence for the implementation of information and organizational processes that contribute to increasing the productivity of intellectual activity of specialists-managers. Special prospects of artificial intelligence technologies open in the field of automation of business processes and their optimization. In which the process control system based on the accumulated information can determine the optimal timing of certain processes, where it will also be able to form standard process templates.

**Ключевые слова:** информационные технологии, экспертные системы, поддержка принятия решений, автоматизированные системы, уровни управления.

**Keywords:** information technologies, expert systems, decision support, automated systems, management levels.

Процесс принятия решения сводится к действию над множеством всех существующих решений, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив. Решение задач выбора сводится к сужению множества альтернатив, которое возможно, если имеется способ сравнения альтернатив между собой и определения наиболее предпочтительных.

Определяются следующие виды автоматизированных информационных систем, которые используются для принятия управленческих решений:

- обеспечивающие информационную поддержку пользователя (к базам данных, информационным базам), использующие сведения, содержащиеся в полученных отчетах, специалист принимает решения;
- формирующие возможные альтернативы решения. Принятие решения при этом сводится к выбору одной из предложенных альтернатив [1, С. 100-102].

Для оказания информационной поддержки автоматизированные системы используют процедуры манипуляции, которые могут:

- составлять комбинаций данных, получаемых из различных источников;
- быстро добавлять или исключать того или иного источника данных;
- управлять данными с использованием возможностей систем управления базами данных;
- автоматически отслеживать поток информации для наполнения баз данных [2, С. 239-240].

Информационные системы, которые разрабатывают альтернативы решения, разделяются на модельные и экспертные.

Модельные информационные системы используют математические, статистические, финансовые и другие модели, которые облегчают формирование и оценку альтернатив решения для пользователя.

Функции модельной информационной системы:

- возможность работы в среде типовых математических моделей, включая решение основных задач моделирования по типу «как сделать, чтобы?», «что будет, если?», анализ чувствительности и др.;
- быстрые и понятные результаты моделирования;
- быстрая подготовка и корректировка начальных параметров и ограничений модели;
- возможность отобразить динамику модели в виде графика, либо схемы;

– возможность объяснить пользователю, как формируется модель и как она работает [3, С. 364-365].

Обеспечивается оценка альтернатив благодаря экспертной системе, которая обрабатывает знания. Экспертная поддержка принимаемых пользователем решений реализуется на двух уровнях.

Работа первого уровня экспертной поддержки строится на типовых управленческих решениях (т.е., в процессе управления проблемные ситуации можно объединить по некоторым признакам и создать для них несколько стандартных альтернативных решений). Для этого создается информационный фонд хранения и анализа типовых альтернатив.

Если проблема не относится к типовой, начинает работать второй уровень экспертной поддержки управленческих решений. На этом уровне создаются альтернативы на базе имеющихся в информационном фонде данных, правил преобразования и процедур оценки ранее созданных альтернатив.

В целостной экспертной системе реализуются следующие функции:

- функции решения задач, позволяющие использовать специальные знания в проблемной области;
- функции взаимодействия с пользователем, которые, в частности, позволяют объяснить намерения и выводы системы в процессе решения задачи и по завершении этого процесса [4].

Экспертные системы способны пополнять свои знания в ходе взаимодействия с экспертом. На данный момент используются в следующих видах деятельности: финансы, нефтяная, медицинская, металлургия, телекоммуникация и т.д.

Рассмотрим примеры наиболее известных экспертных систем на рисунке 1, которые реализуют организацию процесса принятия решений. Все эти системы помогают специалистам в данных областях принимать наиболее правильные решения, учитывая сложность и спецификацию этих деятельностей.

За основу построения экспертных систем для принятия управленческих решений можно будет использовать систему реализации, так же использовать похожие принципы построения правил в системе. Однако сложностью может стать тот момент, что необходимо будет учитывать множество внутренних и внешних факторов, которые однозначно или же неоднозначно будут учитываться при построении информационных систем для управления процессами принятия решений.

Экспертная система – это программное средство, использующее экспертные знания для обеспечения высокоэффективного решения неформализованных задач в узкой предметной области.

Экспертная система является системой, накапливающей опыт и знания экспертов, и способной впоследствии заменить самих экспертов.

Для решения задач управления применяют различные информационные процессы, при этом необходимо строить модель их организации, т.к. эта модель на логическом уровне будет увязывать применяемые при решении задач процессы управления.

Информационные системы управления позволяют:

- благодаря оперативному сбору, передачи и обработки информации повышается степень обоснованности принимаемых решений;
- в условиях рыночной экономики обеспечивает своевременное принятия решений по управлению организацией, также благодаря быстрому доступу к необходимой информации возрастает эффективность управления; обеспечивается рост производительности труда, сокращение непроизводительных потерь и т.д.

– согласовывать решения, принимаемые на различных уровнях управления и в разных структурных подразделениях [5].

Название	Область применения/ Назначение	Реализация
1. Система MYCIN (Минни).	Назначение: постановка диагноза и определение методов лечения инфекционных заболеваний крови. Она «диагностирует» и «лечит» 100 известных ей заболеваний.	Система MYCIN реализована на языке LISP.
2. Система PROSPECTOR.	Это промышленная ЭС. Ее область знаний - геология. Назначение: оказание помощи геологу в определении наличия месторождения руды заданного вида на основе анализа геологических данных	Система PROSPECTOR реализована на языке INTERLISP.
3. Система R1/XCON.	Коммерческая ЭС. Область знаний - вычислительная техника. Назначение: на основании заказа пользователя, приобретающего требуемую ему конфигурацию вычислительной системы VAX-11/780 фирмы DEC, ЭС выполняет следующие функции: - Проверяет заказ на совместимость компонент и выявляет недостающие компоненты; - Учитывает при построении диаграммы ограничения, накладываемые заказчиком (порядок расположения компонент, тип и длина кабелей и т. п.).	Система R1 разработана средствами языка OFS 5 и включает около 2500 правил.
4. Система DENDRAL.	Промышленная ЭС. Область знаний - химия. Назначение: система определяет возможные структуры молекулы на основе химической формулы и масс-спектрограммы.	Разработана средствами языка INTERLISP.
5. Система MACSYMA	Область знаний - математика. Назначение: символьные математические преобразования. Выполняет символьное дифференцирование и интегрирование и упрощает выражения.	Создана средствами LISP.
6. Система DI*GEN.	DI*GEN - это оболочка для построения диагностических экспертных систем [7]. Проблемная область - диагностика. Может применяться в медицине и технике.	Разработана ЭС средствами языка C++.

Рисунок 1. Наиболее известные экспертные системы

Решения, которые необходимо принимать, можно разделить на:

- структурированные решения – это повторяющиеся решения, для принятия которых фирмой разработано некоторая процедура (например, выплата з/п работникам);
- неструктурированные решения – решения, которые не соответствуют заведенному порядку. Для принятия этих решений нет заранее согласованной процедуры (например, это могут быть решения относительно дизайна нового продукта).

К тому же решения классифицируют также по уровням организации, на которых они возникают.

На рисунке 2 проиллюстрированы типы информационных систем поддержки организационного управления.



Рисунок 2. Классификация информационных систем по уровням управления

Важным элементом классификации информационных систем является их разделение по трем уровням управления фирмы:

- стратегическое планирование;
- управленческий контроль;
- оперативный контроль [6].

При высоком уровне управления происходит уменьшение объема работ, которые выполняются специалистом с помощью информационной системы. Однако сложность и интеллектуальные возможности информационной системы, и её роль в принятии менеджером решений возрастают.

К примеру, информационной системой для руководителя была названа компьютеризованная система, предоставляющая руководителям возможность легкого доступа к внутренней и внешней информации, важной для достижения успеха.

Каждая из информационных систем для руководителей разрабатывается для конкретных нужд определенных руководителей какой-либо организации. Они значительно различаются по способу использования, назначению и функциям.

К информационным системам предъявляются следующие требования:

- простота использования;
- разнообразие форм подачи данных (таблицы, графики);
- гибкость просмотра информации (вывод информации по требуемым критериям).

### Выводы

Внедрение информационных технологий в процессы принятия решений обеспечивают высокое качество системы управления предприятием. Ведь решения экспертной системой не уступают по качеству, решению эксперта – человека. Тем самым автоматизировав рутинные процессы в принятии управленческих решений, можно добиться большей производительности.

Современный этап развития заключается в повышение интеллектуализации трудовой деятельности. Использование информационных технологий при управлении организациями, могут обеспечить быстрый поиск правильного решения из имеющихся

альтернатив, которые формируются благодаря накоплению данных в базе знаний, из-за чего происходит совершенствование системы.

### **Литература**

1. Кретьова, Н.Н., Толстых Т.О. Использование информационных технологий при принятии управленческих решений // Учеб.-метод. пособие. – Воронеж, 2006. – С. 100-102.
2. Валькман Ю.Р., Валькман Р.Ю., Исмагилова Л.Р. Бизнес-интеллект и управление знаниями: понятия, технологии, интеллектуальность // Труды Международных НТК IEEE АК-09, СА0-2009. М.: Физматлит, 2009. – С. 239-240.
3. Глушань В.М., Карелин В.П., Кузьменко О.Л. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематич. выпуск «Интеллектуальные САПР». 2009. №4. – С. 364-365.
4. Интеллектуальные технологии и системы искусственного интеллекта для поддержки принятия решений [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/PS8dD> (дата обращения: 16.02.2020).
5. Основные объекты применения информационных технологий к оптимизации бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/PS8hK> (дата обращения: 17.02.2020).
6. Использование информационных технологий в системе управления предприятия [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/PS8ka> (дата обращения: 17.02.2020).

УДК 004:330.341.4

## **ЭФФЕКТЫ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ИННОВАЦИЙ**

### **EFFECTS OF ORGANIZATIONAL INNOVATION**

Мясоедов А.И.,  
ФГБОУ ВО Московский государственный психолого-педагогический университет,  
г. Москва, Российская Федерация

A.I. Myasoedov,  
Moscow state University of psychology and education,  
Moscow, Russian Federation

e-mail: retvil@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается значение и роль инноваций в современном обществе. Исходя из видового разнообразия инноваций, можно утверждать, что их эффекты и степень влияния отличаются. Изучая официальную статистику, становится очевидным, что именно технологические инновации в приоритете, в то время как другие их виды – маркетинговые, организационные, экологические и прочие, характеризуются более скромными показателями. Данный тезис аргументирован при помощи анализа эффектов, производимых организационными инновациями. Традиционно эффект от чего-либо определяется отношением полученного результата к осуществленным затратам. Но, определение эффектов, полученных от внедрения инноваций, носит

специфический характер. Но этот факт не должен умалять важности перечисленных групп инноваций, так как каждая из них предназначена для реализации не менее важных функций.

**Abstract.** The article discusses the importance and role of innovation in modern society. Based on the species diversity of innovations, it can be argued that their effects and degree of influence are different. Studying official statistics, it becomes obvious that technological innovations are a priority, while their other types - marketing, organizational, environmental and others, are characterized by more modest indicators. This thesis is argued by analyzing the effects produced by organizational innovation. Traditionally, the effect of something is determined by the ratio of the result to the costs incurred. But, the definition of the effects obtained from the introduction of innovations is specific. But this fact should not detract from the importance of these groups of innovations, since each of them is designed to implement equally important functions.

**Ключевые слова:** инновации, эффективность, экономика, управление, деньги.

**Keywords:** innovation, efficiency, Economics, management, money.

С утверждением, что значение и роль инноваций в современном обществе велико, уже давно никто не спорит. Но, исходя из видового разнообразия инноваций, можно утверждать, что их эффекты и степень влияния отличаются. Говоря об официальной статистике, становится очевидным, что именно технологические инновации в приоритете, в то время как другие их виды – маркетинговые, организационные, экологические и прочие, характеризуются более скромными показателями. Но этот факт не должен умалять важности перечисленных групп инноваций, так как каждая из них предназначена для реализации не менее важных функций.

Аргументируем этот тезис при помощи анализа эффектов, производимых организационными инновациями.

Традиционно эффект от чего-либо определяется отношением полученного результата к осуществленным затратам [5]. Но, определение эффектов, полученных от внедрения инноваций, носит специфический характер. В частности, выделяются такие виды эффектов как:

- экономический;
- научно-технический;
- социальный;
- финансовый;
- ресурсный;
- экологический.

Все перечисленные эффекты могут быть характерны одновременно для одного и того же вида инноваций, в том числе и организационных [6].

Эффекты от внедрения организационных инноваций следует оценивать с трех позиций:

- макроуровень;
- микроуровень;
- мезоуровень.

Также необходимо рассматривать эффекты и в разрезе разных видов организационных инноваций, которые подразумевают внедрение новых методов управления, организационных структур, систем контроля, повышение квалификации

персонала, разработка стратегий развития и другое [3]. Отдельно необходимо рассматривать эффекты от организационных инноваций, получаемых в целом:

- внедрение новых знаний;
- повышение эффективности производства;
- повышение производительности труда;
- возможность осуществлять реформы;
- выбирать новые направления деятельности;
- удерживать позиции на рынке;
- снижать затраты;
- воплощать мечты и идеи.

Если говорить о влиянии организационных инноваций на социально-экономическое развитие страны, отметим, что наряду с другими видами инноваций, возможность обеспечивать с их помощью экономический рост и занятость, решение экологических и социальных проблем, также присутствует [8].

Современной тенденцией, предопределяющей значение организационных инноваций, выступает переход к цифровой экономике, концептуальной платформой которой исследователи и определяют организационно-управленческую базу. Поэтому форсирование усилий по развитию и внедрению организационно-управленческих инноваций является первоочередной макроуровневой задачей [7].

В большей мере эффекты от внедрения организационных инноваций ощутимы на микроуровне. В первую очередь, это проявляется в изменении связей между структурными подразделениями предприятия, во вторую очередь, эффект от их внедрения нужно ждать продолжительное время и что подтверждается практикой, не редко этот эффект сопровождается негативными последствиями. Эффекты от применения организационных инноваций особенно ощутимы при формировании:

- репутации;
- статуса;
- капитализации;
- стабильности;
- конкурентоспособности.

Организационные инновации уникальны для каждого предприятия, следовательно, нет общего подхода к определению их влияния, поэтому в научных публикациях чаще всего описываются конкретные ситуации.

Так, современные исследователи акцентируют внимание на зависимости интеллектуального капитала компании и ее результативности, а также зависимости между интеллектуальным и организационным капиталами. Изучение такой зависимости позволит устранить множество проблем, связанных использованием человеческих ресурсов, и профессиональными компетенциями, которые имеют прямое отношение к производительности труда.

Организационные инновации проявляют себя по-разному не только на разных уровнях функционирования субъектов, но и в разных сферах их деятельности, а именно:

- промышленность;
- финансовые структуры;
- образовательная среда;
- медицина;
- государственные структуры.

Много примеров, описанных в современной литературе, связано с эффектами от внедрения всевозможных стратегий развития предприятия, которые и являются одним из направлений организационных инноваций. В большинстве случаев эти эффекты



ассоциировались с возможностью оптимизации и реформирования структур, что позволяет им более успешно осуществлять функции в обществе [4].

Очерчивая эффекты от внедрения организационных инноваций, обратимся и к решению проблемы нехватки высококвалифицированных кадров в принципе. Поскольку организационные инновации рассматриваются, прежде всего, как инструмент развития и совершенствования системы кадрового обеспечения предприятий. Такие инновации, чаще всего, сопряжены с переобучением сотрудников, что не может не дать положительных эффектов предприятию.

Считаем не менее актуальным мнение современных исследователей по поводу того, что организационные инновации выступают как инструмент превентивного антикризисного управления предприятием, которое в условиях санкций, ограничений импорта, инфляции, падения цен на нефть и снижения доходов населения, особенно востребовано [2].

Аргументировать это можно тем, что основная цель разработки и внедрения организационных инноваций – устранение внутриорганизационных проблем, реализация новой стратегии развития предприятия, а также вывод его из кризиса. Превентивное антикризисное управление предприятием по содержанию очень совпадает с сущностью организационных инноваций, так как основа такого управления заключается в предкризисной диагностике, мониторинге и аудите.

Еще один важный эффект – сочетаемость организационных инноваций с другими видами инноваций таким образом, что подобные совокупности открывают предприятиям новые горизонты в структурной организации промышленных предприятий, дополнительные возможности обмена информацией, удаленного взаимодействия.

Новым вариантом использования организационных инноваций можно считать акционирование. Этот вариант востребован при реорганизации государственных и муниципальных предприятий, в результате чего они могут быть ликвидированы или преобразованы в акционерные общества [1]. Эффективные формы корпоратизации и рассматриваются как организационные инновации. На внешнем уровне при помощи организационных инноваций становится возможным осуществлять мягкую интеграцию предприятий в промышленные агломерации в форме стратегических альянсов, кластеров, технологических платформ. Эти реорганизационные мероприятия необходимы с целью демонополизации и диверсификации экономики.

## **Выводы**

Подводя итоги, отметим, что инновации по-разному проявляют себя не только на разных уровнях экономики, но и в разных отраслях, а также в разных сферах деятельности организаций. Разные инновации – разные эффекты. Инновации в управлении сопряжены с принципиально новыми условиями развития бизнеса, которые призваны вывести современные предприятия на новый уровень отношения с клиентами, сотрудниками, обогатить информационно-технологические и коммуникационные возможности организации.

## **Литература**

1. Балаханова Д.К. Проблемы перехода России на инновационный путь развития / Д.К. Балаханова, С.П. Иванова, А.Л. Баранников // В сборнике: Устойчивое развитие российской экономики. – 2017. – С. 10-15.
2. Баранников А.Л. Антикризисное управление: Учеб. пособие / А.Л. Баранников, С.П. Иванова, М.М. Мусин и др. – М.: РГТЭУ, 2012.
3. Дубов Д.А., Колпаков В.Ф. Выбор подходящей модели для моделирования

экономических процессов / Д.А. Дубов, В.Ф. Колпаков // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4-2 (81-2). – С. 132-135.

4. Иванова С.П. Ошибки руководителей в процессе делегирования полномочий в современных организациях / А.В. Савельева, С.П. Иванова // Научный журнал «Дискурс». – 2018. – №11 (25). – С. 195-202.

5. Иванова С.П. Показатели эффективности реальных инвестиций: эволюция и проблемы использования / С.П. Иванова, А.Н. Литвинов // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2016. – №5 (89). – С. 73-80.

6. Иванова С.П. Принципы построения и особенности организационно-экономического проектирования интегрированных структур различных типов / С.П. Иванова // Устойчивое развитие российской экономики: материалы III Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 48-52.

7. Колпаков В.Ф. Моделирование динамических процессов в экономике / В.Ф. Колпаков // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. №3. С. 31-36.

8. Мясоедов А.И. Инновационные технологии в управлении персоналом / А.И. Мясоедов // В сборнике: Инновационная экономика и менеджмент: Методы и технологии Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Под ред. О.А. Косорукова, В.В. Печковской, С.А. Красильникова. 2018. С. 222-224.

УДК 004.7

## **ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ ВЫСОКОЙ ГОТОВНОСТИ**

### **PARAMETRIC OPTIMIZATION OF ENTERPRISE NETWORK COMPUTER NODES TO ENSURE THEIR HIGH AVAILABILITY**

Ткаченко К.С.,  
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,  
г. Севастополь, Российская Федерация

K.S. Tkachenko,  
FSAEI HE “Sevastopol State University”,  
Sevastopol, Russian Federation

e-mail: KSTkachenko@sevsu.ru

**Аннотация.** Инфраструктура современных предприятий отличается высокой структурной и функциональной сложностью, большим количеством разнородных аппаратных и программных средств. Эта сложность необходима для своевременного учета изменений внешних и внутренних воздействий на предприятии. Высокая сложность позволяет выполнять решение различных задач в ее рамках. Такая сложность приводит к необходимости выполнять настройку компьютерных узлов в зависимости от характеристик выполняемых на узлах заданий. Выполнение заданий должно быть эффективным. Поскольку типы заданий различны, то для конкретного типа задания настройка компьютерного узла производится различным способом. Без параметрической коррекции компьютерных узлов невозможно обеспечить стабильное функционирование инфраструктуры в целом. В настоящей публикации рассматривается параметрическая коррекция компьютерного узла с использованием аппарата

полумарковских случайных процессов. Формируются оценки средних времен пребывания компьютерного узла в фазах обработки заданий в предположении о экспоненциальном законе обработки заданий. На их основе составляется целевая функция. Оптимум целевой функции находится на сгенерированном множестве возможных перестановок фазовых параметров обработки заданий. Установка определенных параметров компьютерного узла позволяет обеспечить его готовность к обработке рассматриваемых заданий.

**Abstract.** The infrastructure of modern enterprises is characterized by high structural and functional complexity, a large number of heterogeneous hardware and software. This complexity is necessary for timely accounting of changes in external and internal impacts on the enterprise. High complexity allows you to perform various tasks within it. This complexity leads to the need to configure computer nodes depending on the characteristics of the tasks performed on the nodes. Completing tasks must be efficient. Because the job types are different, the computer node is configured in a different way for a specific job type. Without parametric correction of computer nodes, it is impossible to ensure stable functioning of the infrastructure as a whole. This publication considers parametric correction of a computer node using the apparatus of semi-Markov random processes. Estimates of the average residence time of the computer node in the task processing phases are formed, assuming the exponential law of task processing. The target function is based on them. The optimum of the target function is found on the generated set of possible permutations of the phase parameters of task processing. Setting certain parameters of the computer node allows you to ensure that it is ready to process the tasks in question.

**Ключевые слова:** компьютерные сети, компьютерные узлы, параметрическая оптимизация, высокая готовность, аналитическое моделирование.

**Keywords:** computer networks, computer nodes, parametric optimization, high availability, analytical modeling.

В настоящее время для обеспечения сетевой безопасности достаточно часто используются специализированные компьютерные комплексы [1]. Аппаратное и программное обеспечение этих комплексов обладает жесткой, неизменной структурой. Эта неизменность является одним из основных факторов, затрудняющих масштабирование комплексов одновременно с ростом компьютерных сетей, их вычислительных и ресурсных возможностей. Также неизменность отражается и на модернизации программных и аппаратных средств этих комплексов, что при быстром их устаревании приводит к необходимости их замены. Поэтому целесообразно выполнять построение собственных комплексов сетевой безопасности. Архитектура таких комплексов обязательно должна содержать ключевые элементы, позволяющие упростить процесс модернизации и масштабирования комплексов. В частности, активное применение средств виртуализации и микросервисов позволяет достигнуть унификации используемых систем. Эта унификации, в конечном итоге, снизит операционные затраты ресурсов. С другой стороны, потребуется организовать построение средств балансировки ресурсов в результирующей децентрализованной сетевой структуре. Балансировка ресурсов на узлах системы должна гарантировать достижение согласованности нагрузки в независимых подсистемах.

Для выполнения реконфигурации компьютерных сетей можно использовать передачу не только конфигурируемых параметров, но и конфигурационного программного кода [2]. Передача в сети конфигурационного программного кода

является эффективным средством обеспечения функционирования и динамической реструктуризации компьютерных сетей и систем. Но для этого потребуются особым образом организовать балансировку нагрузки в конечных устройствах. Поэтому на этих устройствах целесообразно использовать виртуальные машины, гипервизоры которых обеспечивают их реконфигурируемость. Такие сетевые устройства являются программно-определяемыми. В распределенных системах этих сетевых устройств каждый узел одновременно является ведущим и ведомым. Асимметричные конфигурации компьютерных узлов ложатся в основу активной передачи данных в информационных системах компьютерных сетей. Объекты распределенных приложений в виртуальных машинах используют специализированные менеджеры ресурсов. Эти менеджеры ресурсов определяют загрузку отдельных компьютерных узлов сети на основе анализа циркулирующей в сети информации и ее количественных характеристик. Динамическое изменение характеристик компьютерных узлов с помощью менеджеров ресурсов основано на декомпозиции решаемых узлами задач.

Кроме балансировки нагрузки и ресурсов, можно производить балансировку энергопотребления отдельных структур [3]. В основе балансировки энергопотребления лежит оценка характеристик подструктур беспроводных сетей. Передача и потребление данных беспроводными устройствами приводит к детектируемым изменениям. Точное детектирование позволяет достигнуть подзарядки используемых беспроводных устройств на различных этапах балансировки нагрузки. Это приводит к увеличению эксплуатационных сроков устройств. Поэтому выбор вариантов управления в беспроводных сетях, отражающийся на перераспределении трафика, должен обеспечивать оптимальную передачу пакетов данных. Иерархические протоколы обмена являются частью структур для регистрации и накопления событий о потерях при обмене в сети. Происходящее при этом уменьшение времени ожидания отдельных устройств повышает эффективность компьютерной сети, что при интенсивном информационном обмене повышает надежность за счет перераспределения ресурсов. Изменение параметров компьютерных узлов меняет режимы их функционирования в зависимости от накопленных ресурсов и информационной активности.

Существуют системы связи, в которых пропускная способность является сильно ограниченным, неравномерным, ценным ресурсом [4]. Интенсивность потоков информации в таких системах в общем случае является неравномерно распределенной и динамически изменяющейся во времени. Это приводит, в свою очередь, к неравномерному распределению информации по отдельным узлам сети, а также к информационным потерям. Чтобы предотвратить эти информационные потери, используются специализированные и эффективные алгоритмы балансировки нагрузки в сетях. Некоторые такие алгоритмы используют оценки вероятностей потери заявок, в том числе, в случае переполнения буферов. Использование этих алгоритмов изменяет характеристики обработки заявок, в частности, уменьшается вероятность потерь заявок и время их пребывания в буферах. Увеличение пропускной способности сети достигается применением моделирования на этапе проектирования. Уменьшение времен задержек косвенно приводит к снижению затрат ресурсов и требуемых вычислительных мощностей. Низкие средние времена обработки задач позволяют обеспечить функционирование систем в режиме реального времени.

С другой стороны, распределенные вычислительные сети используются для обработки данных в аппаратурных группировках [5]. Распределенными вычислениями используется большой объем данных с телеметрией аппаратуры. Поэтому доступ и обработка данных производится несколькими выделенными серверами, формирующими компьютерный кластер. Подключение новых устройств к их пулу происходит после предварительной регистрации. Каждое устройство может конфигурироваться отдельно,

на основании собственных настроек. Специальные программные сервисы осуществляют синхронизацию потоков управляющих команд, данных конфигурации и телеметрии. Репликацией зарегистрированных данных достигается учет прав доступа и сопоставленных ролей. Конфигурация всей сети представляет собой сложную, иерархическую структуру, которая, для обеспечения высокой производительности серверов, формируется заранее и располагается на ключевых серверах сети. Балансировка нагрузки на различных уровнях иерархии происходит с учетом информации, реплицируемой от ведущих узлов к ведомым. Этот обмен реализуется поверх стандартных сетевых протоколов, на уровне приложений.

В самоорганизующихся компьютерных сетях можно обеспечить условия для гарантированной передачи данных [6]. Нестабильная работа компьютерных узлов возникает, в том числе, и по причине вследствие отключения компьютерного узла от сети. При получении пакетов данных сегментами можно использовать дублирование сегментов при разделении исходного сообщения. Некорректная работа вследствие образовавшегося таким образом дублирования тоже требует дополнительной балансировки и повышения надежности. Протоколы низких уровней не учитывают необходимых для этого факторов, поэтому используются специализированные высокоуровневые протоколы. Обеспечение гарантированной передачи затрудняется при функционировании компьютерной сети в условиях отсутствия доверия к внешней среде. Нарушение целостности данных и невозможность их доставки адресату исключается использованием объединенных групп серверов. В таких группах используется нестандартная логика процессов маршрутизации, основанная на взаимозависимости между каналами передачи информации и различными информационными потоками.

Поэтому необходимо производить параметрическую оптимизацию компьютерных узлов сетей предприятий для обеспечения их высокой готовности. В частности, для этого можно использовать не только аналитическое моделирование систем массового обслуживания (СМО) [7-8], но и методы динамического программирования [9], а также полумарковских случайных процессов [10].

Пусть компьютерный узел сети предприятия может находиться в состояниях, которые формируют укрупненное фазовое пространство  $E$  состояний системы:

$$E = e_0 \cup e_1 \cup e_2 \cup e_3 \cup e_4 \cup e_5 \cup e_6. \quad (1)$$

В формуле (1):

- $e_0$  – компьютерный узел получает запрос на выполнение задания;
- $e_1$  – диспетчер компьютерного узла запрашивает данные о доступных на узле ресурсах;
- $e_2$  – диспетчер компьютерного узла производит выбор ресурса из доступных;
- $e_3$  – диспетчер компьютерного узла выполняет резервирование ресурса;
- $e_4$  – выполнение задания;
- $e_5$  – оповещение о статусе выполнения задания;
- $e_6$  – мониторинг доступности ресурсов.

Время обработки задания в фазе  $i$  ( $i = 0, 1, \dots, 6$ ) представляет собой случайную величину  $\xi_i$ , с функцией распределения показательного закона:

$$P\{\xi_i \leq t\} = \text{Exp}(\lambda_i). \quad (2)$$

В формуле (2)  $\lambda_i$  – параметр функции распределения для фазы  $i$ . После чего происходит переход из состояния  $e_i$  в состояние  $e_j$ ,  $i < j$ ,  $j = i + 1$ ,  $i, j \in [0, 6]$ .

В случае, если во время исполнения задания происходит ошибка времени выполнения либо нарушаются директивные сроки к соблюдению требований реального времени, то из состояния  $i$  происходит возврат в предыдущее состояние, на который затрачивается время

$$P\{\eta_i \leq t\} = \text{Exp}(\mu_i). \quad (3)$$

В формуле (3)  $\mu_i$  – параметр функции распределения для фазы  $i$ .  
Время пребывания в состоянии  $i$  для  $i \in [0,6]$  есть:

$$\theta_i = \min\{\xi_i, \eta_i\}. \quad (4)$$

Для  $i \in [0,6]$  функция распределения времени  $\theta_i$  (4) определяется как:

$$G_i(t) = P\{\theta_i \leq t\} = P\{\min\{\xi_i, \eta_i\} \leq t\}. \quad (5)$$

Поэтому средние времена  $M\theta_i$  пребывания в состояниях  $i$  для  $i \in [0,6]$  оцениваются следующим образом:

$$M\theta_i = \min\{\xi_i, \eta_i\} = \int_0^{\infty} [1 - e^{-(\lambda_i + \mu_i)t}] dt = \frac{1}{\lambda_i + \mu_i}. \quad (6)$$

С учетом (4)–(6) получается:

$$\begin{aligned} M\theta_0 &= \frac{1}{\lambda_1 + \mu_0}, & M\theta_1 &= \frac{1}{\lambda_1 + \mu_1}, & M\theta_2 &= \frac{1}{\lambda_2 + \mu_2}, & M\theta_3 &= \frac{1}{\lambda_3 + \mu_3}, \\ M\theta_4 &= \frac{1}{\lambda_4 + \mu_4}, & M\theta_5 &= \frac{1}{\lambda_5 + \mu_5}, & M\theta_6 &= \frac{1}{\lambda_0 + \mu_6}. \end{aligned} \quad (7)$$

Для выполнения параметрической оптимизации компьютерных узлов составляется целевая функция на основе (7):

$$F_{ц}(\Lambda, M) = \sum_{i=0}^6 C_i M\theta_i = \frac{C_0}{\lambda_1 + \mu_0} + \sum_{i=1}^5 \frac{C_i}{\lambda_i + \mu_i} + \frac{C_6}{\lambda_0 + \mu_6}. \quad (8)$$

В формуле (8)

$C_i$  – затраты на реализацию фазы  $e_i$ , которые задаются ЛПР (лицом, принимающим решения),

$$\Lambda = (\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_6),$$

$$M = (\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_6).$$

Рассмотрение процесса выбора  $C_i$  является сложной задачей, выходящей за рамки настоящей публикации.

Значения  $\Lambda$  определяются решаемой на компьютерном узле задачей и, в общем случае, не подлежат изменению. Поэтому параметрической коррекции подвергается  $M$ .

Пусть  $M^0 = (\mu_0^0, \mu_1^0, \dots, \mu_6^0)$ , для которого рассчитывается  $F_{ц}^0$ . Поскольку  $\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_6$  определяются архитектурными особенностями компьютерного узла, то для оптимизации (8) производится перераспределение  $M^0$  для  $M^{opt}$ , которой соответствует  $F_{ц}^{opt}$ . Поэтому для параметрической коррекции:

1. Выполняется построение всех возможных перестановок  $M^0$ , количество перестановок  $Q = (6 + 1)! = 5040$ .

2. Для каждой перестановки  $\pi_k\{M^0\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, Q$ , рассчитывается  $F_{ц}^k$ .

3. Выбираются  $M = \pi_z\{M^0\}$  и  $F_{ц}^z$ , где  $F_{ц}^z = \min\{F_{ц}^1, F_{ц}^2, \dots, F_{ц}^Q\}$  (если минимальных значений  $F_{ц}^k$  несколько, то выбирается  $F_{ц}^k$  с наименьшим  $k$ ).

Выбранная конфигурация компьютерного узла позволяет обеспечить эффективную обработку выбранного типа заданий и высокую готовность для них.

### Выводы

Полученный результат позволяет организовать эффективную обработку определенного типа заданий на компьютерных узлах сетей предприятий для обеспечения их высокой готовности. Применение подхода ко всем компьютерным узлам инфраструктуры предприятий позволит обеспечить эффективную обработку заданий во всей инфраструктуре, и стабильное функционирование инфраструктуры в целом за счет этого.

### Литература

1. Гузев О.Ю., Чижов И.В. Масштабируемая архитектура комплексов обеспечения сетевой безопасности // Современные информационные технологии и ИТ-образование, т. 15, №1, 2019. С. 154-163.

2. Кулешов С.В., Зайцева А.А., Шальнев И.О. Подход к реализации распределенной системы виртуальных машин для самоорганизующихся сетей // Информационно-управляющие системы, №5 (102), 2019. С. 30-37.

3. Адамов А.П., Семенцов С.Г., Темиров А.Т. Балансировка энергетических характеристик сенсоров в беспроводных сенсорных сетях // Надежность и качество сложных систем, №3 (23), 2018. С. 98-104.

4. Иванов В.И. Алгоритм централизованной многопутевой маршрутизации с балансировкой нагрузки в негеостационарной спутниковой системе связи с межспутниковыми линиями // Системы управления, связи и безопасности, №3, 2018. С. 69-105.

5. Викторов А.С. Реализация распределенной вычислительной сети периферийного сервиса // Эпоха науки, №15, 2018. С. 85-88.

6. Гусс С.В., Лавров Д.Н. Подходы к реализации сетевого протокола обеспечения гарантированной доставки при мультимаршрутной передаче данных // Математические структуры и моделирование, №2 (46), 2018. С. 95-101.

7. Ткаченко К.С., Скатков И.А., Скидан А.А. Модель функционирования первичного измерителя в условиях тренда метрологических характеристик // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 1349-1353.

8. Ткаченко К.С. Определение вероятностей гипотез о состоянии первичного измерителя с деградацией // Мат. IV-ой НПК «Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами», 2017. С. 252-256.

9. Ткаченко К.С., Корепанова Н.Л. Ферма веб-серверов на базе облачных вычислений в распределенных средах // Сборник научных трудов АВМС, 2(10), 2012. С. 142-147.

10. Ткаченко К.С., Корепанова Н.Л. Модель и инструментальное средство принятия решений для открытых GRID-архитектур // Сборник научных трудов АВМС, 4(16), 2013. С. 105-112.

УДК 004:338.28

**ЦИФРОВЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И НАВЫКИ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ**

**DIGITAL COMPETENCIES AND SKILLS  
IN MODERN CONDITIONS OF ECONOMIC DEVELOPMENT**

Патрушев А.А., Беспалый С.В.,  
Инновационный Евразийский Университет,  
г. Павлодар, Республика Казахстан

A.A. Patrushev, S.V. Bespalyu,  
Eurasian Innovation University,  
Pavlodar, Kazakhstan Republic

e-mail: patrushev50899@mail.ru

**Аннотация.** Быстрое развитие информационных технологий все больше и больше влияет на все сферы жизни общества, в том числе на экономику, управление и бизнес. Цифровизация экономики ведет к проникновению технологий в жизненную среду и личное пространство каждого человека. Однако большая часть людей не готова к таким изменениям, у них не хватает тех цифровых компетенций, которые так необходимы в современном мире. Таким образом, остро встает вопрос о цифровой грамотности населения, особенно в профессиональной среде, которая определяется набором умений и знаний, столь важных для безопасного и эффективного использования цифровых технологий. Развитие автоматизации на сегодняшний день несет большую угрозу как специалистам с низкой квалификацией, так и специалистам со средней квалификацией. К ним могут относиться: строители, офисные работники, операторы оборудования. В зависимости от развития технологий растет занятость среди низко- и высококвалифицированных работников. При этом наблюдается сокращение среди работников средней квалификации. Сотрудников с низкой квалификацией еще дорого автоматизировать, а высококвалифицированный персонал еще проблематично из-за сложности решаемых задач.

**Abstract.** The rapid development of information technology is increasingly affecting all areas of society, including the economy, management and business. Digitalization of the economy leads to the penetration of technology into the living environment and personal space of every person. However, most people are not ready for such changes; they lack the digital competencies that are so necessary in the modern world. Thus, the question of the digital literacy of the population, especially in the professional environment, which is determined by the set of skills and knowledge so important for the safe and effective use of digital technologies, is urgently raised. The development of automation today poses a great threat to both specialists with low qualifications and specialists with secondary qualifications. These may include: builders, office workers, equipment operators. Depending on the development of technology, employment among low- and high-skilled workers is growing. At the same time, there is a decrease among middle-skilled workers. Unskilled employees are still expensive to automate, and highly qualified staff is still problematic because of the complexity of the tasks.



**Ключевые слова:** информационные технологии, автоматизация, глобальная экономика, цифровые данные, цифровые навыки, бизнес-среда.

**Keywords:** Information technology, automation, global economy, digital data, digital skills, business environment.

Цифровая грамотность определяется теми знаниями и умениями, которые сегодня необходимы для эффективного и безопасного использования информационных технологий. Главную роль в цифровой грамотности играют цифровые компетенции. Цифровые компетенции представляют собой способность решать различные задачи в сфере использования информационно-коммуникационных технологий. С их помощью можно создавать и использовать контент при помощи цифровых технологий, включающих в себя информационный обмен и поиск. Европейская комиссия подчеркивает важность ответственного и осознанного использования информационных технологий на работе, в обучении и в обычной жизни. Цифровая компетентность включает в себя способность к цифровому сотрудничеству, решению проблем и обеспечению безопасности. Цифровая грамотность включает технические, интеллектуальные и личностные навыки, которые важны для жизни в цифровом мире. Под цифровыми навыками понимаются устоявшиеся, доведенные до совершенства поведенческие модели, которые основаны на умениях и знаниях в использовании новых устройств, приложений и сетей, которые дают доступ к информации и управлению. Цифровые навыки дают людям возможность создавать и обмениваться контентом, решать проблемы для эффективной и реализации себя в работе и общественной деятельности, в общем.

Цифровые компетенции не подразумевают каких-либо принципиально новых умений. Это отлично знакомые HR-ам компетенции, с изменениями с учетом нового контекста и задач. Произошла их переоценка – повышение значимости одних компетенций и уменьшение значимости других [1].

Цифровые навыки – компетенции людей в сфере применения интернета, компьютеров, в том числе также желания людей в совершенствовании соответствующих знаний и опыта. В зависимости от целей использования технологий выделяются следующие категории цифровых навыков:

– профессиональные: навыки специалистов, которые требуются для функционирования, развития и обслуживания систем (подготовки дизайна, установки, разработки, управления, поддержки, эксплуатации, оценки, обслуживания, научных исследований и разработок в ИКТ) [2];

– пользовательские: навыки, которые нужны для эффективного применения возможностей для учебы, работы и в личных целях.

Значительная группа вызовов цифровым навыкам связана с невысокой мотивацией сотрудников к освоению цифровых умений в разрезе комбинирования коммуникативных и технологических умений. Осведомленность о скорости обновления запроса работодателей остается критически низким. Большая часть работников предпочитает не проходить обучение для развития цифровых навыков, если того не требует работодатель.

Ресурсный разрыв усугубляется тем, что из-за высокой неопределенности конкретная оценка перспективы автоматизации для ряда групп представляется затруднительной, что, в свою очередь, вызывает отчуждение персонала даже в тех случаях, когда корпоративные, предоставляемые работодателем программы обучения цифровым навыкам уже имеют место. Складывается ситуация, когда большинство

работников безразлично или демотивировано к прохождению обучения цифровым навыкам [3].

В связи с тем, что развитие цифровой грамотности и цифровых навыков в целом критически тормозится низким порогом входной мотивации обучающихся, ряд стран мира предпринимают направленные усилия по разработке программ монетарного и немонетарного стимулирования. В частности, министерством образования Сингапура разработана разветвленная система образовательного кредитования. С целью развития ответственного подхода к самообразованию всем гражданам Сингапура в возрасте 25 лет и старше, начиная с января 2016 г., предлагается бессрочный кредит в размере 500 сингапурских долларов на оплату онлайн-обучения. Каталог курсов от государственных вузов и частных провайдеров постоянно пополняется. Только по искусственному интеллекту предлагается более 70 курсов.

С середины 70-х годов наблюдается ускорение изменений в технологической среде, которое легко заметить по частоте внедрения крупных инноваций в ИКТ. Сейчас все чаще появляются новые формы социального взаимодействия.

Такие изменения оказывают влияние на организации и общество в целом, усиливая динамическую текучесть нашей социальной среды, которая в настоящее время характеризуется социальной, экологической и экономической нестабильностью, неопределенностью, сложностью и неоднозначностью. Объединение этих характеристик среды описывается моделью VUCA. На рисунке 1 показано количество лет с момента появления технологии до того, как она была освоена более чем четвертью населения США [4].

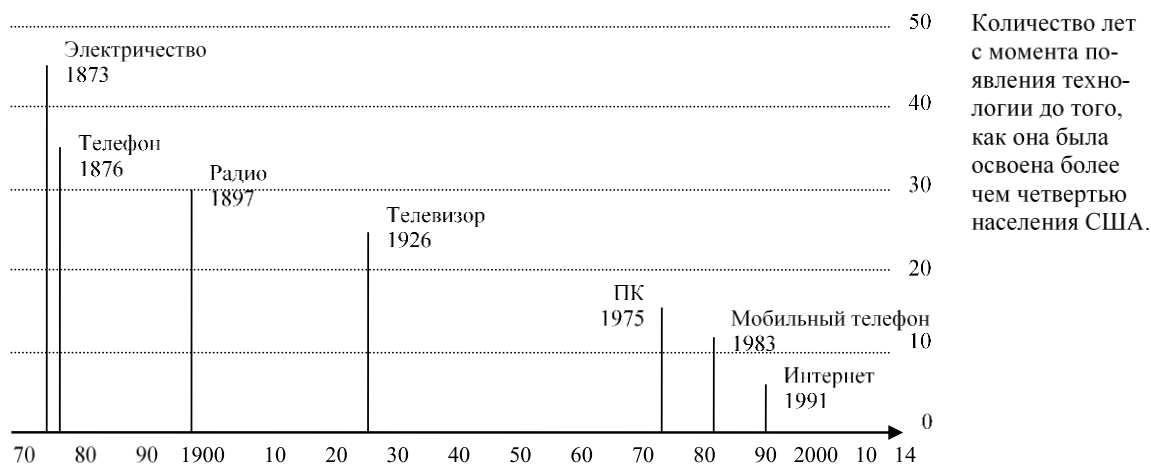


Рисунок 1. Внедрение технологий в США

Под давлением быстрых технологических изменений, сложности и неопределенности среды распространяются такие явления, как фриланс и работа в коворкингах, экономика совместного потребления, к примеру, каршеринг и краудфандинг (безвозмездное привлечение финансовых средств от большого количества людей с целью создания продукта или оказания услуги).

По оценкам экспертов Всемирного экономического форума, к 2022 г. в результате внедрения новых технологий исчезнут 75 млн. рабочих мест.

Например, цифровизация в сфере услуг может привести к сокращению кадров, занятых работой с клиентами и обработкой данных в бэк-офиса.

Рабочие места сократятся в реальном секторе экономики и сфере административной работы.

Однако технологические инновации создадут дополнительные 133 млн. рабочих мест в интеллектуальных и высокотехнологичных сферах, связанных с новыми технологиями, например, мобильным Интернетом, искусственным интеллектом, большими данными и облачными технологиями.

Пока только 9% сотрудников может быть заменено на автоматизированные технологии.

Проникновение новых технологий влечет за собой рост производительности труда – около 30% за период 2015-2022 гг.

Весомое количество персонала с цифровыми компетенциями на различных уровнях в организации обеспечит ей конкурентное преимущество.

В корпоративном мире можно выделить компании, которые являются так называемыми «цифровыми чемпионами», в них уровень владения цифровыми навыками у персонала намного выше среднего показателя по рынку [5].

Это касается всего персонала компании, и его управленческого аппарата в первую очередь. Такие компании являются более эффективными в своей деятельности.

В частности, это связано с:

- высоким качеством цифровых продуктов;
- применением эффективных бизнес-моделей;
- высоким уровнем удовлетворения потребности потребителей;
- более быстрым временем выхода на рынок;
- использованием цифрового маркетинга;
- эффективной структурой затрат благодаря использованию информационных ресурсов;
- благодаря индивидуальным предложениям и персонализированному цифровому опыту.

Цифровые навыки, которые лежат в основе цифровых компетенций, делятся на пользовательские и профессиональные.

Пользовательские навыки включают базовые и производные [6].

Пользовательские цифровые навыки:

1. Базовые навыки связаны с функциональной грамотностью в использовании электронных устройств и приложений. Они необходимы для доступа и использования устройств и сервисов. К ним относится работа с различными информационными файлами, устройствами, Интернетом, приложениями. Так же можно включить психомоторные навыки (умение печатать на клавиатуре – развитие мелкой моторики).

2. Производные навыки тесно связаны с умением целенаправленно применять технологии в нужном контексте в быту и на рабочем месте. Овладение такими навыками нацелено на эффективное и осмысленное использование цифровых технологий и получение практических результатов.

Творческие навыки важны для работы в приложениях и информационных сервисах, к которым относятся социальные сети, информационные порталы.

Способность создания контента и умение работать с информацией (её сбор, структурирование, проверка достоверности, хранение и защита данных) также относятся к производным цифровым навыкам.

Профессиональные цифровые навыки связаны с регулярным решением сложных задач в специализированной среде.

К ним относятся навыки, лежащие в основе высокотехнологичных профессий.

Для освоения таких навыков важно получение специального образования.

Происходит перенос акцента на развитие комплексных, составных навыков коммуникации в информационной среде.

Необходимо рассматривать цифровые навыки, которые охватывают технические знания в области информационно-коммуникационных технологий.

Например, такой подход демонстрирует «Целевая модель компетенций 2025», подготовленная VCG на базе мнения экспертов и анализа подходов

- Библиотеки компетенций Lominger WorldSkills Russia,
- НИУ ВШЭ,
- Сбербанк,
- и Global Education Futures (рисунок 2).

В эту модель входят как сугубо технические навыки работы с цифровыми устройствами, так и когнитивные и социально-поведенческие компетенции, которые направлены на обеспечение комфортного существования, эффективную коммуникацию и развитие человека в цифровой среде [7].

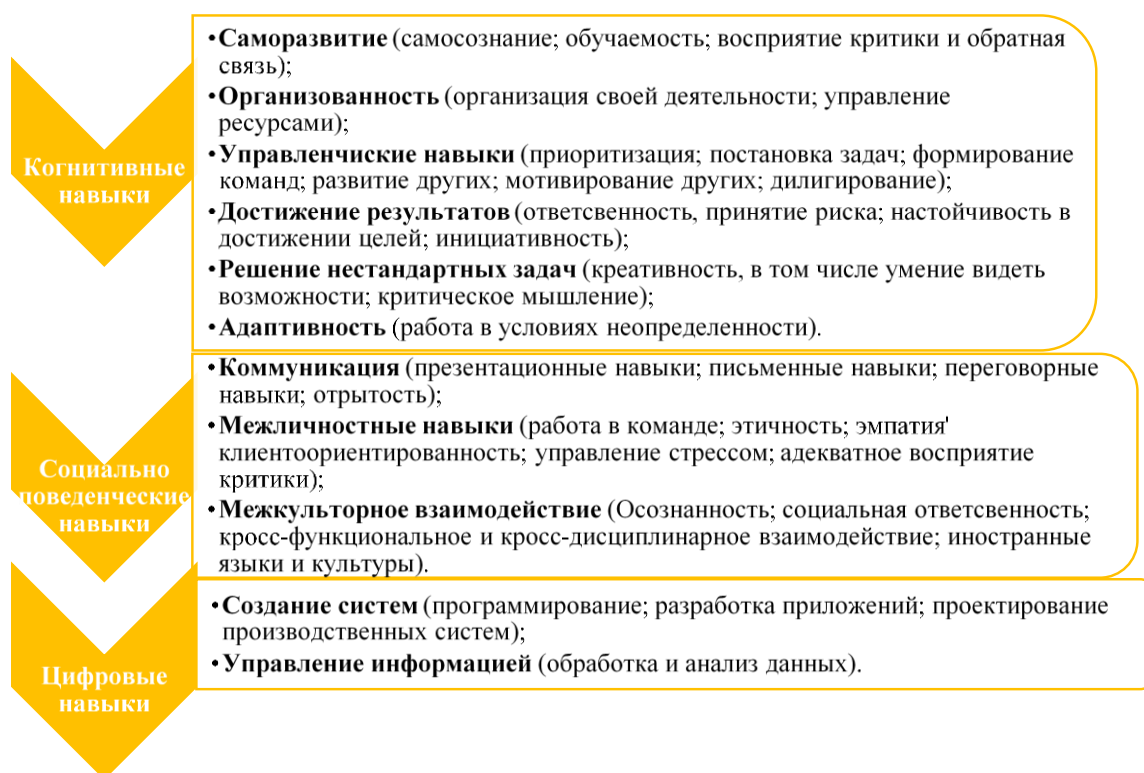


Рисунок 2. Целевая модель компетенций 2025

### Выводы

На основе цифровых компетенций и навыков можно выделить главные направления для развития как экономики, так и общества, в целом:

- цифровые навыки и знания (базовая грамотность, аналитика данных, искусственный интеллект, машинное обучение, программирование, кибербезопасность);
- навыки и знания, которые помогают справляться с волатильностью и неопределенностью будущего (адаптивность, критическое мышление, стрессоустойчивость, управление изменениями, бизнес-планирование);
- навыки и знания, которые помогают справляться с большим потоком информации (базовые навыки программирования, поиска, обработки и анализа информации);
- навыки и знания, определяющие высокие коммуникационные способности для эффективного межличностного взаимодействия. (умение работать в команде, навыки деловых переговоров, сотрудничество);

– навыки и знания, которыми не могут овладеть машины (эмпатия, управление роботизированными процессами креативность и нестандартное мышление).

### **Литература**

1. «Цифровые компетенции для современных компаний», [SHL global]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/PSD9G>
2. Г.И. Абдрахманова, Г.Г. Ковалева «Цифровые навыки населения» [Текст]: Стат. Сб./ – Санкт-Петербург: НИУ ВШЭ, 2017 г.
3. Д.В. Денисов «От цифровой грамотности к цифровой компетентности» [Текст]: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / – Чебоксары: ИД «Среда», 2018. – С. 38-41. – ISBN 978-5-6040294-1-1.
4. А.К. Батырбаева «Глобальные тренды цифровизации и международный опыт» [Текст]: Научный журнал / – Молодой ученый. – 2019. – №15. – С. 16-17.
5. Информатизация образования, [Российская педагогическая энциклопедия]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pedagogicheskaya.academic.ru/1241>
6. М.Г. Жигас, А.А. Шелупанова «Цифровизация финансово-кредитной сферы в современной России» [Текст]: Монография / – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2019. – 406 с.
7. В. Бутенко, К. Полуниин «Россия 2025: от кадров к талантам» [Текст]: Научный доклад / – Москва, 2017.

УДК 004.622

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА «ОБРАБОТКА ЗАЯВОК НА ПОСТАВКУ ПРОДУКЦИИ»**

## **USING THE DATA EXTRACTION SOFTWARE MODULE FOR THE BUSINESS PROCESS «PROCESSING OF APPLICATIONS FOR DELIVERY OF PRODUCTS»**

Родионов А.С., Фархутдинов Р.И.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
филиал в г. Салават, ул. Губкина, 22б, г. Салават, Республика Башкортостан,  
453250, Россия

A.S. Rodionov, R.I. Farkhutdinov,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Branch in the Salavat, Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan,  
453250, Russia

e-mail: [paper\\_button@mail.ru](mailto:paper_button@mail.ru)

**Аннотация.** При продажах важную роль занимает документооборот. От того насколько правильно и грамотно составлен и оформлен документ, организована работа с ним, во многом зависит финансовое состояние предприятия. Без своевременности и правильности принятия управленческих решений не получится организовать работу с документом на всех этапах его прохождения – от момента создания до исполнения и отправки в архив. Эффективная работа предприятия невозможна без выбора целей,

определения потребностей организации и рационального распределения трудовых ресурсов. Современная организация документационного обеспечения управления не ограничивается только соблюдением правил оформления и контроля исполнения документов, но и включает целый комплекс технических аспектов, знание которых необходимо любому, чья специальность состоит в обработке управленческой информации. А наличие множества рутинных работ указывает на актуальность использования программы для извлечения необходимых данных из документов и их записи в базу данных информационной системы. В данной статье рассматривается пример на бизнес-процессе «Обработка заявок на поставку продукции». В результате выявлены проблемы и способы их решения на основе существующей модели бизнес-процесса, описана ценность каждого шага.

**Abstract.** An important role in sales is document management. The financial state of the enterprise depends on how correctly and correctly the document is drawn up and executed, the work with it is organized. Without the timeliness and correctness of making management decisions, it will not be possible to organize work with the document at all stages of its passage – from the moment of creation to execution and sending to the archive. Effective work of the enterprise is impossible without the choice of goals, determining the needs of the organization and rational distribution of labor resources. The modern organization of documentation support for management is not limited to observing the rules for processing and execution of documents, but also includes a whole range of technical aspects, the knowledge of which is necessary for anyone whose specialty is the processing of management information. For this reason, it is proposed to use the program to extract the necessary data from documents and write them to the database of the information system. This article discusses an example on the business process “Processing applications for the supply of products”. As a result, problems and methods for solving them on the basis of the existing business process model are identified, the value of each step is described.

**Ключевые слова:** продажа, документооборот, бизнес-процесс, обработка заявок, извлечение данных.

**Keywords:** sales, workflow, business process, application processing, data extraction.

Наиболее конкурентоспособными на рынке оказываются те компании, бизнес-процессы которых имеют наиболее короткие сроки и высокое качество исполнения с целью удовлетворения запросов заказчиков. По этой причине предприятия вынуждены снижать длительность своих основных бизнес-процессов, в особенности бизнес-процессов по обслуживанию клиентов. Подобные требования предъявляются и к руководителям отделов продаж, от которых зависит распределение трудовых ресурсов. Отсутствие простоев в обработке документов способствует принятию более своевременных решений, обеспечивающих выживаемость и конкурентоспособность предприятий [1-6].

На промышленном предприятии существующая модель бизнес-процесса «Обработка заявок на поставку продукции» основана на ручном вводе данных и может иметь такие проблемы, как:

- невнимательный ввод данных при необходимости обработки множества заявок за наименьший промежуток времени;
- наличие множества ручных рутинных работ, замедляющих документооборот.

В таблице 1 перечислены оценки шагов бизнес-процесса «Обработка заявок на поставку продукции», где УЦ – увеличивающий ценность продукта, НУЦ – неувеличивающий ценность продукта.

Таблица 1. Оценка шагов бизнес-процесса «Обработка заявок на поставку продукции»

Шаг	Ценность	Возможность совершенствования или удаления
Принятие входящей заявки на поставку продукции	УЦ	Да
Ручная проверка целостности данных в заявке на поставку продукции	НУЦ	Да
Ручная проверка наличия на складе требуемой продукции	НУЦ	Да
Согласование срока производства продукции с заказчиком	НУЦ	Нет
Согласование срока производства продукции с начальником производства на бумажном экземпляре заказа на производство	НУЦ	Да
Ручной контроль наличия необходимого объёма остатков продукции для поставки заказчику	НУЦ	Да
Ручная расстановка цен руководителем группы отдела продаж на бумажном экземпляре заявки на поставку продукции	НУЦ	Да
Ручное формирование счёта на оплату	НУЦ	Да
Согласование с руководителем группы отдела продаж выставления счёта на оплату	НУЦ	Да
Ручной контроль поступления оплаченных счетов оплаты на поставку продукции	НУЦ	Да
Ручное формирование расходной накладной	НУЦ	Да

Существующая модель бизнес-процесса «Обработка заявок на поставку продукции» имеет возможность совершенствования или удаления для нескольких шагов, преимущественно с ценностью НУЦ. Предлагается использовать программный модуль извлечения данных для информационной системы промышленного предприятия (рисунок 1).

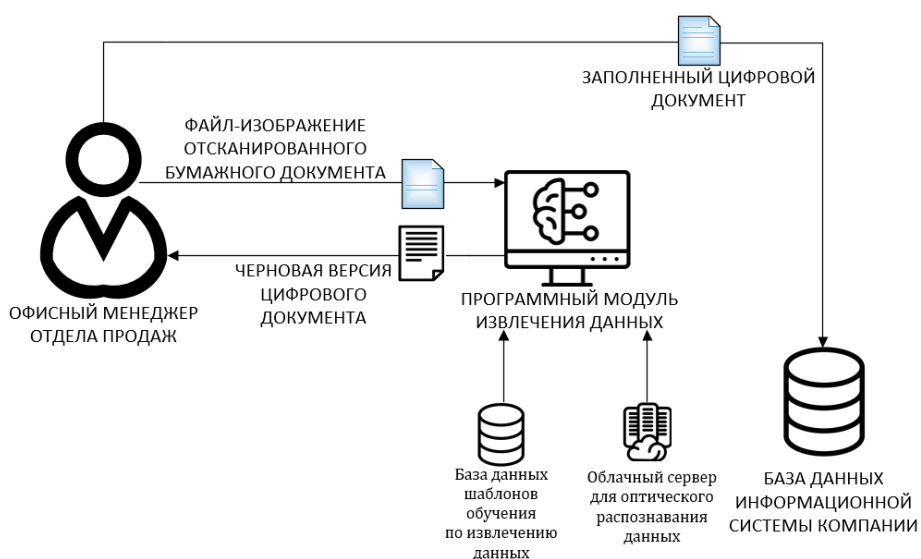


Рисунок 1. Схема работы программного модуля извлечения данных

После принятия заявки на поставку продукции офисный менеджер отправляет отсканированную версию бумажного документа в программный модуль извлечения данных. Далее модуль уведомляет офисного менеджера о готовности черновой версии цифрового документа для ручного заполнения недостающих полей, которым требуется человек. Это может быть, например, комментарий от заказчика продукции, перефразированный офисным менеджером к понятной форме, для отделов производства и доставки. Далее заполненный цифровой документ сохраняется в базе данных информационной системы компании.

Положительным явлением применения программного модуля в сравнении с отдельной программой – это взаимодействие с базой данных информационной системы посредством существующего интерфейса прикладного программирования. Благодаря этому применению предполагается уменьшение простоев при обработке документов и ошибок при вводе данных, которое обеспечило бы производственный отдел и отдел доставки промышленного предприятия своевременными и достоверными данными [7-10].

### **Выводы**

Использование программного модуля извлечения данных для бизнес-процесса «Обработка заявок на поставку продукции» позволит обеспечить уменьшение ошибок при вводе данных и времени на заполнение документов.

### **Литература**

1. Левина Т.М., Огрызков И.А., Лунева М.Э. Интеграция информационных систем для оперативного предоставления регламентирующих документов сотрудникам предприятия // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2018: материалы Международной научно-методической конференции. Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 325-327.
2. Левина Т.М., Полянская В.И. Информационная система подачи заявок в сектор поддержки информационных технологий // Наука. Технология. Производство – 2019: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию республики Башкортостан. Уфа: УГНТУ, 2019. – С. 304-305.
3. Левина Т.М., Переверзева А.И. Управление и контроль времени работы сотрудников // Наука. Технология. Производство – 2019: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию республики Башкортостан. Уфа: УГНТУ, 2019. – С. 306-309.
4. Левина Т.М., Макунева А.А. Классификация метрологических стандартов предприятия для информационной системы принятия решений // Стратегия развития и инноваций: материалы научно-практической конференции, посвященной 70-летию ООО «Газпром нефтехим Салават». Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 122-125.
5. Левина Т.М., Хайруллина Д.Д., Мусина Л.Ю. // Оценка качества программного обеспечения для создания системы тестирования по английскому языку // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2018: материалы международной научно-методической конференции. Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 38-40.
6. Левина Т.М., Фомина В.В., Переверзева А.И. и др. Оценка надежности при написании программного обеспечения, применяемого в нефтяной отрасли // Нефтегазовое дело. Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 107-114.
7. Назметдинова С.И., Родионов А.С. Электронный документооборот как способ улучшения полиграфического предприятия // Информационные технологии. Проблемы и решения. Уфа: УГНТУ, 2019. – С. 84-87.



8. Киреева Н.А., Родионов А.С., Фархутдинов Р.И. и др. Применение чат-бота по философии в вузе // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2018: материалы международной научно-методической конференции. Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 27-29.

9. Киреева Н.А., Родионов А.С., Фархутдинов Р.И. и др. Разработка чат-бота по истории для применения в техническом вузе // Электротехнические и информационные комплексы и системы. Уфа: УГУЭС, 2018. – С. 73-79.

10. Киреева Н.А., Родионов А.С., Фархутдинов Р.И. и др. Разработка чат-бота для имитации исторической личности // Информационные технологии. проблемы и решения: материалы международной научно-практической конференции. Уфа: УГНТУ, 2018. – С. 171-175.

УДК 004:519.237.8:519.816

## КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

### CLUSTERING IN DECISION-MAKING

Анфёров М.А.,  
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,  
г. Москва, Российская Федерация

M.A. Anfyorov,  
FSBEI HE «MIREA – Russian Technological University»,  
Moscow, Russian Federation

e-mail: anfyorov@inbox.ru

**Аннотация.** Отмечена необходимость использования методов искусственного интеллекта в условиях информационной неопределенности, сопровождающей принятие сложных решений в различных предметных областях. В статье показано использование информационной технологии кластеризации объектов в рамках метода динамической кластеризации при принятии управленческих решений. Представлены новые положения метода, реализующего анализ на различных уровнях детализации используемых данных. На верхнем уровне значения используемых при кластеризации признаков заменяются соответствующими дисперсиями, рассчитываемыми на множестве значений признаков в различные периоды времени. На среднем уровне отслеживается динамика принадлежности исследуемых объектов формируемым кластерам. На нижнем уровне для каждого объекта кластеризации выявляется динамика дисперсии расстояния его геометрического образа до центра кластера, рассчитанного также в различные периоды времени. Выявляемая нестабильность поведения подвергаемых кластеризации объектов позволяет косвенно судить о нестабильности их функционирования, либо о неадекватности представляемой информации. Данное обстоятельство используется в качестве фактора в принятии решения наравне с другими. Работа данной технологии проиллюстрирована на примере налогового администрирования. Выявленная нестабильность в представленных отчетных данных выступает одним из оснований для плановой налоговой проверки. Результаты выполненного исследования расширяют аналитические возможности процессов принятия управленческих решений при решении государственных, экономических и социальных задач.

**Abstract.** The necessity of using artificial intelligence methods in conditions of information uncertainty that accompanies complex decisions making in various subject areas is marked. The article shows the use of clustering information technology within the framework of the dynamic clustering method in management decisions making. New concepts of the method that implements analysis of the used data at different levels of detail are presented. At the upper level, the attribute values used in clustering are replaced by corresponding dispersions calculated on multiple attribute values at different time periods. At the middle level, the dynamics of belong of the investigated objects to the clusters being formed is defined. At the lower level, the dynamics of the distance variance of each clustering object's geometric image to the center of the cluster calculated also at different time periods are detected. The identified instability of the clustered objects behavior makes it possible to indirectly judge their functioning instability or the inadequacy of the information provided. This circumstance is used as a factor in decision-making on an equal basis with others. The way this technology functions is illustrated by the example of tax administration. The identified instability in the reported data is one of the grounds for the planned tax audit. The results of the study expand analytical capabilities of management decision-making processes in state, economic and social problems.

**Ключевые слова:** информационная технология, кластеризация, интеллектуальный анализ данных, принятие решений, налоговое администрирование.

**Keywords:** information technology, clustering, data mining, decision-making, tax administration.

Принятие решений в ситуационных центрах коммерческих и государственных структур часто затруднено в связи с неопределенностью используемой для анализа информации. Данная неопределенность вызвана рядом факторов: недостаточностью данных, нечеткостью и стохастичностью отображаемой информации. В этой связи приходится использовать информационные технологии интеллектуального анализа (Data Mining), раскрывающие вышеназванную неопределенность. Данная работа посвящена исследованию расширения возможностей технологии кластеризации объектов различных предметных областей, используемой для выработки требуемых решений.

Традиционно кластерный анализ предполагает формирование групп (кластеров) анализируемых объектов, близко расположенных друг к другу в определенной метрике многомерного пространства, сформированного из множества используемых характеристик (признаков) этих объектов. Поскольку при кластеризации в конечном результате учитывается совокупное влияние на нее всех признаков (хотя возможен учет значимости тех или иных признаков с использованием их весов при расчете метрического расстояния), то это в корне отличает данный анализ от других, использующих различные виды упорядочивания по наиболее предпочтительному признаку, например [1]. Однако в отличие от ABC-анализа [1] традиционный кластерный анализ не учитывает фактор времени, то есть динамику изменения свойств анализируемых объектов.

Предлагаемый подход к кластерному анализу рассматривает признаки анализируемых объектов с привязкой к координате времени  $t$ , которая представлена дискретными значениями временных срезов, в которых выполняется кластеризация, то есть временным рядом:  $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots$ . Вектор признаков для  $i$ -го группируемого объекта имеет вид  $p_i(t_k) = (p_{i1}(t_k), p_{i2}(t_k), \dots, p_{im}(t_k))$  ( $m$  – количество признаков).

Подход несколько напоминает XYZ-анализ, который используется в маркетинге для формирования групп товаров и услуг в зависимости от стабильности их продаж и

колебаний спроса. Однако в нашем случае опять же используется не один параметр как, например, в XYZ-анализе, по которому рассчитывается коэффициент вариации, а их совокупность. В отличие от XYZ-анализа при динамической кластеризации учитывается не доминантный признак, а рассматривается динамика кластеров, формируемых в различные срезы времени.

Идея метода состоит в том, чтобы выявить нестабильность поведения объектов в процедурах кластеризации, что позволяет косвенно судить либо о нестабильности их функционирования, либо о неадекватности представляемого описания их характеристик. В любом случае в зависимости от поставленной задачи выполняемый анализ позволяет при принятии решений выявлять риски, связанные с отсутствием требуемой партнерской добросовестности и надежности.

Степень детализации используемых в анализе данных определила используемые уровни кластеризации. Однако в любом случае данные подвергаются нормализации с целью приведения их к относительному безразмерному виду с единичной дисперсией. Для этого используется формула<sup>1</sup>

$$\tilde{p}_{ij}^k = \frac{p_{ij}^k - \bar{p}_j^k}{\sigma_{jk}}; \bar{p}_j^k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}^k; \sigma_{jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (p_{ij}^k - \bar{p}_j^k)^2, \quad (1)$$

где  $n$  – количество кластеризуемых объектов,

$\tilde{p}_{ij}^k$  – нормализованное значение  $j$ -го признака  $p_{ij}^k$  в  $k$ -й срез времени.

На первом (верхнем) уровне анализа значения признаков заменяются их дисперсией по всему временному ряду, то есть

$$\tilde{p}_{ij}^k \rightarrow \sigma_{ij}^2 = \frac{1}{w-1} \sum_{k=1}^w (\tilde{p}_{ij}^k - \bar{p}_{ij})^2; \bar{p}_{ij} = \frac{1}{w} \sum_{k=1}^w \tilde{p}_{ij}^k, \quad (2)$$

где  $w$  – количество временных срезов, учитываемых в расчете.

Далее выполняется кластеризация с нахождением двух или более кластеров, часть которых содержит ненадежные объекты.

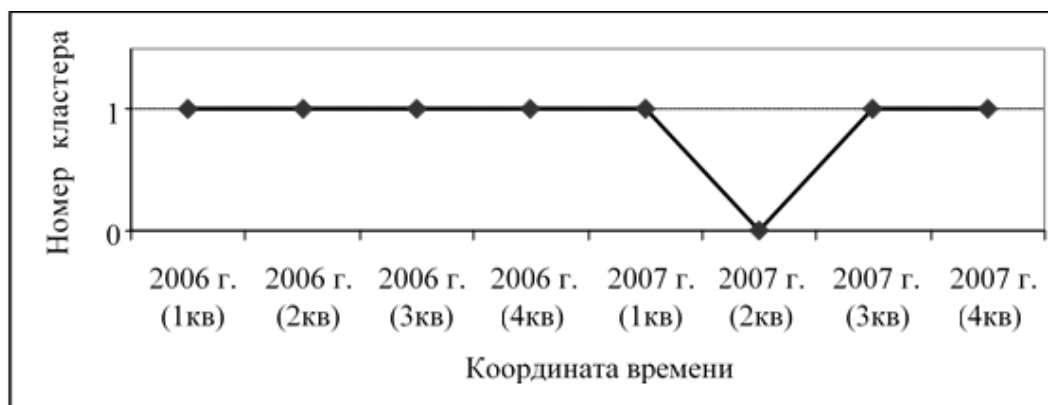
При отработке данной информационной технологии были рассмотрены объекты налогообложения (20 предприятий), оцениваемые четырьмя группами показателей (всего шестнадцать), характеризующих их финансовую устойчивость, платежеспособность, деловую активность и рентабельность производства [2]. Фиксация параметров осуществлялась поквартально. Для анализа был выбран временной интервал в течение двух лет. Целью анализа являлось выявление предприятий, для которых необходимо запланировать выездные налоговые проверки ввиду нестабильности представляемых ими данных, что позволяет косвенно судить об их неадекватности. Результаты кластеризации с использованием генетического алгоритма [3], выполненной на данном уровне выявили два таких предприятия под номерами 4 и 12. Причем предприятие 4 в единственном числе выделилось в отдельный кластер при поиске двух кластеров (второй кластер составили все остальные предприятия). При поиске трех кластеров предприятия 4 и 12 самостоятельно сформировали свои отдельные кластеры.

<sup>1</sup> Для упрощения записи признака кластеризации явное указание координаты времени заменено индексом, указывающим на номер в дискретном временном ряду.

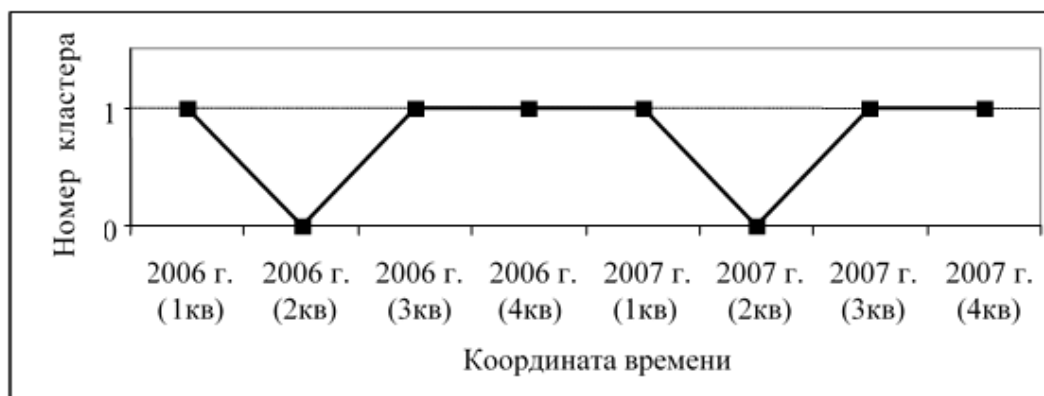
Таким образом предприятие 4 является основным, а предприятие 12 вторым претендентом на плановые проверки по результатам анализа на данном уровне.

На втором уровне динамического кластерного анализа выполняется кластеризация объектов в пространстве нормализованных признаков в различные срезы времени. В результате выявляются объекты, меняющие свою принадлежность кластерам, что также говорит об их информационной нестабильности.

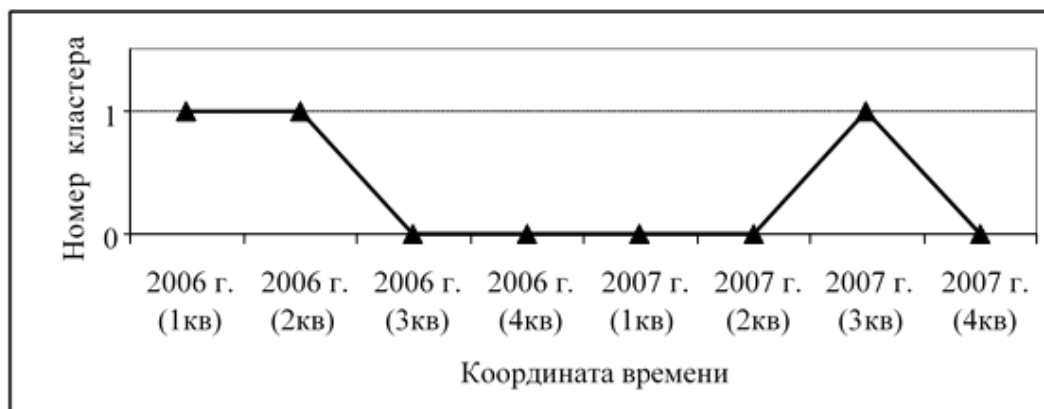
В рамках рассматриваемого примера результат такой кластеризации с выявлением предприятий, относящихся к группе риска, показан на рисунке 1. В общей сложности в эту группу попали предприятия 2, 4, и 12. Следует отметить, что предприятия 4 и 12 были отмечены ранее на первом уровне анализа.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Миграция предприятий между кластерами:  
а) предприятие 2; б) предприятие 4; в) предприятие 12

На третьем уровне анализа по результатам кластеризации в каждом  $k$ -м срезе времени для каждого кластеризуемого объекта фиксируется его удаленность (расстояние)  $d_i^k$  до центра соответствующего кластера и рассчитывается дисперсия этих значений по всем предыдущим временным срезам, включая рассматриваемый, т.е.

$$D_i^k = \frac{1}{k-1} \sum_{v=1}^k (d_i^v - \bar{d}_i^k)^2; \quad \bar{d}_i^k = \frac{1}{k} \sum_{v=1}^k d_i^v. \quad (3)$$

Далее строятся графики, отображающие изменение во времени рассчитанных значений дисперсий с выявлением аномальных отклонений, характерных для критичных объектов кластеризации. Для рассматриваемого примера выше названные графики показаны на рисунке 2.

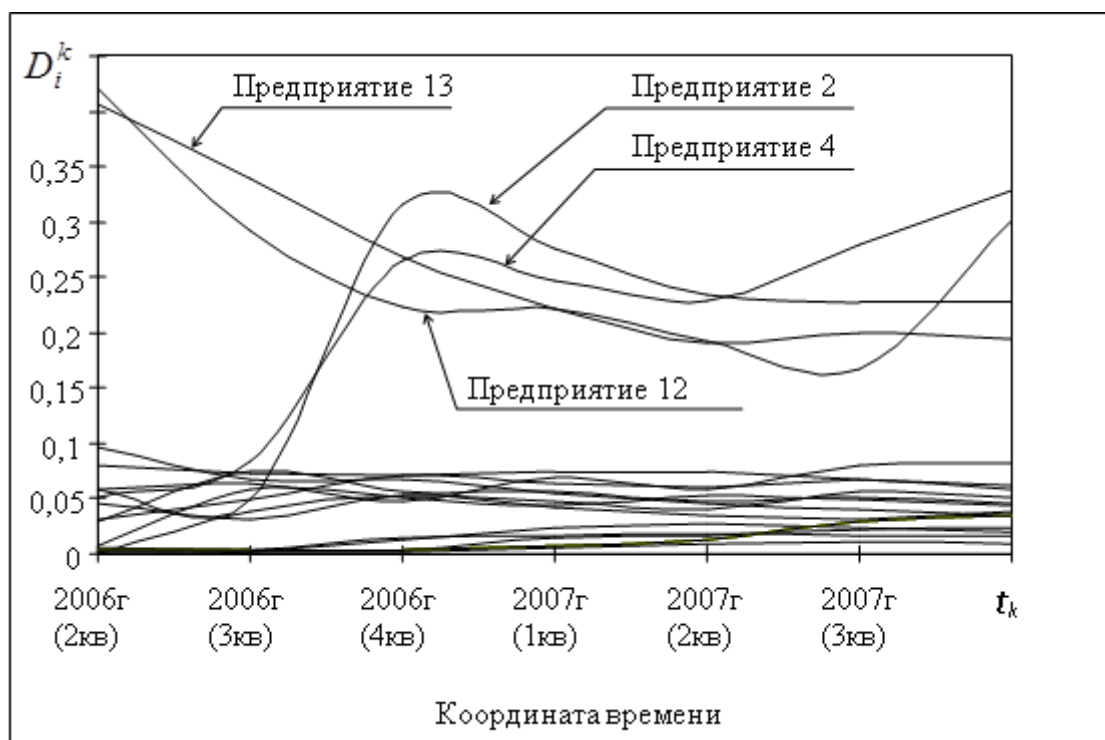


Рисунок 2. Распределение дисперсий (3) во времени

На картине временного изменения рассчитанных дисперсий (3) наглядно видны графики, соответствующие предприятиям, которые следует подвергнуть плановой выездной налоговой проверке: это опять же предприятия 2, 4 и 12, отмеченные на втором уровне анализа. Кроме этого, в группу неустойчивых попало еще одно предприятие – 13, которое также можно подвергнуть выездной проверке, поскольку явная нестабильность характеризующих его показателей, отмечена в рамках самого чувствительного анализа на третьем уровне.

### Выводы

Во-первых, подтвердилось, что технология динамической кластеризации позволяет выявлять нестабильные данные об анализируемых объектах и использовать это в принятии управленческих решений.

Во-вторых, результаты выполненного исследования расширяют аналитические возможности процессов принятия управленческих решений при решении государственных, экономических и социальных задач.

В-третьих, на практическом примере была продемонстрирована методика динамического кластерного анализа на различных уровнях детализации используемой информации, что с одной стороны делает возможным его ускорение при реализации только на верхнем уровне, а с другой – позволяет сделать его более глубоким, выполняя на всех уровнях.

### **Литература**

1. Ксенофонтова О.Л., Новосельская Н.А. ABC-XYZ-анализ как средство управления товарным ассортиментом торгового предприятия // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2013. №2 (34). С. 70-66.
2. Анфёров М.А., Рашитова О.Б. SADT моделирование системы налогообложения в Российской Федерации // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2015. №2. С. 94-101.
3. Анфёров М.А. Генетический алгоритм кластеризации // Российский технологический журнал. 2019. Т. 7, №6. С. 134-150.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 004.94

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНОСА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

### DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ASSESSING THE DEPRECIATION OF FIXED ASSETS OF OIL REFINING COMPLEXES

Шарипова Д.Д., Султанова Е.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

D.D. Sharipova, E.A. Syltanova,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: shripova12@gmail.com

**Аннотация.** Современная нефтеперерабатывающая промышленность требует особого внимания, так как большую роль играет оценка степени износа основных средств. Исходя из отсутствия комплексного решения по анализу данных на нефтеперерабатывающих предприятиях, исключая некоторые системы онлайн расчетов, было принято разработать систему поддержки принятия решений. Применяя новые методы математической статистики и прогнозирования ситуаций составлена модель для системы поддержки принятия решений при оценке степени износа оборудования и сооружений на предприятии. Несмотря на большое количество публикаций, посвящённых оценке износа различных видов оборудования и сооружений, на нефтеперерабатывающих комплексах, все еще не существует оптимизированного решения, позволяющего анализировать состояние основных фондов предприятия. Данная статья описывает создание системы поддержки принятия решений, на основе существующих теоретических и практических разработок, а также методик, позволяющих модернизировать процесс оценки износа. Исследуются принципы и особенности построения автоматизированных систем мониторинга в нефтеперерабатывающих комплексах. В публикации описано моделирование, в унифицированном языке моделирования, и алгоритм работы системы. Создающаяся система позволит уменьшить риски, связанные с потерями и простоями оборудования и сооружений, а также повысит безопасность на рабочих местах.

**Abstract.** The modern oil refining industry requires special attention, as an important role is played by the assessment of the degree of depreciation of fixed assets. Using modern methods of mathematical statistics and predicting situations, a model was developed for the decision support system for assessing the degree of wear of equipment and structures at the enterprise. Despite the large number of publications devoted to the assessment of wear and tear of various types of equipment and structures at oil refining complexes, there is still no optimized solution that allows you to analyze the state of the company's fixed assets. This article describes

the creation of a decision support system based on existing theoretical and practical developments. The new system will reduce the risks associated with losses and downtime of equipment and structures, as well as increase safety in the workplace. The article describes the modeling in the unified modeling language and the algorithm of the system.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений (СППР), оценка износа, нефтеперерабатывающий комплекс, методы оценки, основные фонды, износ сооружений, износ оборудования.

**Keywords:** decision support system (DSS), depreciation assessment, oil refining complex, valuation methods, fixed assets.

В настоящее время состояние основных фондов на Российских нефтеперерабатывающих предприятиях не подлежит анализу комплексной системы по оценке состояния, что приводит к негативным факторам:

- высокий уровень потерь и простоев оборудования;
- высокие риски в использовании сооружений и оборудований, с высоким уровнем износа;
- снижение уровня качества, безопасности, функционирования комплекса, экономического функционирования предприятия и т.д.;
- использование средств, не удовлетворяющих современным требованиям;
- несвоевременное внедрение новых технологий и реконструкции сооружений;
- отсутствие оптимизированной системы оценки износа и т.д.

Исходя из вышеприведенных факторов, можно выявить, что создание СППР в сфере нефтепереработки является приоритетным, на данный момент.

Нефтеперерабатывающий комплекс – это сложные предприятия, оснащенные различным оборудованием и сооружениями, используемые для производства позволяющие работать в различных климатических условиях.

Системы поддержки принятия решений представляют собой комплекс средств, позволяющих проводить анализ данных, моделировать дальнейшие действия и прогнозировать решений.

Для разработки системы будут использоваться следующие средства:

1. Rational Rose – графический редактор, позволяющий строить UML модели, куда входят различные диаграммы: классов, прецедентов, компонентов, составной структуры, пакетов и т.д.;
2. Microsoft Visio – редактор для создания различных видов диаграмм и блок-схем;
3. Sharp developer – среда разработки, представляющий собой интегрированный отладчик, использующий собственные библиотеки и взаимодействующий со средой .NET.

Диагностика основных фондов требует устойчивого и комплексного подхода к формированию системы, данная проблема решается с помощью анализа и отображения процесса работы СППР в блоковой схеме. Данная блок-схема будет включать основные этапы разработки системы поддержки принятия решений теоретических знаний (рисунок 1).

Создаваемая система использует данные из базы и на основе этих данных идет сопоставление с введенными сведениями, исходя из полученной информации система делает заключение и выводит эксперту отчет о дальнейших действиях.



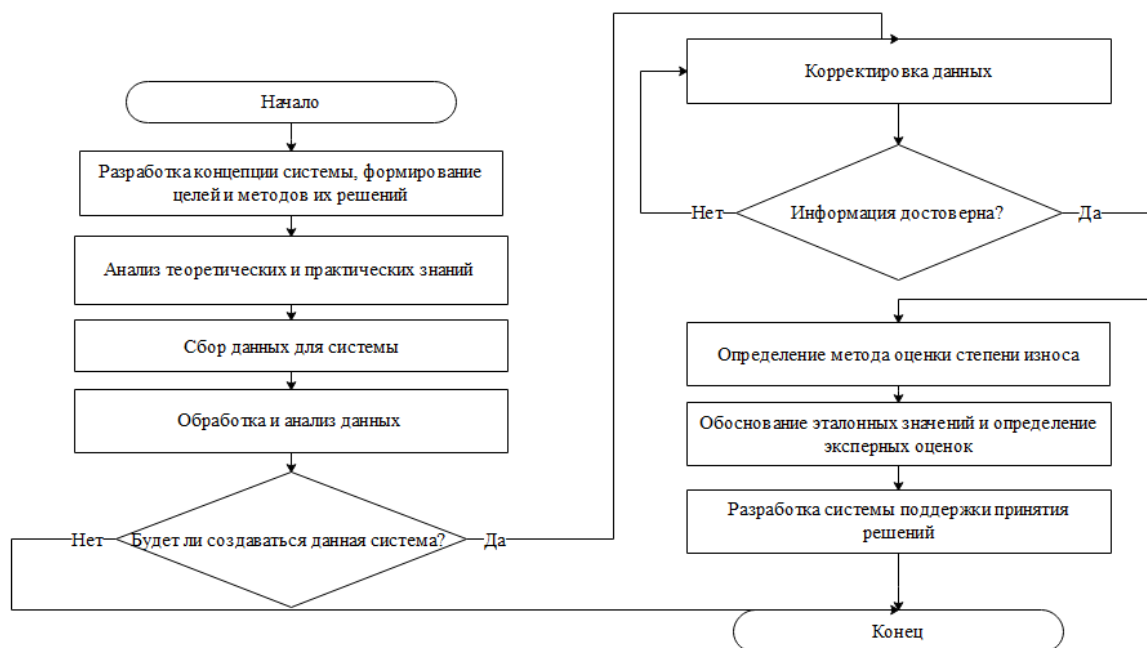


Рисунок 1. Блок-схема «Создание СППР».

Данную структуру можно отобразить с помощью диаграммы прецедентов (вариантов использования), представляющую взаимодействия систем, людей и описание их действий.

На диаграмме прецедентов отображены:

- акторы – множество связанных ролей в UML, понимаются как человек, информационная система, класс.
- прецеденты – обозначений действий, приводящие к результатам и действиям акторов.

На диаграмме (рисунок 2), представлены следующие элементы:

- роли: Appraiser (оценщик), Administrator (администратор), Economist (экономист), Information catalog (Информационный каталог), System (система);
- действия: Provision of information (предоставление информации), Login (вход в систему), Data input (ввод данных), Data for calculation (данные для расчета), Data processing (обработка данных), Report output (вывод отчета).

На диаграмме вариантов использования можно увидеть, как происходит выдача отчета по оценке основных средств и, возможных, дальнейших действиях с ними. Оценщик предоставляет информацию администратору, далее администратор входит в систему и вводит данные, которые поступают в информационный каталог, также в каталог подаются данные для расчета от экономиста предприятия, с которыми происходит стоимостная сверка. Далее идет обработка данных и система выдаёт отчет.

Анализ и обработка информации является важной фазой в работе системы по оценке износа, благодаря этому выводится основная информация о возможных дальнейших действиях, а также это позволит устранить повторные вводы данных, либо их неверный ввод, в информационную базу.

Специфика разрабатываемой системы требует тщательного рассмотрения различных методов оценки износа оборудования и сооружений, а также тщательного анализа данных, рассмотрения рисков, связанных с созданием данного программного продукта. Для данных методов необходимо проводить анализ с помощью приведенных выше программ и исходя из предоставленных данных.

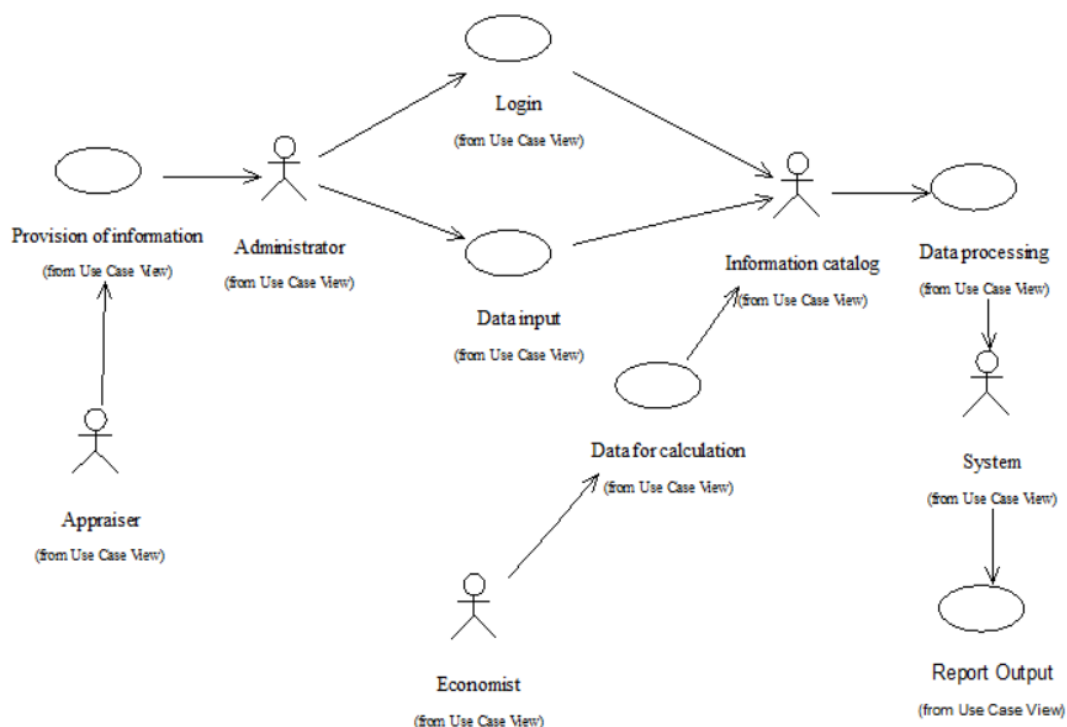


Рисунок 2. Диаграмма прецедентов

Методология используемые в создании информационной системы – Agile Model (гибкая методология разработки). Данная методология позволяет благодаря итерациям вносить поправки, предлагаемые заказчиком. Данный метод применяется, на практике, в экстремальном программирование. Данная методология ориентирована на длительные жизненные циклы проектов, которые, после реализации на рынке, возможно будет модифицировать и перевыпускать. Данная модель позволяет использовать малое планирование проекта.

Информационная база, используемая в системе, позволит сопоставлять входные данные со стандартными – это позволит выявлять некорректные данные, выводить информацию о дальнейших действиях, записывать новую информацию о сооружениях и об оборудовании, проводить частый осмотр на комплексе.

Описанные выше особенности создания СППР позволяют принимать решения о создании данной системы, выявить основных действующих лиц, которые будут участвовать в использовании данной системы, а также возможности системы поддержки принятия решений на нефтеперерабатывающем комплексе.

## Выводы

Современная нефтеперерабатывающая промышленность требует тщательного надзора, в связи с постоянными рисками, возникающими в процессе производства. Износ оборудования и сооружений играет важную роль, не только в безопасности людей, работающих на комплексах, но и в экономическом аспекте предприятия. Исходя из этого целесообразным будет внедрение, использование и дальнейшая модификация разрабатываемой системы по оценке износа элементов нефтяных и нефтеперерабатывающих производств. Используя гибкую методологию проектирования системы, будет возможность вносить поправки в программы и выпускать модификации на рынок. Это позволяет менять систему в динамических условиях предприятия, что дает возможность вносить быстрые поправки и своевременно использовать созданную систему.

Исходя из анализа рынка схожих продуктов, а также исследования интеллектуальных собственности, было выявлено, что на сегодняшний момент не существует аналогов создаваемой системы, исходя из этого, следует создать систему поддержки принятия решений по оценки степени износа основных фондов нефтеперерабатывающих комплексов.

### **Литература**

1. Ермеев А.П. Экспертные модели и методы принятия решений // Теория и методы принятия решений. М.: МЭИ, 2012. С. 110.
2. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот МД. Статические и динамические экспертные системы // Финансы и статистика. М.: Финансы и статистика, 2015. С. 78.
3. Казиев В.М. Влияние функционального износа на общий накопленный износ зданий и сооружений // Доклад Технические науки. М.: Ремонт и реконструкция, 2014. С. 6.
4. Дорогов В.Г., Теплова Я.О. Введение в методы и алгоритмы принятия решений; Форум, Инфра-М – Москва, 2012. С. 240.
5. Шубин В.С., Рюмин Ю.А. Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Химия, КолосС, 2006. С. 360.
6. Бобрицкий Н.В. Основы нефтяной и газовой промышленности. М.: Книга по Требованию, 2012. С. 202.
7. Боггс, М. UML и Rational Rose. Москва: СПб. [и др.]: Питер, 2010. С. 984.

УДК 004.8

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ СБОРА ЦИФРОВЫХ СЛЕДОВ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА**

## **DEVELOPING A PROGRAM FOR COLLECTING DIGITAL FOOTPRINTS IN SOCIAL MEDIA**

Задорина М.Ю.,  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
г. Киров, Российская Федерация

M.U. Zadorina,  
FSBEI HE “Vyatka state university”,  
Kirov, Russian Federation

e-mail: maria.zadorina@gmail.com

**Аннотация.** На сегодняшний день социальные сети являются неотъемлемой частью многих сфер человеческой деятельности. Это мощный инструмент для общения, формирования групп единомышленников, ведения бизнеса, обмена мнениями по сложившимся в мире политическим, культурным, религиозным и другим ситуациям. Социальные сети – это один из крупнейших поставщиков общедоступной информации. Ее предобработка и удобное извлечение является важной подзадачей при анализе больших данных в социальных медиа. Цель: разработка программного обеспечения для автоматического извлечения контента социальной сети ВКонтакте посредством

публичного API. Проблема: отсутствие удобного интерфейса для доступа к социальной сети ВКонтакте с целью поиска информации. В процессе работы реализован алгоритм извлечения информации из социальной сети ВКонтакте, по ключевым словам, авторам публикаций, геопозиции, периоду. В основе алгоритма – формирование запросов к API социальной сети, обработка ответа от социальной сети, который приходит в формате JSON и его структурирование, то есть приведение к единообразному формату. Разработана серверная и клиентская части веб-приложения для формирования и осуществления запроса на поиск публикаций пользователем, для просмотра собранной информации, то есть оценки качества полученных публикаций по заданным критериям. Реализовано сохранение ответов в файл в едином формате для дальнейшего анализа собранных данных. Область применения результатов: машинное обучение и анализ данных.

**Abstract** Today, social networks are an integral part of many areas of human activity. This is a powerful tool for communication, the formation of like-minded groups, doing business, exchanging views on the prevailing political, cultural, religious and other situations in the world. Social networks are one of the largest providers of publicly available information. Its preprocessing and convenient extraction is an important sub-task when analyzing big data in social media. The purpose of the article: software development for the automatic extraction of VKontakte social network content through a public API. Problem: the lack of a convenient interface for accessing the VKontakte social network to search for information. Implemented an algorithm for extracting information from the social network VKontakte, by keywords, authors of publications, geo-location, period. The basis of the algorithm is the formation of requests to the social network API. Processing the response from the social network, which comes in JSON format. Structuring the response, bringing it to a uniform format. The server and client parts of the web application have been developed for the formation and implementation of a request to search for publications by the user, to view the information collected, that is, assess the quality of the received publications according to specified criteria. Implemented saving responses to a file in a single format for further analysis of the collected data. Scope of results: machine learning and data analysis.

**Ключевые слова:** социальные сети, парсер, цифровые следы, публично доступный API ВКонтакте, веб-интерфейс, Django-фреймворк.

**Keywords:** social networks, parser, digital tracks, publicly accessible VKontakte API, web interface, Django framework.

Социальные сети можно рассматривать с разных сторон. Математически они представляют собой огромные графы, узлами которых являются пользователи, а ребрами – их социальные взаимосвязи. Количество пользователей социальных сетей, как и количество генерируемого ими контента, растёт с каждым днём, поэтому, с инженерной точки зрения, социальные сети можно рассматривать как инфраструктурные проекты, которые решают вопросы хранения больших массивов текстовой, бинарной и медиа-информации. Наличие таких баз данных даёт широкие возможности для различного рода исследований [1, с. 357].

Социальные сети в большинстве своём являются проприетарными системами с закрытым исходным кодом и защищенной базой данных. В ряде случаев существует возможность получить доступ к части этих данных, используя публично доступный программный интерфейс (API).

Проблема: отсутствие удобного интерфейса доступа к социальной сети ВКонтакте с целью поиска информации и анализа данных.

Цель: разработка программного обеспечения для автоматического извлечения контента социальной сети ВКонтакте посредством публичного API.

Объект исследования: пользовательский веб-интерфейс для работы с контентом социальной сети ВКонтакте.

Предмет исследования: контент социальной сети ВКонтакте.

Задачи:

1. Разработка программы на языке Python для автоматического поиска информации в социальной сети по различным критериям;

2. Реализация пользовательского интерфейса для предварительной оценки качества поиска данных.

3. Программная реализация алгоритма сбора данных.

Социальная сеть – это социальная структура, состоящая из группы узлов, которыми являются социальные объекты (люди, группы людей, сообщества, организации) и связей между ними (социальных взаимоотношений) [2, с. 110].

API (англ. application programming interface – программный интерфейс приложения) – набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых социальной сетью для использования во внешних программных продуктах.

Для того чтобы производить запросы к API, нужно получить ключ доступа (access token – это строка из цифр и латинских букв, которую необходимо передать на сервер вместе с запросом. Из этой строки сервер получает всю нужную ему информацию). Для этого требуется пройти авторизацию в социальной сети по протоколу OAuth 2.0. Это открытый протокол авторизации, который позволяет предоставить третьей стороне ограниченный доступ к защищенным ресурсам пользователя без необходимости передавать ей (третьей стороне) логин и пароль. В дальнейшем все запросы к API должны быть подписаны полученным ключом.

Запросы от приложения-клиента поступают на так называемые точки доступа (endpoint), каждая точка доступа соответствует одной из моделей данных и является URL-адресом на сервере API, например, /users, /posts. В запросе могут передаваться уточняющие параметры для обеспечения фильтрации выборки и навигации по ней. Ответ социальной сети приходит в формате JSON. В силу огромного количества данных ВКонтакте ограничивает выдачу тысячей записей [3].

Для написания запросов выбран язык программирования Python, в частности, фреймворк Django – свободный фреймворк для веб-приложений, использующий шаблон проектирования MVC.

Model-View-Controller (MVC, «Модель-Представление-Контроллер») – схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер – таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо [4].

Фреймворк Django предлагает ряд конвенций по структуре приложения. Основопологающей является модульность. Функциональность разрабатываемого приложения разделяется по смысловому назначению. Каждая смысловая единица приложения хранится в отдельном каталоге и называется модулем. Модуль может включать в себя произвольные файлы – как правило, это файлы конфигурации, пользовательские классы и функции, шаблоны интерфейса и т.д. В разрабатываемом приложении используется следующая структура программных модулей (рисунок 1):

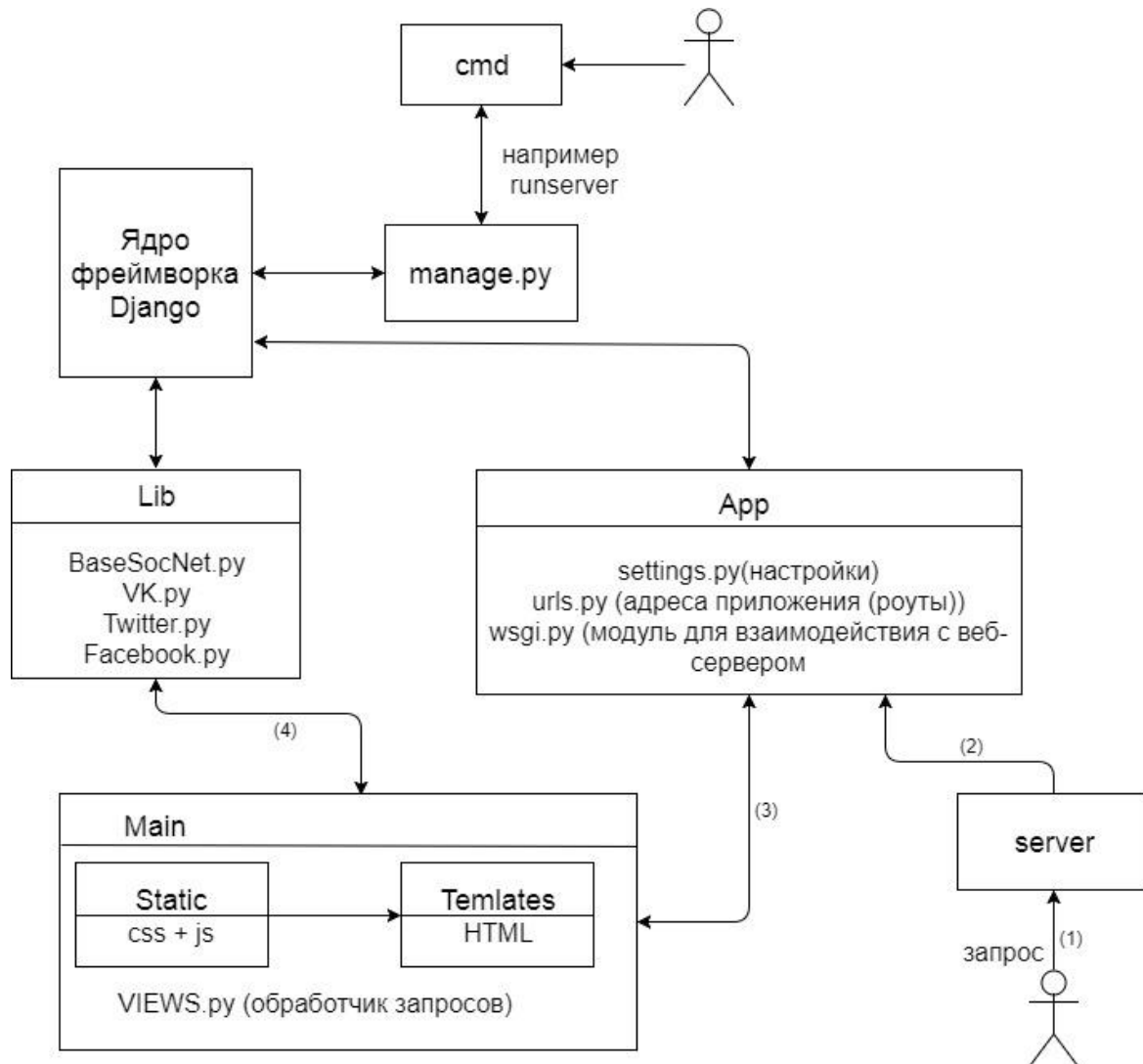


Рисунок 1. Модульная структура приложения

На схеме изображены следующие модули:

1. Ядро фреймворка Django. Содержит средства для обработки http-запросов, роутинга, шаблонизации, работы с командной строкой и другие вспомогательные ресурсы.
2. Manage.py – это точка входа для консольных команд. Здесь осуществляется разбор команды и её дальнейшая передача в обработчик. Обработчик может быть, как стандартным (относящимся к ядру фреймворка), так и пользовательским. К стандартным командам можно отнести, например, runserver – для запуска локального веб-сервера.
3. Lib – модуль содержит пользовательские классы, предназначенные для непосредственной работы с API социальных сетей.
4. App – содержит общие, базовые настройки приложения (файл settings.py), схему адресов (роутов) приложения (файл urls.py) и модуль для взаимодействия с веб-сервером (wsgi.py).
5. Main – главный модуль. Содержит в себе подмодули: static (хранение css, js, изображений) и templates (хранение html-шаблонов), кроме того модуль содержит файл views.py, который выполняет функцию контроллера – в нём перечислены функции-обработчики входящих запросов. Для каждого входящего запроса выбирается соответствующая ему функция-контроллер. Входным параметром этой функции является специальный объект, содержащий поля запроса, а возвращаемым значением –

сгенерированная из шаблона веб-страница. В теле функции контроллера, как правило, происходит выборка данных (из локальной базы или внешних сервисов) и их обработка [5].

Продемонстрируем структуру ответа, полученную от сервера социальной сети на запрос по методу *newsfeed.search*. В поле *items* хранятся публикации, найденные по ключевому слову. Если автор публикации – человек, то информацию о нём можно найти в структуре *profiles*, если автором публикации является группа – то рассматриваем структуру *groups*.

Найти автора публикации можно по *id*. Уникальный идентификатор совпадает у публикации в структуре *items* и у профиля, либо у группы, опубликовавшей пост (рисунок 2).

Из структуры ответа *profiles* можно извлечь некоторую информацию об авторе публикации (имя, фамилия, пол, уникальный идентификатор страницы и др.).

```

{
  "response": {
    "items": [
      {
        "id": 237837,
        "date": 1578165110,
        "owner_id": -84802188,
        "from_id": 541012057,
        "post_id": 229172,
        "post_type": "reply",
        "text": "Привет можем общаться 🍷",
        "marked_as_ads": 0,
        "comments": {
          "count": 0
        },
        "likes": {
          "count": 0
        },
        "reposts": {
          "count": 0
        }
      }
    ]
  },
  "profiles": [
    {
      "id": 541012057,
      "first_name": "Mukhamad",
      "last_name": "Radzhabov",
      "is_closed": false,
      "can_access_closed": true,
      "sex": 2,
      "screen_name": "id541012057",
      "photo_50": "https://vk.com/images/camera_50.png?ava=1",
      "photo_100": "https://vk.com/images/camera_100.png?ava=1",
      "online": 1,
      "online_app": 2685278,
      "online_mobile": 1,
      "online_info": {
        "visible": true,
        "is_online": true,
        "app_id": 2685278,
        "is_mobile": true
      }
    }
  ],
  "groups": [
    "next_from": "3/-84802188_237837",
    "count": 1000,
    "total_count": 118121891
  ]
}

```

Рисунок 2. Структура ответа сервера ВКонтакте

Также необходимо отметить, что важная информация о заинтересованности других пользователей относительно, опубликованной записи, хранится в структуре *items*, а именно *comments*, *likes*, *reposts*, поле *views* добавляется при условии, что значение *count* больше 0.

Для предварительной оценки качества поиска публикаций реализован пользовательский интерфейс. Он построен с использованием стандартного набора инструментов для современных веб-приложений: HTML5, CSS3, JavaScript. Общая структура интерфейса приведена на рисунке 3.

Строка поиска, переключатель расширенного поиска, при нажатии на который отображаются дополнительные параметры: поиск по координатам, уточнение временного интервала и др. Ниже располагаются результаты поиска, возможно разбиение по вкладкам, если количество социальных сетей для извлечения информации увеличится. Обработка запроса осуществляется при нажатии на кнопку «GO». В силу того, что ответы социальных сетей стандартизируются и приводятся к одной структуре,

их отображение на экране также можно унифицировать. Каждая карточка-результат содержит в себе следующие элементы: дата публикации, автор и текст записи.

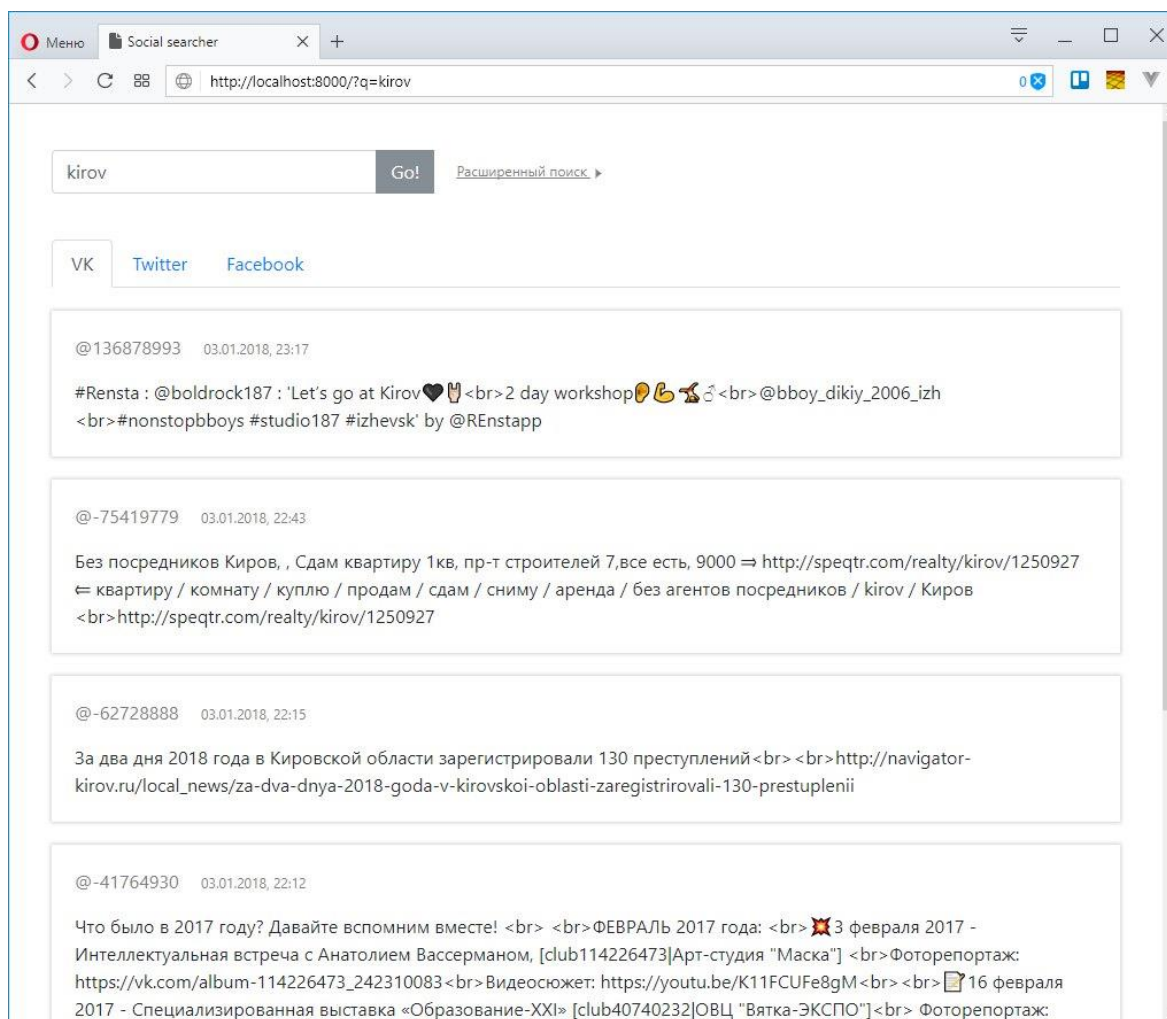


Рисунок 3. Пользовательский интерфейс – результаты поиска записей социальной сети ВКонтакте

### Выводы

В ходе работы было разработано веб-приложение для автоматического сбора информации из социальной сети ВКонтакте. В социальных сетях существуют «дружеские связи», настройки приватности, черные списки и др. Многое зависит от того, кто просматривает страницу: кто-то увидит на ней ту же информацию, что и владелец, а кто-то – только общедоступные данные.

В API этот принцип сохраняется. Если список групп скрыт от лиц, не являющихся «друзьями» пользователя, то и через API они не должны его увидеть. Поэтому почти все методы требуют авторизации пользователя перед началом работы. Проще говоря, сервер должен знать, кто к нему обращается за информацией, чтобы предоставить ее в том же виде, что и в основной версии сайта.

В общем случае для идентификации в API используется специальный ключ доступа, который называется `access_token`. Получение данного ключа являлось первым шагом в реализации веб-приложения.

Далее следует разработка серверной и клиентской частей приложения. Клиентская часть реализует пользовательский интерфейс, формирует запросы к серверу и обрабатывает ответы от него.



Серверная часть получает запрос от клиента, выполняет вычисления, после этого формирует веб-страницу и отправляет её клиенту по сети с использованием протокола HTTP и сохраняет все данные в определенном формате в файл для удобства дальнейшего анализа данных.

### Литература

1. Ермолова Н. Продвижение бизнеса в социальных сетях Facebook, Twitter, Google+. – М.: Альпина Паблишер, 2013. – 357 с.
2. Винник В.Д. Социальные сети как феномен организации общества: сущность и подходы к использованию и мониторингу // Философия науки. – 2012. – №4. С. 110-126.
3. ВКонтакте. Популярная российская социальная сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lenta.ru/lib/14204723>
4. GIL [Электронный ресурс] // Документация python. – Режим доступа: <https://clck.ru/QJEeH>
5. Django [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Django>

УДК 004

## АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ КОРОТКИХ ТЕКСТОВЫХ СООБЩЕНИЙ

### SENTIMENT ANALYSIS OF SHORT INFORMAL TEXTS

Оглезнева О.В.,  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
г. Киров, Российская Федерация

O.V. Oglezneva,  
FSBEI HE “Vyatka state university”,  
Kirov, Russian Federation

e-mail: [olya\\_oglezneva@mail.ru](mailto:olya_oglezneva@mail.ru)

**Аннотация.** Количество субъективного контента (в частности отзывов) в современном мире достигает больших объёмов, их обработка человеком не представляется возможной, в связи с чем актуальной является проблема автоматической обработки текстов. В статье рассматриваются методы анализа тональности текста с целью их сравнения, представлены результаты исследования на базе текстовых корпусов конференции по компьютерной лингвистике «Диалог 2016» – короткие текстовые сообщения социальной сети Twitter. В работе рассмотрены методы: логистическая регрессия, наивный байесовский классификатор, метод k ближайших соседей, деревья решений, метод опорных векторов, метод случайного леса, нейронные сети – многослойный перцептрон, модель LSTM и GRU. В работе также оценивается влияние компонентов модели, таких как векторизация входных данных с помощью моделей представления текста. Для модели Word2Vec проанализированы несколько существующих моделей (RusVectores). В результате исследования лучшее качество достигнуто при использовании нейронной сети GRU и модели представления текста Word2Vec (модель, обученная на корпусе WikiRuscorpora). Также определены виды

наиболее частых ошибок классификации – это орфографические ошибки и транслитерация, эмоциональное обсуждение нейтральных тем, редко употребляемые слова и слова с двойным смыслом.

**Abstract.** The number of subjective content (in particular reviews) in the modern world reaches large volumes, their human processing is not possible, and therefore the problem of natural language processing is urgent. The article compares the methods of sentiment analysis, presents the results of the research on the basis of text corpora of the conference on computer linguistics “Dialogue 2016” – short text messages from the social network Twitter. The following methods are considered: logistic regression, naive Bayes classifier, k-nearest neighbors, decision trees, support vector machines, random forest, neural networks – multilayer perceptron, LSTM and GRU models. The work also evaluates the influence of model components, such as input vectorization using text representation models. Several existing models for Word2Vec (RusVectores) are analyzed. As a result of the study, the best quality has been achieved using the GRU neural network and Word2Vec text representation model (model trained on WikiRuscorpora corpus). Types of the most frequent classification errors were also identified – spelling and transliteration errors, emotional discussion of neutral topics, rarely used words and words with double meaning.

**Ключевые слова:** анализ тональности текста, автоматическая обработка текста, Python.

**Keywords:** sentiment analysis, natural language processing, Python.

В связи с развитием различных интернет - сервисов, в которых можно выразить свое отношение к чему-либо, за последние годы произошло стремительное увеличение количества субъективного контента: сообщения в блогах и социальных сетях, отзывы и т.п. Количество таких отзывов может достигать сотен тысяч, а их обработка человеком не представляется возможной, в связи с чем существуют методы, способные автоматизировать данный процесс. Все вышеперечисленное делает актуальной задачу анализа тональности текста.

Анализ тональности текста позволяет извлечь из текста мнение автора в отношении определенной темы или цели [1]. В настоящее время существует множество исследований и практических реализаций для решения данной задачи, проводятся соревнования по выбору лучших моделей [3]. В связи с наличием большого числа разнообразных подходов и методов актуальной является проблема выбора наиболее эффективного метода.

*Целью данного исследования* является сравнение современных методов анализа тональности текстов на русскоязычных текстовых корпусах и анализ их эффективности.

*Объектом исследования* являются существующие популярные методы анализа тональности текста.

*Предмет исследования* – данные, предоставленные в рамках международной научной конференции по компьютерной лингвистике «Диалог 2016».

*Задачи исследования:*

- реализация нескольких методов анализа тональности текста;
- тестирование и сравнение выбранных методов на русскоязычных текстовых корпусах;
- анализ полученных результатов.

Анализ тональности текстов (англ. sentiment analysis) – это область компьютерной лингвистики, занимающаяся извлечением оценки авторов по отношению к объектам, речь о которых идёт в тексте [1]. Данное понятие впервые введено в обращение в 2002 г.

В качестве объектов тональной оценки могут выступать предметы, явления, события, личности, на которых направленно данное оценочное суждение. Субъектом тональности является автор такого суждения.

Формальная постановка задачи анализа мнений в текстах определяется понятием «мнение». В соответствии с [2] мнение  $o$ , выраженное в текстовом документе  $d$ , это

$$o(d) = (e, a_i, c, h, t),$$

где  $e$  – сущность (объект), по отношению к которой выражается мнение в текстовом документе  $d$ ;

$a_i$  –  $i$ -й аспект сущности (свойство объекта), по отношению к которому выражается мнение;

$c$  – тональность мнения по отношению к сущности  $e$ , представленная на заданной шкале тональности  $C$ ;

$h$  – выразитель мнения  $o$  (субъект), необязательно автор текста;

$t$  – время выражения мнения.

В работе были реализованы следующие методы анализа тональности текстов:

1) наивный байесовский классификатор (Naive Bayes Classifier, NBC) – простой и часто используемый вероятностный алгоритм классификации [1]. Модель использует теорему Байеса и предположение о статистической независимости признаков. Однако обычно в корпусах документов на естественном языке предположение о независимости не выполняется;

2) случайный лес (Random forest, RF) – ансамблевый метод машинного обучения, использующий композицию деревьев решений. Деревья в ансамбле строятся друг от друга независимо;

3) метод  $k$ -ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, kNN) – метод основан на оценивании сходства объектов с использованием функции расстояния между ними;

4) метод опорных векторов (Support Vector Machines, SVM) – один из наиболее эффективных методов классификации. Цель метода заключается в нахождении среди всех возможных гиперплоскостей пространства, отделяющих два класса обучающих примеров друг от друга, такой гиперплоскости, расстояния от которой до ближайших векторов обоих классов равны (оптимальная разделяющая гиперплоскость);

5) сети с долгой краткосрочной памятью (Long Short Term Memory, LSTM) являются разновидностью рекуррентных нейронных сетей (RNN). RNN – это искусственные нейронные сети, в которых связи между нейронами могут идти от нейрона к «самому себе», точнее, к предыдущему значению самого этого нейрона или других нейронов того же слоя [4, с.233]. Рекуррентные связи позволяют сети хранить информацию о своих предыдущих состояниях и учитывать ее при прогнозировании выхода. Основной проблемой при обучении RNN является проблема затухания градиента, которая возникает из-за использования алгоритма обратного распространения ошибки. Для решения данной проблемы используют, к примеру, модели LSTM и GRU. В LSTM сети, в отличие от классической RNN, рекуррентный слой выполняет ряд дополнительных операций для хранения долгосрочных зависимостей;

6) управляемые рекуррентные нейроны (Gated Recurrent Units, GRU) – это вариация предыдущей сети. Основное отличие модели GRU от LSTM в том, что GRU

быстрее и проще в использовании (однако обладает несколько меньшими возможностями).

Для оценки качества результатов и сравнения различных методов в данной работе применяется F1-мера.

Эксперименты проводятся на данных открытых тестирований по автоматическому анализу тональности сообщений на русском языке сети Twitter о банках и телекоммуникационных компаниях.

Данные были представлены на соревновании, проводимого в рамках международной научной конференции по компьютерной лингвистике «Диалог 2016» [3].

Входные данные представляют собой XML-файл, содержащий выгруженные из Twitter сообщения на русском языке с экспертной разметкой по тональности.

Каждая запись содержит дату, текст сообщения, а также оценки эмоциональной окраски сообщения по отношению к восьми крупным банкам и семи телекоммуникационным компаниям.

Таблица 1. Информация по исходным данным

Корпус	Количество документов	Число (доля) положительных отзывов, %	Число (доля) нейтральных отзывов, %	Максимальная длина твита
Текстовые корпуса о банках				
bank_train_2016	10 725	760 (7%)	7 158 (26%)	40
bank_test_2016	3 418	318 (9%)	2 316 (23%)	39
Текстовые корпуса о телекоммуникационных компаниях				
tkk_train_2016	9209	1 387 (15%)	5 213 (57%)	58
tkk_test_2016	2460	231 (9%)	1 062 (43%)	31

Важным вопросом при текстовой классификации является выбор модели представления текста. Для преобразования текстов использовались следующие модели:

- Bag of words (BoW);
- TF-IDF;
- Word2Vec.

В этих моделях текст представляется в виде вектора, числовые компоненты которого обозначают вес определенного слова.

Для построения моделей с использованием Word2Vec применялись существующие модели RusVectores [5].

– *Ruscorpora\_mystem\_cbow\_300\_2\_2015* – модель в открытом доступе, обучалась на Национальном корпусе русского языка (НКРЯ). Корпус содержит 107 млн. слов.

– *Ruwikiruscorpora\_mystem\_cbow\_500\_2\_2015* – модель в открытом доступе, обучалась на объединенных корпусах: НКРЯ и русская Википедия. Корпус содержит 280 млн. слов.

Перед построением каждой модели текстовые документы подвергались первичному, морфологическому (лемматизация текста твитов с использованием парсера *Mystem*) и постморфологическому анализу – удаление ссылок и отметок пользователей.

Для реализации вышеописанных методов используются классы, входящие в состав библиотеки *scikit-learn*.

Для построения моделей нейронных сетей исследовались следующие архитектуры:

1) многослойный перцептрон (Multilayer Perceptron, MLP) – состоит из одного скрытого слоя с тремя нейронами и активационной функцией *softmax*, которая предсказывает вероятность тональных классов;

2) LSTM – в нее входят 2 LSTM слоя и выходной слой с 3 нейронами с активационной функцией *softmax*. Каждый слой LSTM состоит из 200 нейронов и тангенсальной активационной функцией;

3) GRU – архитектура данной нейронной сети похожа на предыдущую модель, но вместо нейронов LSTM используются нейроны GRU.

Все модели обучались с использованием функции оптимизации *Adam*.

Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследования

	TFidf	BoW	Word2Vec		Banks		Telekom	
			Ruscorpora	Wiki Ruscorpora	f1 micro	f1 macro	f1 micro	f1 macro
LogReg	+				0,4600	0,3492	0,6645	0,4241
LogReg		+			0,4581	0,3300	0,6302	0,4176
kNN	+				0,4365	0,3358	0,6406	0,4234
kNN		+			0,4381	0,3187	0,6752	0,4765
SVM	+				0,4639	0,3248	0,6898	0,5780
SVM		+			0,4464	0,3410	0,6750	0,5691
RF	+				0,4807	0,3922	0,6959	0,5344
RF		+			0,4441	0,3273	0,6567	0,5427
DT	+				0,4340	0,3531	0,6180	0,5251
DT		+			0,4054	0,3347	0,6498	0,5994
MLP			+		0,4358	0,3406	0,6127	0,5791
MLP				+	0,4768	0,3917	0,6329	0,5791
LSTM			+		0,5409	0,5244	0,6578	0,5473
LSTM				+	0,5417	0,5220	0,6924	0,5572
GRU			+		0,5593	0,5355	0,6806	0,5573
<b>GRU</b>				+	<b>0,5642</b>	<b>0,5397</b>	<b>0,7044</b>	<b>0,5669</b>

В ходе исследований модель представлений TF-IDF показала себя лучше, чем BoW (значения метрики качества  $F_1$  на 1-2% ниже), при этом наилучшие результаты продемонстрировала модель RF. Несколько хуже показала себя модель SVM (значения метрики качества  $F_1$  на 1-2% ниже, чем RF). Результаты данного исследования подтверждают результаты соревнования, проводимых в рамках конференции «Диалог 2016» [3].

При тестировании модели Word2Vec лучшую точность показала модель, обученная на корпусе WikiRuscorpora. Данный результат может объясняться тем, что корпус данной модели почти в 3 раза больше, чем у корпуса Ruscorpora. При тестировании нейронных сетей лучшее качество достигнуто при использовании модели GRU.

Также в ходе работы был проведен анализ записей, по которым модели допускали ошибку. Определены следующие виды наиболее частых ошибок классификации:

- орфографические ошибки и транслитерация;
- эмоциональное осуждение нейтральных тем;

– редко употребляемые слова и слова с двойным контекстом.

Ниже приведены примеры таких записей.

1) «Билайну труба короче» – слово «труба» содержит негативное значение, неизвестное классификатору.

2) «Самый безалаберный банк!» – слово «безалаберный» редко употребляется в речи, поэтому данное сообщение было классифицировано неверно.

3) Такие слова как, к примеру, «ацтой» (отстой), «прохо» (плохо), чорд (чёрт) и т.п. не были определены классификатором, хотя их орфографически правильные версии указывают на негативную окраску сообщения.

4) «Билайн. Дисконнектинг пипл.» содержит слова, имеющие негативную окраску на английском языке, но отсутствующие в русскоязычном словаре.

В результате классификатор посчитал эти записи нейтральными, тогда как эксперт отметил бы их как негативные.

### **Выводы**

В ходе работы был проведен обзор и сравнение методов, используемых в задаче тональности текста; реализованы модели определения тональности текста на основе 8 методов (логистической регрессии, наивного байесовского классификатора, метода k ближайших соседей, деревьев решений, метода опорных векторов, метода случайного лева, нейронных сетей – многослойного персептрона, моделей LSTM и GRU).

В результате исследования лучшее качество достигнуто при использовании нейросетевой модели GRU и модели представления текста Word2Vec, обученной на корпусе WikiRuscorpora.

Также проведен анализ ошибок, выделены основные причины неверной классификации.

Разобранные методы применяются для автоматического анализа социальных медиа, а также в мониторинговых системах онлайн-СМИ.

### **Литература**

1. Котельников Е.В. Методология анализа мнений при обработке текстовой информации на основе правдоподобного вывода: дис. д-ра техн. наук / НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 05.13.17. – Нижний Новгород, 2019.

2. Liu B. Sentiment Analysis and Opinion Mining // Synthesis Lectures on Human Language Technologies. 2012. Vol. 5(1).

3. Loukachevitch N.V., Rubtsova Y.V. SentiRuEval-2016: Overcoming Time Gap and Data Sparsity in Tweet Sentiment Analysis // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference “Dialogue 2016”, 2016.

4. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018.

5. Векторные модели представления текста. URL: <https://clck.ru/PSvZP> (дата обращения 01.03.2020).

## СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

UDC 004.624

### TRANSFER OF DATA ON MOVING BUSES FROM EXTERNAL SERVICES TO THE BUSTRONIC SYSTEM

### ТРАНСФЕР ДАННЫХ О ДВИЖУЩИХСЯ АВТОБУСАХ ИЗ ВНЕШНИХ СЕРВИСОВ В СИСТЕМУ BUSTRONIC

R.A. Yuzlibaev,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

Юзлибаев Р.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

e-mail: rustem.yuzlibaev@yandex.ru

**Abstract.** Aim of this text is to provide information on transporting data from multiple resources to the Bustronic system via continuous connection between providers, data server and analytics server. Throughout the research it was examined different approaches to nonstop data delivery in two generally accepted ways: HTTP and WebSocket connections. The idea to use divers protocols for one task is the inability to connect through WS connection to providers as they do not expose this type of connection publicly. The goal is first to collect real-time data via HTTP protocol, second to parse and bring it into one single format and finally transfer formatted data to the analytics server that makes decisions based on the coming datasets. As a result, it was established a persistent communication channel between the servers and implemented continuous data flow across them. The following content emphasizes the technical part of the process.

**Аннотация.** Целью этого текста является предоставление информации о транспортировке данных из нескольких ресурсов в систему Bustronic через постоянное соединение между поставщиками, сервером данных и сервером аналитики. В ходе исследования были рассмотрены различные подходы к непрерывной доставке данных двумя общепринятыми способами: соединения HTTP и WebSocket. Идея использования различных протоколов для одной задачи заключается в невозможности подключения через WS-соединение к провайдерам, поскольку они не предоставляют этот тип соединения публично. Цель состоит в том, чтобы, во-первых, собрать данные в реальном времени по протоколу HTTP, во-вторых, проанализировать и привести их в единый формат и, наконец, передать отформатированные данные на сервер аналитики, который принимает решения на основе этих наборов данных. В результате был установлен постоянный канал связи между серверами и реализован непрерывный поток данных по ним. Нижеследующее содержание делает акцент на техническую часть процесса.

**Keywords:** real-time data, WebSocket Protocol, handshaking, HTTP, city transport service, bus-stops, data stream pipeline, bidirectional and event-based communication, REST architecture.

**Ключевые слова:** данные в реальном времени, WebSocket протокол, подтверждение связи, городской транспорт, автобусные остановки, поток данных, двунаправленная и событийная связь, REST архитектура.

### *Introduction*

As of today, the current city transport service is not managing route traffic to the full extent. As there is not enough number of vehicles to carry people to all of the destinations, the individual entrepreneurs have gained the marked share. But even on this condition, people often encounter situations on which they come to a bus-stop and wait much time for a particular route vehicle. While coming, it's usually very crowded with people because of poor distribution across the route. Citizens are not willing to wait any longer and get on the first bus they see. As a rule, after a minute (or even a few seconds) a vehicle with the same route number is coming which is practically empty. To avoid such situations many drivers are using instant messaging services or just talking on the phone while they drive and accept payments. Regardless, that's leading to many high-risk situations. It's being done to determine where their closest competitors are. These drivers overtake other drivers since they assume they can pick up many people before the others do.

Seeing that drivers do not have a full coverage of the route network to keep track of movements of all these buses on a map, there is a need to collect more real-time data and transfer it to analytics server that makes decision based on this data. By doing so, it is possible to somehow coordinate their actions (e.g. whether the driver can go faster or should slow down a bit). It is recommended to have multiple sources as a vehicle may be listed at one provider but not at the other. And the more analytics server has data, the easier it is to map out these shuttle buses having comprehensive picture about tracking these vehicles.

For the purpose of establishing communication channel between participants it is chosen two conventional approaches: via HTTP and WebSocket protocols. The former is used to grab the data from providers that share coordinates of the vehicles. The latter is for transferring already parsed data to the analytics server.

### *Design*

It is important to realize that server is working with large and ever-changing datasets. For this reason, the programming language should handle many incoming and outgoing requests/responses. A good candidate for that is Node.js, a runtime environment, which executes JavaScript code on a server side. The subsequent modules will be built around this platform. The next library which is the core integral part that enables bidirectional, event-based, real-time communication is Socket.io library module. It is used to emulate the behavior of the WebSocket protocol.

A great deal of research is patently dedicated to WebSocket protocol. The WebSocket protocol permits two-way binding between a client running upon the network and an outlying host. The protocol comprises an opening handshake followed by 'hello'-message, sent over TCP connection. Its purpose is to improve and eventually replace longstanding technologies such as long polling, HTML body POST/GET-forms, XMLHttpRequest and any other method that requires one-off way of data delivery one at a time. In this scenario, there is no need to poll the HTTP-server for updates which is apparently resulting in overload on a server-side. Let us state these problems more substantively:

- The remote host is forced to open a bunch of single TCP connections for each client: the initial is for sending request to the client-side and the rest is for each broadcasted response;
- HTTP itself has a high overhead to make up for connectionless data delivery;
- The initiator of the request is compelled to maintain mappings from the outgoing invocations to the incoming invocations to keep track of response body header;



The much simpler avoidance would be using a dedicated TCP-connection for bidirectional traffic. It eliminates HTTP polling technique for two-way binding connection.

Such practical and convenient protocol can be applied for a variety of web engagements: document storage with simultaneous editing, stock trading, multiplayer computer games, data broadcasting to multiple users, chats, social media services and so on.

The substantive and integral part is in the way of how two remote hosts establish the connection. Once they have both sent their handshakes which represent first-ever request to the other side asking for now via HTTP “do you support WS connection”, and if the answer was successful, then the data communication starts. This WS handshaking picture below provides information on how data Server and analytics server establish persistent connection for consequent data transferring back and forth.

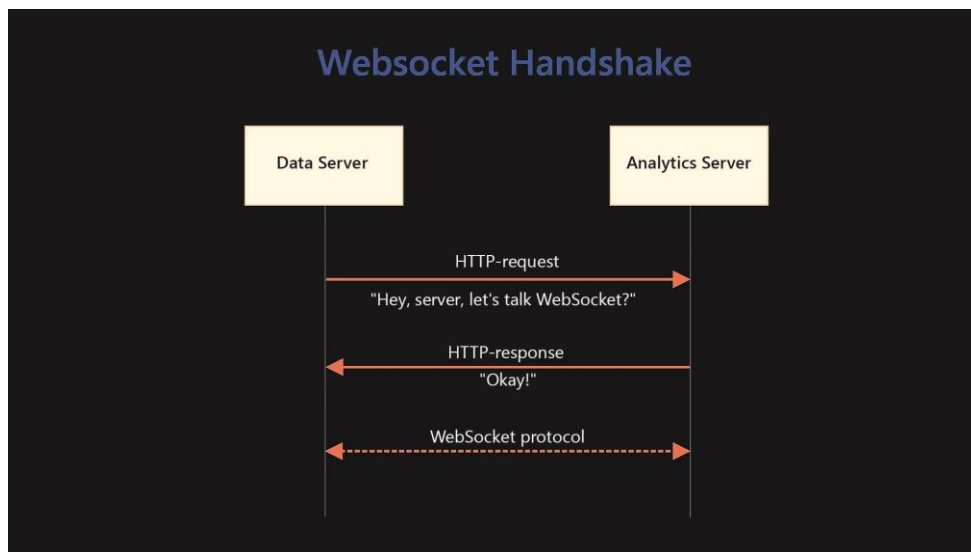


Figure 1. WebSocket Handshaking

Not small part of the module is built in compliance with REST architecture. Such pattern is used at the periphery between provider which offers real-time datasets and data server which parse by bringing it to a single format. Because of the fact that WebSocket connections are not publicly available to use, it is necessary to communicate through HTTP protocol, one of the essential conditions for REST architecture. The others are as follows:

- Model is client-server;
- Server does not save state of the client;
- Use of request methods of HTTP protocols and its status;
- URL is substantial; based on URL server know what to add, delete, update, etc;
- Caching.

After building the backend part of the application, it is equally important to provide a friendly user interface for setting up required options. On this layer it is potential to configure the number of requests per time period needed to sustain analytics server with the data. Thus reducing or increasing the overload on a server side. Moreover, it can be added ability to change city, route numbers to be sent or shut down server completely.

### *Functional Modeling*

In order that the module being examined has holistic view it is absolutely necessary to grasp the main components involved. Below is UML Sequence Diagram which depicts interaction mechanisms between working entities. They communicate through either HTTP

Protocol (as clearly shown in step 1 and 2 when grabbing the raw data from the Provider) or through WebSocket connection (as shown in step 3, 4 and 5).

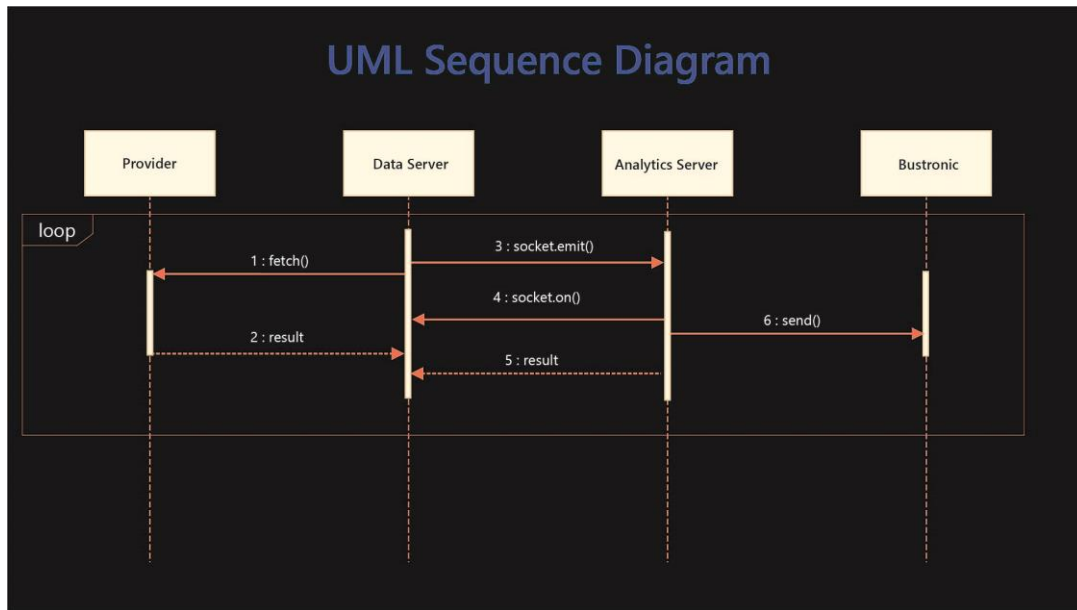


Figure 2. Interacting components

These steps represent the actual methods calls that run programmatically on a hosting machine.

The first component is Provider, an abstract component. It could be whatever resource that shares real-time coordinates of the vehicles. Given the circumstances that a particular vehicle may be listed at one provider but not at the other, it would be better off to have multiple sources of information besides reasonably practicable to take into account that the server-side code should be easily adjustable and expandable for future use.

The second component is Data Server, the intermediary node. Its main purpose is to request up-to-date data at interval defined on server side. This interval may vary widely depending on the giver computing power. So, the obvious finding is the few requests per time span, the easier it is to handle coming load non-blocking the other requests. Once data is received through ‘fetch()’ call, it is in need to be processed by filtering out fields whose values are not playing big role in further computations. For that purpose, it is used widely acknowledged npm module – Lodash.

```

// importing module
const _ = require('lodash');

// iterating over vehicles array
vehicles.map(vehicle => {
    parsed.push(_.pick(vehicle, requiredKeys));
});
    
```

Figure 3. Filtering unused fields

Now, this formatted data (parsed array) needs to be broadcasted to the next component. The most convenient solution is to transfer via WS protocol described thoroughly in Design topic.

The following component is the Analytics Server which makes decision based on coming datasets. The dialogue is opening through WS connection mentioned earlier. Then, friendly-user instructions are ultimately coming to the actual drivers on the roads.

### **References**

1. The WebSocket Protocol (RFC 6455), p. 1, 4-7 available at <https://tools.ietf.org/html/rfc6455>
2. WebSocket web-page article, Ilya Kantor, last updated at 28<sup>th</sup> November 2019, available at <https://javascript.info/websocket>
3. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1 (RFC 2616), p. 1, 7-14, available at <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>
4. Lodash documentation, available at <https://lodash.com/docs/4.17.15#pick>

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004:002.66

### АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНЦЕПЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

### ANALYSIS OF MODERN CONCEPTS OF ENTERPRISE MANAGEMENT USING INFORMATION SYSTEMS

Сладкова М.Ю.,  
Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова,  
г. Атырау, Казахстан

M.Y. Sladkova,  
Atyrau State University named after H. Dosmukhamedov,  
Atyrau, Kazakhstan

e-mail: Sladkova.marina@mail.ru

**Аннотация.** При рыночной экономике огромную роль играет автоматизация по обработке информации. Самое важное условие эффективного управления – это грамотно выполненная обработка информации, а особенно оперативной. Также одним из условий своевременного и точного исполнения расчетов выступает повсеместное использование компьютерной техники. Производство компьютерной техники высоко конкурентный бизнес. Важно использовать любую возможность для оптимизации процесса производства и управления складскими запасами. Целостная система разрешает вводить данные один раз и в дальнейшем применять в разных видах учета и операций. Централизованная автоматизированная система поддерживает общее хранилище информации, что предоставляет возможность создавать сводные отчеты и выдает интересующую руководителя информацию. С огромным ростом популярности вычислительных систем, появилась идея применять их возможности для дальнейшего планирования деятельности предприятия, а именно для планирования производственных процессов.

**Abstract.** In a market economy, information processing automation plays a huge role. The most important condition for effective management is a well-executed processing of information, and especially operational. One of the conditions for the timely and accurate execution of settlements is the widespread use of computer technology. The production of computer equipment is a highly competitive business. It is important to use every opportunity to optimize the production process and manage inventory. A holistic system allows you to enter data once and then apply it in different types of accounting and operations. The centralized automated system maintains a common information storage, which provides the ability to create summary reports and provides information of interest to the head. With the huge growth in popularity of computing systems, the idea came up to use their capabilities for further planning of the enterprise, namely for planning production processes.

**Ключевые слова:** MRP-системы, оптимизированный график, планируемый период, цикл функционирования, страховой запас, результат, исполнительный отчет.

**Keywords:** MRP-systems, optimized schedule, planning period, operation cycle, safety stock, result, executive report.

Система управления предприятием обязана основываться на современных методах управления и современных информационных технологиях, которые в свою очередь дают поддержку создания и принятия управленческих решений. Понимая этот факт, руководители предприятий во всем мире, проявляют неподдельный интерес к компьютерным интегрированным системам, которые автоматизируют управление ресурсами предприятия в пределах самой распространенной концепции (MRP, MRPII, ERP, CSRP) и имеющим реальную возможность предоставить эффективную работу предприятия.

Методология MRP разрабатывалась в 60-х годах под влиянием целого комплекса факторов. Послевоенное оживление экономики выдвинуло на повестку дня задачу эффективного управления себестоимостью продукции. В ответ на это активизировались исследования в области математической экономики, которые столкнулись не только с методологическими трудностями, но и с техническими проблемами: нужно было за разумное время уметь учитывать огромное множество параметров. С развитием вычислительной техники эти проблемы были преодолены. В результате появились первые автоматизированные системы планирования – системы планирования материальных ресурсов, MRP-системы.

Первые системы были ориентированы на работу с материалами ввиду того, что управление материальными ресурсами – одна из важных областей планирования. Успешное функционирование промышленного предприятия напрямую зависит от того, насколько хорошо и ритмично оно снабжается сырьем или комплектующими, насколько рационально используются складские площади, и, наконец, насколько тесно объемы выпуска связаны с заказами клиентов или потребностью рынка. Изменение оптимального соотношения любой из этих составляющих приводит к возникновению проблем, а именно систематические перебои с поставками сырья приводят к простоям оборудования и как следствие снижению выпуска продукции; поступление большего, чем необходимо, количества материалов повлечет потери в виде избыточных запасов на складах.

Проблема присутствия нужных материалов и комплектующих в необходимое время, то есть в нужном месте и в нужном количестве актуальна для крупных сборочных производств, где остановка конвейера недопустима. Методология MRP и соответствующие программные решения под такие производства именно и разрабатывалась.

MRP-система выступает как интегрированная электронная информационная система управления, которая реализует концепцию MRP.

Итак, методология MRP предназначена для реализации следующих целей:

- оптимизировать поступление материалов и комплектующих в производство, а также полностью исключить простой оборудования из-за не поступивших вовремя комплектующих и материалов;
- на складах сырья и готовой продукции минимизировать запасы.

Таким образом, закупка материалов и комплектующих всего периода планирования автоматически распространяются по плановым периодам (например, дням), таким образом, что объем и время закупок высчитываются так, чтобы в определенный плановый период на предприятие приходило именно необходимое

количество материалов и комплектующих, то есть столько сколько необходимо производству в данном плановом периоде.

Основные входные элементы MRP-системы:

1) Inventory Status File – инструкция по описанию состояния материалов Где отражается максимально полная информация обо всех материалах -комплектующих, которые необходимы для реализации готового продукта. В данном элементе необходимо указать статус каждого материала, который определяет, существует ли он на руках, на складе, в текущих заказах или его заказ только необходимо спланировать, а также, конечно, описание его запасов, расположения, возможных задержек поставок, цены, реквизитов поставщиков. Уведомление по всем позициям, которые я перечислила должны быть заложены по каждому материалу, участвующему в производственном процессе отдельно.

2) Master Production Schedule – объемный план-график производства. Он выступает как оптимизированный график по распределению времени, за планируемый период, для производства партии готовой продукции (диапазон периодов). Если ряд материалов не доступен, то MRP-система сообщает о необходимости занесения в программу производства изменений, т.е. корректировки.

3) Bills of Material File – перечень комплектующих конечного продукта. Сюда можно отнести список материалов и их количество, которое необходимо для производства конечного продукта. Весь конечный продукт состоит из перечня своих составляющих. Тут же присутствует отображения структуры конечного продукта (полная информация по технологии сборки). Неимоверно важно следить за точностью всех записей в данном элементе и конечно корректировать их при изменении структуры и/или технологии производства конечного продукта.

Все эти входные элементы в совокупности образуют собой компьютерный файл данных, который используется MRP-программой. В данный момент MRP-системы исполнены на самых различных аппаратных платформах и выступают в качестве модулей в большинстве финансово-экономических систем.

Основной цикл функционирования MRP-системы включает в себя следующие основные этапы:

1) В первую очередь, MRP-система при анализе принятой программы производства, определяет оптимальный график производства на планируемый период.

2) Материалы, которые не включены в производственную программу, но присутствуют в текущих заказах, заносятся в планирование отдельным пунктом.

3) Исходя из утвержденной программы производства, а также заказов на комплектующие, которые не входят в нее, для любого отдельно взятого материала рассчитывается вся потребность в полном соответствии со списком составляющих конечного продукта.

4) Исходя из полной потребности, принимая во внимание текущий статус материала, для любого периода времени и для любого материала рассчитывается чистая потребность по формуле:

$$\text{Чистая потребность} = \text{Полная потребность} - \text{Инвентаризовано на руках} - \\ - \text{Страховой запас} - \text{Зарезервировано для других целей.}$$

5) При условии, что чистая потребность в материале больше нуля, тогда системой автоматически формируется заказ на материал.

6) Принимаются во внимание все заказы, сформированные раньше текущего периода планирования, и в них, при возникновении необходимости, заносятся изменения, для предотвращения преждевременных поставок и задержек поставок.

Так в результате работы MRP-программы выполняется ряд изменений в уже имеющихся заказах и, а при необходимости, формируются новые для оптимального развития производственного процесса. Данные изменения автоматически формируют Описание Состояния Материалов потому, что формирование, отмена или модификация заказа, непосредственно влияют на статус материала, к которому он принадлежит. В ходе работы MRP-программы формируется план заказов на любой отдельный материал и на весь период планирования, выполнение которого нужно для поддержки программы производства.

Главными результатами MRP-системы являются:

1) Planned Order Schedule (План Заказов), который определяет, сколько каждого материала должно быть заказано в любой рассматриваемый период времени в период срока планирования. В свою очередь, план заказов выступает руководством при дальнейшей работе с поставщиками. К тому же, определяет производственную программу для внутреннего производства комплектующих если таковые присутствуют.

2) Changes in planned orders (Изменения к плану заказов) – это модификация к уже запланированным заказам. Кое-какие заказы возможно отменить, изменить или задержать, а также перенести на другой период.

Кроме того, MRP-система обеспечивает формирование некоторых второстепенных результатов в виде отчетов, цель которых состоит в том, чтобы обратить особое внимание на “узкие места” на всем протяжении планируемого периода, а именно те промежутки времени, когда необходим дополнительный контроль за всеми текущими заказами, а также для своевременного извещения о возникающих системных ошибках при работе программы. Таким образом, MRP-система обеспечивает формирование следующих дополнительных результатов-отчетов:

1) Exception Report (Отчет об “узких местах” планирования) предназначается для заблаговременного информирования пользователя о тех промежутках времени в течение срока планирования, которые заслуживают особого внимания, и в которых может случиться необходимость внешнего управленческого контроля и вмешательства. Стандартными примерами ситуаций, которые обязаны отражаться в этом отчете, могут выступать запоздавшие заказы на комплектующие, которые не были запланированы, т.е. избытки комплектующих на складах и так далее.

2) Performance Report (Исполнительный отчет) выступает основным индикатором корректной работы MRP-системы и включает в себя цель оповещения пользователей о свершившихся критических ситуациях, именно в процессе планирования (например, израсходование страховых запасов по конкретным комплектующим, а также обо всех появляющихся системных ошибках в процессе работы MRP-программы.

3) Planning Report (Отчет о прогнозах) который предоставляет информацию, которая используется для формирования прогнозов о будущем возможном изменении объемов и основных характеристик выпускаемой продукции, которая получается при проведении анализа текущего хода производственного процесса, а так же отчетах о продажах. Примем, отчет о прогнозах может применяться для долгосрочного планирования количества необходимых материалов.

Поэтому, применение MRP-системы для планирования производственных потребностей дает возможность существенно оптимизировать время поступления каждого материала, что значительно снижает складские издержки и облегчает ведение производственного учета. Но, среди пользователей MRP-программ имеется разногласия по поводу расхода страхового запаса для каждого материала.

Предпочитающие использовать страховой запас доказывают, что он необходимо из-за того, что очень часто схема доставки грузов не является надежной, и возникшее, в

результате возникновения различных факторов, а также полное израсходование всех запасов на любой материал, автоматически приводит к остановке всего производства, значит в результате выйдет дороже (в разы), чем постоянно контролируемый его страховой запас.

Те, кто против применения страхового запаса констатируют, что его отсутствие выступает как одна из главных особенностей концепции MRP, так как MRP-система предусматривает гибкое отношение к внешним факторам, своевременно добавляются поправки к плану заказов, и в том случае, когда получаются непредвиденные и неустраняемые задержки поставок. Как правило, в реальной ситуации, вторая точка зрения реализуется именно для планирования потребностей при производстве изделий, потребность на которые относительно контролируем и прогнозируем, и объем производства устанавливается в производственной программе неизменным в течение некоторого, относительно длительного периода.

Следует отметить, что в казахстанских условиях, задержка процессов поставки – это скорее правило, чем исключение, поэтому на практике рекомендуется использовать планирование с учетом страхового запаса, причем объемы будут установлены в каждом конкретном случае [6, 7].

Даже при поверхностном обзоре методологии MRP видны ее недостатки. Во-первых, отсутствует контроль над выполнением плана закупок и механизм корректировки данного плана в ходе возникновения ситуаций, которые мешают его корректному исполнению. Таким образом, сгенерированные MRP-модулем заказы может стать, что окажутся нереализованными, а это в свою очередь потребует уточнения уже сформированного им плана закупок. Следует обратить внимание, что ни регистрация сбоев в исполнении плана поставок, ни уточнение плановых заданий в MRP-модуль не заложены. Перезапускать MRP-цикл каждый раз при нахождении нарушений неэффективно, потому что это занимает достаточно много времени и приводит к расходам ресурсов.

Во-вторых, происходит строго ограниченный учет всех производственных факторов. Так детальное планирование материальных потребностей не может в полной мере обеспечить эффективное исполнение производственного плана. Кроме того, нужно еще оценить, а достаточно ли для этого производственных мощностей, финансовых и трудовых ресурсов. Одного материального учета мало так еще для управления себестоимостью продукции (одна из целей разработки MRP-методологии): необходимо проанализировать и прочие факторы производственного процесса.

К недостаткам методологии MRP можно отнести направление ее дальнейшего развития. Создаются новейшие концепции планирования, так или иначе применяющие идеи, уже заложенные в MRP: CRP (Capacity Requirements Planning, планирование потребности в мощностях), Closed Loop MRP (планирование потребностей в материалах в замкнутом цикле).

Распространение информационных технологий намного улучшает применение всех ресурсов организации, увеличивает ее гибкость и адаптируемость к колебаниям внешней конъюнктуры, качество принимаемых решений и, как следствие, выполняет более высокую конкурентоспособность.

## **Выводы**

Потребность в планировании определена тем, что основная часть задержек в процессе производства напрямую связана с задержкой поступления отдельных комплектующих, и как правило, из-за этого параллельно с падением эффективности производства, на складах появляется избыток материалов, которые поступили в срок или ранее предусмотренного срока. Так же, из-за нарушения баланса поставок



комплекующих, появляются дополнительные осложнения, которые связаны с учетом и отслеживанием их состояния в ходе производства, то есть практически невозможно было выяснить, например, к какой партии относится данный составляющий элемент в уже собранном готовом продукте. Так с целью исключения подобных проблем, была спроектирована методология планирования потребности в материалах Material Requirements Planning (MRP).

### Литература

1. Гвоздева В.А. Лаврентьева И.Ю. Основы построения автоматизированных информационных систем: учебник. – М.: ИД «Форум»: Инфра-М, 2007. – 320 с.
2. Сладкова М.Ю., Жукова Т.А. Проектирование автоматизированной системы для сборки компьютеров Материалы городской студенческой научно-практической конференции «Инновации и современность», Шымкент, ун-т «Мирас», 2015.
3. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем. – М.: ИНТУИТ.ру, 2005. – 296 с.
4. Леоненков А.В. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с использованием UML и IBM Rational Rose. – М.: ИНТУИТ.ру, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 320 с.
5. CASE-технологии. / [Электронный ресурс] / Автор не указан. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://library.fentu.ru/book/iu/11/case.html>.
6. Шумаков П.В. Delphi 7 и разработка приложений баз данных. – М.: «Нолидж», 2011. – 704 с., ил.
7. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. [Электронный ресурс] / Автор не указан. Электрон. Текстовый дан. Режим доступа: <https://clck.ru/PT3gG>.

## СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056.5

### ОЦЕНКА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

### EVALUATION OF A COMPREHENSIVE INDICATOR OF THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION SECURITY IN AUTOMATED AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS

Крючков Д.К., Емельянов В.Е.,  
Московский государственный технический университет гражданской авиации,  
г. Москва, Российская Федерация

D.K. Kryuchkov, V.E. Emelyanov,  
Moscow State Technical University of Civil Aviation,  
Moscow, Russian Federation

e-mail: likvi2014@ya.ru

**Аннотация.** Современная организация Автоматизированных систем организации воздушного движения – АС ОрВД требует наличия комплексной системы защиты информации (КСЗИ) – это полноценная система, в основе которой лежат, как инженерно-технические аспекты, так и организационно правовые, основной функционал которых направлен на непрерывное обеспечение основных свойств информации, то есть ее целостности, доступности и достоверности. Ее особенность в том, что данная система выполняет свой функционал на всех уровнях АС ОрВД, способна решать проблемы любого рода самостоятельно и действует преимущественно автономно. Очень важно понимать, насколько та или иная КСЗИ способна защитить информацию. Важно иметь некую оценку, использование которой давало бы понимание эффективности КСЗИ, возможность сравнить ее с другой системой либо же ее вариацией. Однако оптимального алгоритма определения степени защищенности на данный момент не существует. Данная статья предлагает рассмотреть общий подход к показателям эффективности защиты информации, выявить их теоретические и практические аспекты, и предложить механизм их различия. Также предложен алгоритм расчета комплексного показателя эффективности защиты информации на основании комбинации этих двух составляющих на примере АС ОрВД.

**Abstract.** The modern organization of Automated Air Traffic Management Systems – AAT M systems requires an integrated information protection system (CSSI) – this is a complete system based on both engineering and organizational aspects, legal and organizational, the main functionality of which is aimed at the continuous provision of the basic information properties, that is, its integrity, accessibility and reliability. Its peculiarity is that this system performs its functionality at all levels of the AAT M system, is capable of solving problems of any kind on its own and operates primarily autonomously. It is very important to understand how one or another CSSI can protect information. It is important to have some kind

of assessment, the use of which would give an understanding of the effectiveness of CSSI, the ability to compare it with another system or its variation. However, at the moment there is no optimal algorithm for determining the degree of security. This article proposes to consider a general approach to information protection performance indicators, identify their theoretical and practical aspects, and propose a mechanism for their differences. An algorithm is also proposed for calculating a comprehensive indicator of the effectiveness of information protection based on a combination of these two components using the example of an AAT M system.

**Ключевые слова:** защита информации, информационная безопасность, показатели эффективности защиты информации, автоматизированные системы организации воздушного движения, комплексная защита информации.

**Keywords:** information security, information security performance indicators, automated air traffic management systems, comprehensive information protection.

Согласно ГОСТ Р 50992-96. «Защита информации. Основные термины и определения» [2] защита информации (ЗИ): «Деятельность, направленная на предотвращение утечки защищаемой информации, несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию».

Исходя из определения можно выделить три основные функции КСЗИ:

- предотвращение утечек,
- защита от несанкционированных воздействий,
- защита от непреднамеренных воздействий.

Степень реализации каждой функции можно определить как показатель эффективности (ПЭ) КСЗИ. А комплексный показатель эффективности КСЗИ – как «Защищенность».

Суммарная оценка ПЭ состоит из теоретического и практического аспектов.

К теоретическому относится набор компонентов, их взаимосвязи, предполагаемый функционал, а также схема рабочего процесса, необходимые для обеспечения нужной степени исполнения задачи.

Практический аспект является отражением реальной способности КСЗИ выполнять требуемые функции как в обычных для нее условиях, так и в критических.

Как правило, практический аспект дает наиболее близкую к реальной оценку. Данный аспект рассматривается при проведении испытаний, а также во время эксплуатации самой системы.

Рассмотрим определенные выше ПЭ. Для оценки теоретического аспекта каждого показателя предполагается использовать лингвистическую переменную для удобства интерпретации, значение которой в реальных условиях может иметь как конкретное число, так и соответствовать определенному диапазону. Определим следующие лингвистические переменные: «Выс» – «высокая», «Средн» – «средняя», «Низк» – «низкая» (таблица 1).

Попробуем оценить теоретический показатель по основным функциям КСЗИ для АС ОрВД, определенную в РШПИ.461214.017 РЭ [3].

Для выполнения определенных ранее функций системы защиты информации в документации указаны два программных комплекса, «Сфера» и «Барьер-УВД 2», которые являются основой качественной работы системы.

Также в документации расписан их полный функционал, составные компоненты, правила эксплуатации и схема организации работы.

Таблица 1. Справка по выставлению оценок

Набор требований	Оценка
Наличие всех компонентов и нужного функционала для реализации нужной задачи. Теоретические проработаны сценарии атак. Наличие полной документации и справочной информации для персонала.	Выс
Нечеткость или частичное отсутствие некоторых моментов из предыдущего пункта.	Средн
Полное отсутствие одного или более моментов из первого пункта.	Низк

В соответствии с выделенными ранее требованиями в таблице 1, можно проставить следующие оценки в таблице 2.

Таблица 2. Оценка ПЭ КСЗИ для АС ОрВД

Функция	Оценка
Предотвращение утечек	Средн.
Защита от несанкционированных воздействий	Выс
защита от непреднамеренных воздействий	Выс

Данные программные комплексы в совокупности с дополнительными компонентами ориентированы на разграничение доступа к функционалу системы, управление пользователями, анализ и поиск угроз, экранированию. Выполнение данных задач реализует выполнение требуемых функций системы ЗИ.

После выставления всех оценок, каждой оценке ставится в соответствие число  $v$ , каждый полученный далее пункт можно умножить на соответствующий коэффициент важности  $s$  в диапазоне  $[0, 1]$ , который будет характеризовать различные особенности рассматриваемой системы.

В завершении необходимо сложить все полученные значения, определить их среднее, нормировать относительно некоторого максимального значения этих операций  $F_{max}$  (1).

$$K_{\text{теор}} = \left( \frac{1}{N} \sum_i^N v_i \cdot s_i \right) / F_{\text{max}}, \quad (1)$$

Теперь рассмотрим пример методики расчета практического аспекта. Один из основополагающих моментов для расчета, это вероятности.

Предположим, нам известны следующие значения:

- Вероятность возникновения определенного типа угрозы –  $p_{\text{уг}}$ ,
- Вероятность обнаружения угрозы –  $p_{\text{об}}$ .

Поскольку ни одна система не может обеспечить абсолютной безопасности, то добавим и вот такое значение:

- вероятность ликвидации угрозы –  $p_{\text{лик}}$

А теперь определим понятие риска, используя три предыдущих значения:

$$R = p_{\text{уг}} \cdot (1 - p_{\text{лик}} \cdot p_{\text{об}}), \quad (2)$$

Таким образом, риск будет увеличиваться при увеличении вероятности возникновения угрозы и уменьшении вероятностей обнаружения и устранения, что выглядит вполне естественно. Значения лежат в диапазоне  $[0, 1]$ .

Второй основополагающий момент, это время на различные процессы в системе, выделим интересующие нас значения [1]:

- время, необходимое злоумышленнику для осуществления задуманного  $t_{уг}$ ,
- время до обнаружения угрозы –  $t_{об}$ ,
- время, необходимое для ликвидации угрозы  $t_{лик}$ .
- 

Используя эти значения, определим понятие инерционности, то есть задержки реакции системы на угрозу (3):

$$\begin{cases} \text{если } t_{об} + t_{лик} - t_{уг} > 0, \text{ то } Z = \frac{t_{об} + t_{лик} - t_{уг}}{t_{об} + t_{лик}}, \\ \text{если } t_{об} + t_{лик} - t_{уг} < 0, \text{ то } Z = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

Соответственно инерционность будет увеличиваться при уменьшении время исполнения угрозы и роста времени обнаружения и ликвидации. Знаменатель необходим для нормировки получаемых значений. Значения также лежат в диапазоне  $[0, 1]$ .

Используя  $R$  и  $Z$  можно получить оценку практического аспекта ПЭ. Данная оценка должна принимать значения от 0 до 1, для удобства интерпретации, являться средним значением по группе испытаний (4).

$$K_{\text{практ}} = \frac{1}{N} \sum_i^N (1 - R_i \cdot (Z_i + \varepsilon)), \quad (4)$$

где  $N$  – общее число испытаний за определенный промежуток времени,

$i$  – номер конкретного испытания,

$\varepsilon$  – очень маленькое случайное число, не дающее обратится произведению в ноль, порядка  $1 \cdot 10^{-6}$ .

Таким образом, полученный практический показатель представляет собой усредненное по количеству испытаний  $N$  значение, изменяющееся в диапазоне  $[0, 1]$ .

После получения практической и теоретической как один из вариантов – найти их среднее значение (5). Это и будет комплексный показатель эффективности КСЗИ, значения которого будут лежать в диапазоне  $[0, 1]$ . Чем его значение выше, тем эффективность защиты информации выше.

$$K = \frac{1}{2} (K_{\text{теор}} + K_{\text{практ}}), \quad (5)$$

В данном примере оба коэффициента равнозначны, однако в большинстве случаев практическая оценка гораздо важнее, чем теоретическая, поэтому в это выражение стоит добавлять коэффициенты, которые будут учитывать ключевые особенности конкретной системы.

### Выводы

Предложенный механизм оценки эффективности должен обеспечивать приемлемую оценку комплексного показателя эффективности системы. Однако он несет рекомендательный характер и может служить основой для более сложного алгоритма.

**Литература**

1. Даурцев А.В. Разработка математических моделей оценки показателей качества эффективности программных систем ЗИ в АС электронного документооборота // Вестник Воронежского государственного технического университета – 2011.
2. ГОСТ Р 50992-96. Защита информации. Основные термины и определения.
3. Руководство по эксплуатации РШПИ.461214.017 РЭ.

УДК 004.89

**КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ УГРОЗ  
В ВЕРТИКАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИЕРАРХИЯХ  
ЦЕНТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ****CONCEPT INTELLIGENT THREAT DETECTION  
IN VERTICALLY INTEGRATED SECURITY CENTERS**<sup>1,2</sup>Корнеев Н.В., <sup>1</sup>Меркулов В.Д.,<sup>1</sup>Губкинский университет,<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,  
г. Москва, Российская ФедерацияN.V. Korneev<sup>1,2</sup>, V.D. Merkulov<sup>1</sup>,<sup>1</sup>Gubkin University,<sup>2</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation  
Moscow, Russian Federation

e-mail: niccyper@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрен принцип иерархической организации центров безопасности в вертикально интегрированных компаниях, а также связь такой организации с имеющимися особенностями функционирования центров безопасности в вертикально интегрированных структурах. Выделены основные недостатки такой инфраструктуры, прежде всего – экономического характера. На основании выделенных недостатков предложено решение, заключающееся в создании на нижних уровнях иерархии интеллектуальных систем, способных автоматизировать деятельность специалистов по информационной безопасности, взаимодействующих с SIEM и IDS системами. Обоснованы причины такого решения, которые связаны с ограниченным набором возможных угроз и событий информационной безопасности в условиях неизменности структуры и состава объектов защиты, а также с потенциальной возможностью формализовать знания, используемые специалистами по информационной безопасности в процессе выполнения своих функциональных обязанностей, для дальнейшего обучения интеллектуальной модели.

**Abstract.** We describe principle of security operation centers hierarchical arrangement in vertically integrated companies. Then the purpose of using such arrangement is given. The main disadvantages of such arrangement are pointed out, primarily economic. Based on this information, an approach is given, that includes creation of intelligent systems at the bottom hierarchy levels to automate the activities of information security specialists, primarily those who interact with SIEM and IDS systems. The reasons for the applicability of this approach are

substantiated. In conclusion, pointed out the possibility of further application and verification of this approach.

**Ключевые слова:** центр безопасности, security operation center, вертикальная интеграция, иерархия, автоматизация.

**Keywords:** SOC, security operation center, vertical integration, hierarchy, automation.

Важнейшими характеристиками вертикально интегрированных компаний, в том числе и относящихся к топливно-энергетическому комплексу, является непрерывность технологического цикла и бизнес-процессов, отказоустойчивость отдельных структурных элементов и стабильность состояния системы в целом. Для осуществления контроля за безопасностью функционирования в вертикально интегрированных структурах создаются специальные службы, наделенные соответствующими полномочиями в своей сфере (физической, техногенной, информационной безопасности и т.п.). Степень централизации таких служб может варьироваться.

В частности, для обеспечения информационной безопасности службой ИБ могут развертываться отдельные центры безопасности (далее – Security Operation Center, SOC). Каждый SOC в лице группы специалистов ведет стандартную работу по обеспечению информационной безопасности в соответствии с корпоративными, международными стандартами и нормативно-правовой базой [1]. Возможная организационная структура центров безопасности, расположенных на отдельных хозяйствующих субъектах, представлена на рисунке 1. Направленные стрелки на схеме отображают отношение подчинения, а ненаправленные – отношение ассоциации между центрами безопасности, то есть отсутствие иерархии между ними и возможность взаимодействия.

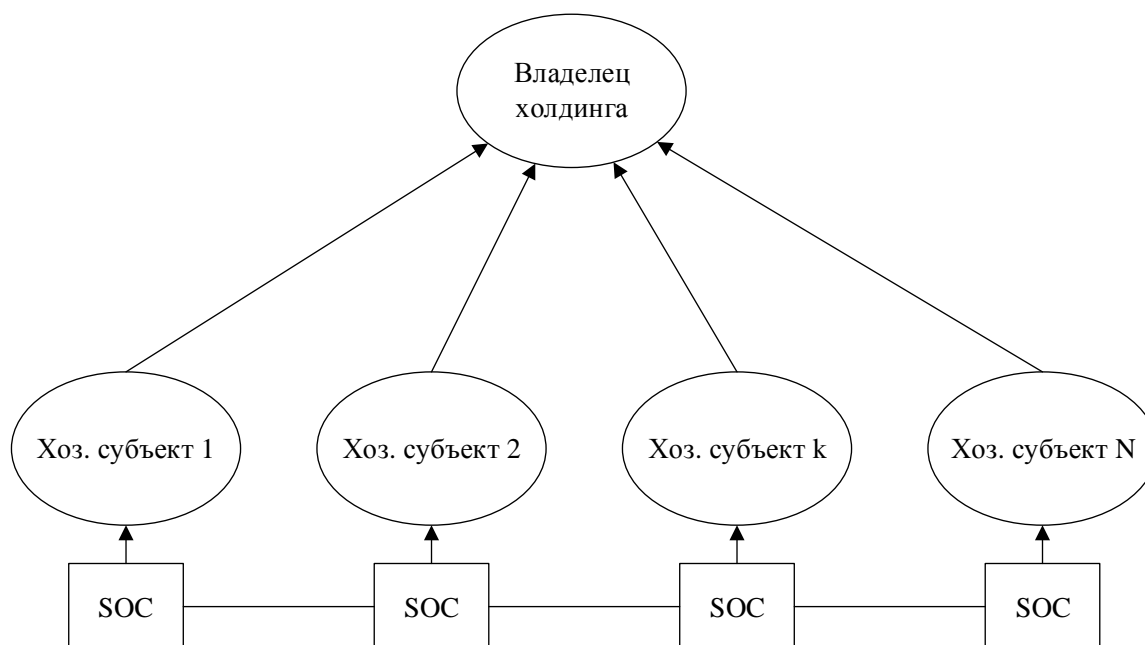


Рисунок 1. Пример организационной структуры центров безопасности в вертикально интегрированной компании

В данном случае, конкретный SOC ответственен за безопасность объектов защиты, которые расположены в рамках конкретного хозяйствующего субъекта. Однако с учетом существующих в вертикально интегрированных структурах повышенных требований к непрерывности процессов и устойчивости функционирования, возникает

необходимость осуществления оперативного контроля за текущим состоянием объектов защиты, расположенных на различных хозяйствующих субъектах. Для решения данной задачи, распределенные по отдельным хозяйствующим субъектам центры безопасности агрегируют информацию в некоторую иерархию, во главе которой находится центр безопасности, который имеет главенствующие функции в рамках полученной организационной структуры системы безопасности целого вертикально интегрированного предприятия (рисунок 2). Направление стрелок указывает на наличие подчиняющей связи. Также стоит отметить, что на практике иерархия центров безопасности может иметь больше уровней подчинения, например, в случае наличия крупной инфраструктуры.

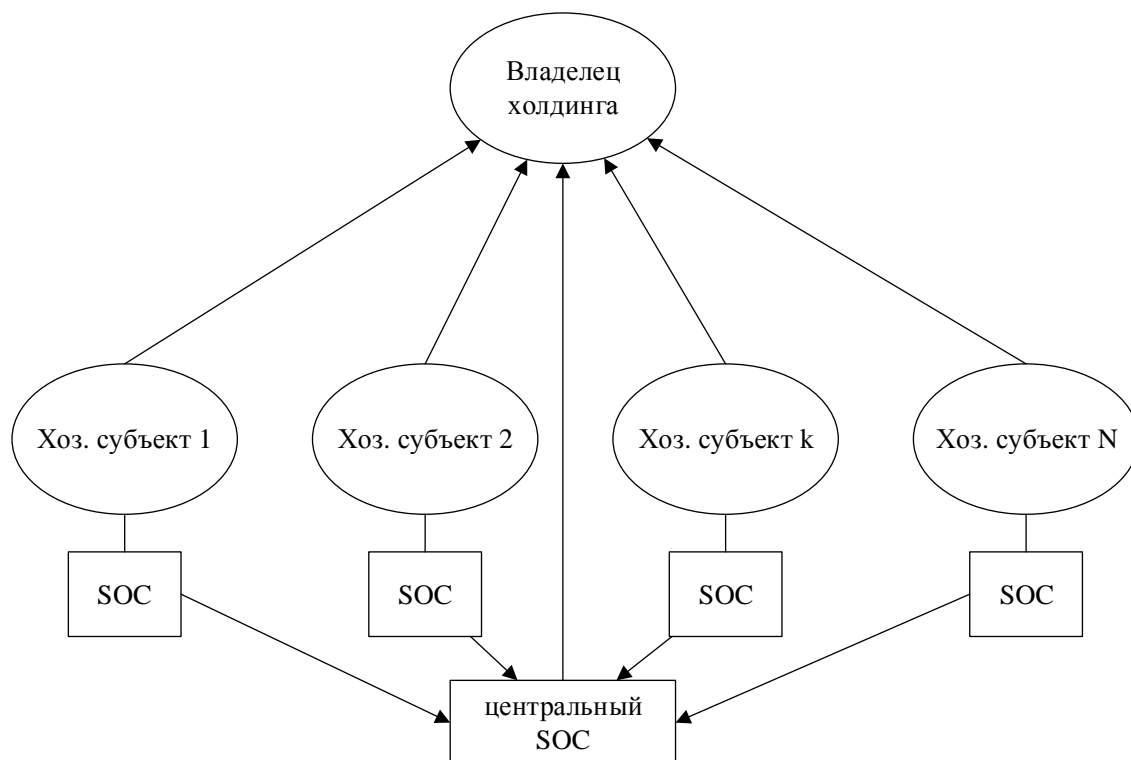


Рисунок 2. Иерархия центров безопасности

Создание иерархических многоуровневых систем центров безопасности в рамках вертикально интегрированных компаний логично следует из самого принципа вертикальной интеграции. Однако рост числа элементов в иерархии так или иначе приводит к усложнению процесса управления системой, что в целом может негативно сказаться на уровне защищенности от угроз. Помимо этого, для создания и поддержания работы каждого центра безопасности требуются экономические ресурсы, направленные на обеспечение требуемым аппаратным и программным обеспечением, а также на оплату труда задействованных сотрудников. Стоит отметить, что требования к уровню компетенций сотрудников не может уменьшаться для центров безопасности, расположенных на более низких уровнях иерархии, поскольку именно они при такой организационной структуре системы безопасности работают «на передовой», то есть максимально взаимодействуют с критическими объектами защиты.

Совокупные затраты на обеспечение функционирования подобной иерархической инфраструктуры безопасности могут быть значительными, особенно в случае большого количества хозяйствующих субъектов. При этом потенциальная возможность снизить экономические затраты на обеспечение безопасности заключается в отказе от центров



безопасности на низких уровнях, таким образом, чтобы один SOC работал сразу на нескольких хозяйствующих субъектах (пример на рисунке 3).

Такой подход имеет недостатки, которые заключаются как минимум в следующем:

- в вертикально интегрированных компаниях деятельность отдельных хозяйствующих субъектов, а значит – и состав объектов защиты, могут довольно сильно различаться, вследствие чего одному центру безопасности придется работать с объектами защиты различной специфики;

- поток данных, интегрируемых внутри одного центра безопасности сразу с нескольких хозяйствующих субъектов, может быть слишком масштабным и неоднородным по структуре, вследствие чего возможны потери полезной информации.

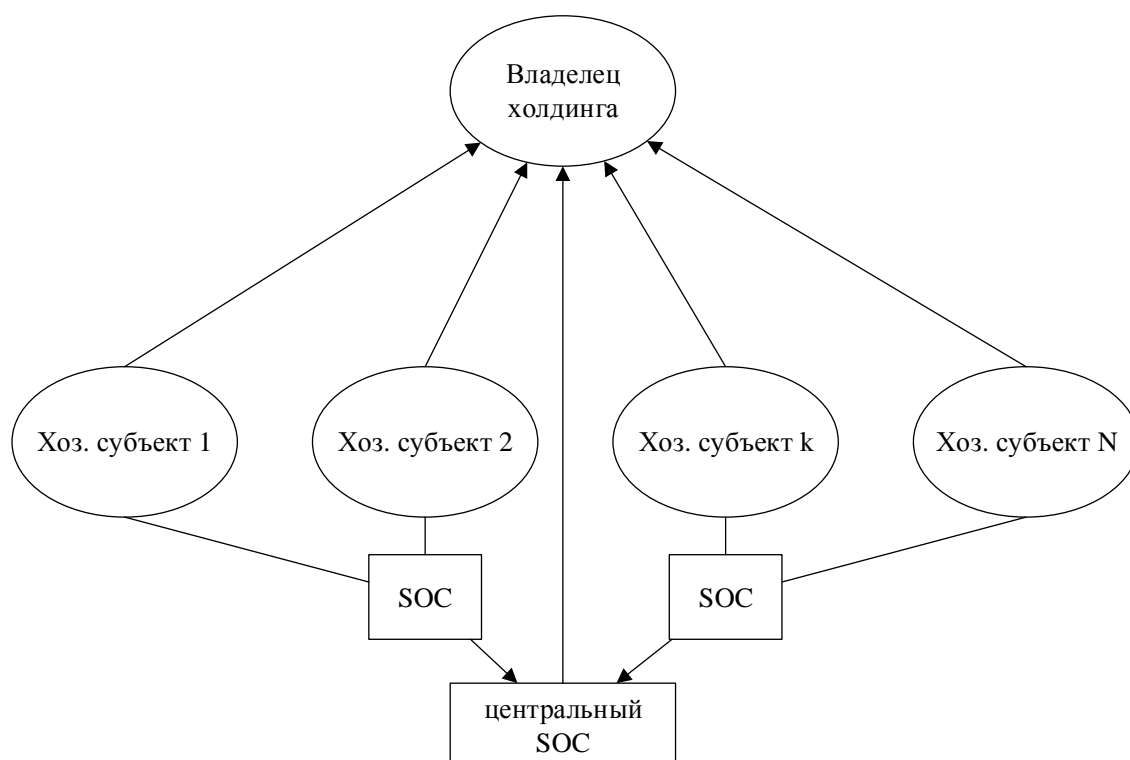


Рисунок 3. Сокращение числа SOC'ов в экономических целях

Возможным решением, направленным на упрощение процесса управления и уменьшение экономических издержек, может быть автоматизация повседневной деятельности специалистов по информационной безопасности, занятых в центрах безопасности на нижних уровнях иерархии.

Персонал центров безопасности и используемые СЗИ могут варьироваться в зависимости от специфики деятельности, нормативных требований, объектов защиты и т.п., однако в целом широко распространено использование SIEM и IDS, поскольку задачи, решаемые такими системами, как правило возникают наиболее часто. Помимо этого, известен ряд работ по тематике применения интеллектуальных алгоритмов в таких системах [2, 3, 4].

Работа вышеуказанных комплексов обеспечивается как минимум двумя группами специалистов, деятельность которых можно охарактеризовать как «повседневная и непрерывная»:

1. Группа мониторинга событий ИБ, специалисты которой отслеживают поток событий в рамках периметра защиты и выделяют события, признанные инцидентами, для их дальнейшего расследования.

2. Группа расследования событий ИБ, специалисты которой занимаются анализом и расследованием инцидентов, выявлением и (при наличии возможности) устранением уязвимостей.

В сущности, задача специалиста группы мониторинга сводится к выявлению нежелательных событий из множества всех событий, после чего выделенное событие признается инцидентом. Специалист собирает доступную ему информацию касательно данного инцидента и передает ее в группу расследования для принятия соответствующих мер. Именно эта деятельность может быть автоматизирована, причем с применением интеллектуальных алгоритмов, по следующим причинам:

1. При неизменности используемых программных и аппаратных решений на конкретном объекте защиты, набор элементарных угроз (следовательно, и отслеживаемых «опасных» событий) конечен и может быть формализован в некоторой степени. Это означает, что возможно создать и обучить модель, владеющую знаниями о специфике объекта защиты и о составе возможных событий безопасности, среди которых необходимо выделять «опасные».

2. При классификации событий на «безопасные» и «опасные» специалист может опираться на различные нормативные документы, инструкции, методики определения угроз и т.п., а также на свои собственные предметные знания. Полезная информация, содержащаяся в подобных документах, может быть извлечена и преобразована в формальные правила определения опасных событий, которые применимы для дальнейшего обучения модели.

3. В процессе работы, специалист мониторинга активно взаимодействует с системой обнаружения вторжений, программными средствами на защищаемых объектах и прочими инструментами посредством стандартных устройств – клавиатуры и мыши. Поведение человека, которое может быть охарактеризовано совокупностью таких параметров, как движения мышью, нажатия на клавиши, запуск определенных программ, сетевая активность компьютера, с которым взаимодействует человек, и многими другими [5], представляется совершенно различным в два дискретных момента времени – при наличии угрозы безопасности, на которую реагирует специалист, и при ее отсутствии. Отслеживание, сбор и анализ данных параметров также может дать некоторую полезную информацию.

Достоверность предлагаемого решения может быть проверена, например, экспериментальным сравнением на эффективность. Для этого рассматриваются три варианта состава центра безопасности, которые отличаются следующим:

1. Вариант, схожий с представленным на рисунке 2 – стандартная численность специалистов, без автоматизации.

2. Вариант, при котором объем информации не изменяется, но сокращено число центров безопасности (или число их сотрудников), как на рисунке 3.

3. Вариант с интеллектуальной моделью, предлагаемой в данной работе.

Для каждого варианта состава центра безопасности организуется проведение учений, в процессе которых на защищаемую инфраструктуру осуществляется кибератака по некоторому сценарию. Результаты могут быть оценены по критериям, важным в рамках эксперимента: скорость реакции на атаку, полнота выявленных элементов инфраструктуры, подвергшихся атаке.

## **Выводы**

Предложенная в статье концепция направлена на автоматизацию рутинных задач, которые в общем случае решаются сотрудниками центров безопасности нижних уровней иерархии, путем создания интеллектуальной системы, владеющей знаниями, требуемыми для решения подобных функциональных задач. С учетом специфики

деятельности конкретных вертикально интегрированных компаний, а также входящих в их состав центров безопасности, целесообразность такого решения может варьироваться, прежде всего по экономическим причинам. Так, для иерархий центров безопасности небольшого размера подобное решение вряд ли имеет смысл. Помимо этого, методика разработки подобной интеллектуальной системы представляется индивидуальной для каждого заказчика, по причине наличия специфики в деятельности как организации-заказчика в целом, так и автоматизируемых центров безопасности. Однако сам подход, описанный в статье, обладает универсальностью, и может быть дополнительно уточнен вплоть до формализации в виде конкретных задач, завершающихся проверкой созданного решения по предложенному в статье методу сравнения на эффективность функционирования.

### **Литература**

1. Carson Z. 2014 Ten Strategies of a World-Class Cybersecurity Operations Center (Bedford: MITRE Corporation) p. 346.
2. Корнев П.А., Пылькин А.Н., Свиридов А.Ю. Применение инструментария искусственного интеллекта в системах обнаружения вторжений в вычислительные сети //Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. С. 1715-1715.
3. Корнеев Н.В., Меркулов В.Д. Интеллектуальная аналитика в обеспечении защищенности от комплексных угроз // В сборнике: Безопасные информационные технологии. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 215-219.
4. Korneev N.V. A neurograph as a model to support control over the comprehensive objects safety for bim technologies // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. 2019. С. 012021.
5. Корнеев Н.В., Минитаева А.М. Задачи организации человеко-машинного интерфейса с учетом интеллектуализации взаимодействия человека и вычислительного комплекса //Ученые записки Российского государственного социального университета. 2012. №. 3. С. 157-162.

## СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

УДК 004:62-5

### НЕЙРОННАЯ СЕТЬ IMAGEAI: РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

#### IMAGEAI NEURAL NETWORK: ОБЪЕКТ RECOGNITION

Шарипова Д.Д.,

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

D.D. Sharipova,

Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: shripova12@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается нейронная сеть ImageAI, которая позволяет производить поиск объектов на различных файлах. Рассмотрены сферы деятельности применения данной нейронной сети, где происходит активное применение, а также рассматриваются возможности, которые предоставит сеть в будущем. ImageAI позволяет с помощью глубокого обучения и компьютерного зрения, не только производить поиск объектов на изображениях, но еще и на видеофайлах. Нейросеть позволяет обрабатывать массивы изображений и видео. Искусственный интеллект развивается очень быстро, что позволяет в полной мере обрабатывать почти любые файлы с различным качеством. На основе данной нейросети возможно обнаружение пользовательских объектов, на основе этого, можно производить тренировку на собственном наборе данных, к примеру различные виды оборудования, сооружений, автомобилей и многого другого. В данной нейросети существует объектная класс «Модель обнаружения». При правильной настройке нейросети, есть возможность обработки видео в реальном времени, что может позволить отслеживать количество автомобилей на дороге, либо количество людей на улицах. Обучение модели происходит либо с нуля, либо с использованием трансферного обучения, что рекомендуется для большей точности.

**Abstract.** The article discusses the ImageAI neural network, which allows you to search for objects on various files. The scope of application of this neural network, where there is an active application, as well as the possibilities that the network will provide in the future. ImageAI allows using deep learning and computer vision, not only to search for objects in images, but also on video files. The neural network allows processing arrays of images and videos. Artificial intelligence develops very quickly, which allows you to fully process almost any files with different quality. Based on this neural network, it is possible to detect user objects. based on this, you can perform training on your own data set, for example, various types of equipment, structures, cars, and much more. In this neural network, there is an object class “detection Model”. If the neural network is configured correctly, it is possible to process video in real time, which may allow you to track the number of cars on the road, or the number of

people on the streets. The model is trained either from scratch or using transfer training, which is recommended for greater accuracy.

**Ключевые слова:** нейросети, распознавание объектов, ImageAI, функциональная библиотека, TensorFlow, компьютерное зрение.

**Keywords:** neural networks, object recognition, ImageAI, functional library, TensorFlow, computer vision.

На сегодняшний день нейронные сети все больше входят в жизнь человека и помогают в решении различных задач. Сейчас активное применение сети находят в различных сферах: бизнес, маркетинг, безопасность, развлечения и в других различных областях. Исследованием в данной области занимаются многие крупные компании, к примеру такие как Microsoft, Google и Yandex, что позволяет производить больше новых открытий [2, С. 23-25].

Большинство нейронных сетей построены по биологическому принципу, с использованием различных процессов и со множеством связей между ними. Аналогично человеческому мозгу нейронные сети могут обучаться. Для искусственных нейронных сетей процесс обучения подразумевает под собой процесс настройки архитектуры сети, то есть связей между нейронами, а также настройки весов синаптических связей, которые влияют на коэффициенты. Обучение сети происходит на некоторой выборке, и в ходе обучения сеть начинает лучше выполнять задачи и команды [1, С. 10].

Нейронная сеть ImageAI представляет собой библиотеку с возможностями компьютерного зрения и глубокого обучения, написанную на Python. Компьютерное зрение представляет собой распознавание и определение сути картинки, находящейся на персональном компьютере (ПК), то есть распознается содержимое, определяется предмет и происходит его классификация по определенному набору.

Библиотека ImageAI может быть использована в следующих сферах:

- поиск автомобилей;
- распознавание людей;
- подсчет количества объектов на изображении или на видео;
- использование в системе безопасности на дорогах;
- создание беспилотных автомобилей;
- анализ трафика дорог и т.д.

Для корректной работы с данной нейронной сетью необходима установка всего программного обеспечения (ПО):

- Python 3.5.1 и выше – язык программирования;
- Pip – система для управления пакетами;
- Visual Studio Code – редактор кода, позволяющий реализовать проект.

После установки необходимого ПО устанавливаются, посредством Pip, необходимые зависимости, такие как:

- NumPy – обработка многомерных массивов;
- TensorFlow – открытая программная библиотека для машинного обучения, для решения задач построения и тренировки нейронной сети с целью автоматического нахождения и классификации образов [3, С. 230-233].

– SciPy – средства для обработки числовых последовательностей: интеграции, экстраполяции, оптимизации и др.;

– OpenCV (opencv-python) – библиотека компьютерного зрения и машинного обучения;

- Pillow – библиотека для обработки изображений, либо создания изображений с нуля;
- Matplotlib – кроссплатформенная библиотека для создания 2D графиков из данных в массивах;
- Numpy – библиотека для хранения больших объемов данных;
- Keras – высокоуровневое API для построения и тренировки моделей глубокого обучения;
- ImageAI – распознавание и определение объектов.

Код для обработки изображений и распознавания объектов в предобученной сети выглядит следующим образом (рисунок 1):

```
1 from imageai.Detection import ObjectDetection
2 import os
3
4 exec_path = os.getcwd()
5
6 detector = ObjectDetection()
7 detector.setModelTypeAsRetinaNet()
8 detector.setModelPath(os.path.join(
9     exec_path, "resnet50_coco_best_v2.0.1.h5"))
10 detector.loadModel()
11
12 list = detector.detectObjectsFromImage(
13     input_image=os.path.join(exec_path, "objects.jpg"),
14     output_image_path=os.path.join(exec_path, "new_objects.jpg"),
15     minimum_percentage_probability=90,
16     display_percentage_probability=True,
17     display_object_name=False )
```

Рисунок 1. Код для изображений

ImageAI имеет различные настройки для поиска объектов. Например, можно извлечь все найденные объекты во время обработки картинки. Класс поиска способен создать отдельную папку с любым названием, а затем извлечь, сохранить и вернуть массив с путём ко всем объектам. Нейросеть производит выделение объектов с помощью различных цветов для выделения и берет данные из библиотеки COCO [4].

Для обработки видеофайлов и массивов используется аналогичный подход, как и при обработке изображений. Для анализа видео используются современные алгоритмы глубокого обучения: RetinaNet, YOLOv3 и TinyYOLOv3 [5, С. 135]. Код для анализа одного видео показан на рисунке 2.

На выходе, после обработки изображений, создаются обработанные файлы, где уже происходит выделение объектов. С помощью параметра *frames\_per\_second* возможно установить количество обрабатываемых кадров в секунду. А для определения результата обнаружения можно применить параметр *minimum\_percentage\_probability*, который позволит, при увеличении значения, повышать и понижать точность.

Существует возможность обработки аналитических данных для объектов, а также вывод данных по их обработке и о самих объектах: количество, тип объекта и т.д. Данные могут быть визуализированы или сохранены в базе данных для дальнейшей обработки.

Нейросеть позволяет устанавливать минимальный порог схожести объектов из библиотеки с объектами на изображении или видео с помощью процентного

определения, на рисунке – это 15 строка. Это позволяет увеличивать точность нахождения объектов в файлах.

```

1  from imageai.Detection import VideoObjectDetection
2  import os
3
4  execution_path = os.getcwd()
5
6  detector = VideoObjectDetection()
7  detector.setModelTypeAsYOLOv3()
8  detector.setModelPath( os.path.join(execution_path , "yolo.h5"))
9
10 video_path = detector.detectObjectsFromVideo(input_file_path=os.path.join(execution_path,
11                                     "SuspensionBridge-6408.mp4"),
12                                     output_file_path=os.path.join(execution_path, "traffic_detected")
13                                     , frames_per_second=20, log_progress=True)
14 print(video_path)

```

Рисунок 2. Код для видеофайлов

Для обучения нейросети по пользовательским моделям используется архитектура YOLOv3. Это позволяет тренировать модель на любом наборе изображений, который соответствует требованиям. Обученную модель возможно использовать для обнаружения объектов на изображениях и видео. Ниже приведен код для обучения новых моделей (рисунок 3):

```

1  from imageai.Detection.Custom import DetectionModelTrainer
2
3  trainer = DetectionModelTrainer ()
4  trainer . setModelTypeAsYOLOv3 ()
5  trainer . setDataDirectory ( data_directory = "hololens" )
6  trainer . setTrainConfig ( object_names_array = [ "hololens" ],
7  batch_size = 4 , num_experiments = 200 , train_from_pretrained_model = "pretrained-yolov3.h5" )
8  trainer . trainModel ()

```

Рисунок 3. Код для пользовательского обучения

Для начала работы с нейросетью необходимо подготовить набор данных в формате VOC на Pascal и упорядочить его по следующим требованиям:

- определение типа объектов, необходимо собрать около 200 изображений для каждого объекта;
- создание аннотаций для изображений с помощью инструмента LabelIMG;
- создание папок для набора данных и создание дочерних папок для обучения и проверки;
- создание дочерних папок изображений и аннотаций и составление структуры папки.

Для обучения используют графический процессор NVIDIA и библиотека Tensorflow.

### Выводы

Нейронная сеть ImageAI является востребованной на своей нише ввиду возможности обработки одиночных данных, массивов, различных изображений и видеофайлов, а также возможность обучения пользователем.

Благодаря нейронной сети можно выполнять следующие функции:

- установка порога минимальной вероятности, есть возможность уменьшать в большую или меньшую сторону;

- существует возможность передачи информации об уникальных объектах, с помощью класса CustomObject;
- возможность изменения времени для сканирования изображений, существует 3 режима: fast, faster, fastest;
- возможна обработка массивов или файлового потока;
- возможность возвращения картинки файлом, либо массивом Numpy.

### **Литература**

1. Галушкин А. И. Нейронные сети. Основы теории. 2012. – С. 10.
2. Круглов, В.В.; Борисов, В.В. Искусственные нейронные сети // Теория и практика. 2002. С. 23-25.
3. Нейронные сети. Statistica Neural Networks // Методология и технологии современного анализа данных. 2008. С. 230-233.
4. Олафенва М., Олафенва Дж. Official English Documentation for ImageAI [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/PT5r8>
5. Смелянский Р. Л. Компьютерные сети. В 2 томах. 2011. № 2 С. 135.