

**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**

*Посвящается  
50-летию факультета автоматизации производственных процессов  
35-летию кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики  
Уфимского государственного  
нефтяного технического университета*

У ф а  
Издательство УГНТУ  
2 0 1 9

**Информационные технологии. Проблемы и решения.** – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019. 3(8). 140 с.

**Information technology.** – Ufa: USPTU, 2019. 3(8). 140 p.

**Учредитель:**

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
нефтяной технический университет**

**2019, 3(8)**

Издается с 2014 г.

**РЕДКОЛЛЕГИЯ**

**Главный редактор**

Р.Н. Бахтизин, ректор 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 прикладная математика и информатика Тольяттинского государственного 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», 2019

© Коллектив авторов, 2019

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 23.05.2019. Формат 60x80 1/16. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 8,14. Тираж 800 экз. Заказ 86.

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета

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

**Founder:**

**FSBEU HE Ufa State Petroleum  
Technological University**

**2019, 3(8)**

Published since 2014

**EDITORIAL BOARD**

**Editor-in-Chief**

R.N. Bakhtizin, Dr. of Physical and Mathematical Sci., Professor, 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, Department of Applied Mathematics and Computer Science Togliatti State 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

Мотрюк Е.Н. ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВУЗЕ..... 5

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Рычков А.В., Мочалова Ю.Д. АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В МЕДИЦИНЕ..... 11

Пустынникова И.Н., Юдина В.С. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ..... 16

Фадеева К.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ..... 21

Нефедов А.С., Шакиров В.А. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА TOPSIS В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЛИЦА, ПРИНИМАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ..... 25

Герасимова А.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ..... 32

Нусратуллина Л.Р., Павлов В.П. ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СТЕРЖНЯ С ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ И ВЫЧИСЛЕНИЕ ЕГО СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ..... 37

Запихаина М.Н., Иманов Л.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ГАЗОГИДРАТА ПРИ ИНЖЕКЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫЙ ПЛАСТ..... 42

Арбузова А.А. ИНТЕРАКТИВНАЯ КНИГА КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОДРАСТАЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ..... 48

Олимов М., Касимов Э.А., Шокиров Д.А. ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА..... 53

Родионова Е.В. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕНЬГИ. КРЕДИТ. БАНКИ»..... 59

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ

Гизатуллин А.И., Кузнецов А.Д., Белозеров А.Е., Шайдуллин А.Т., Варламов Н.Р. ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕРВЕРА ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЗАДАЧ В СИСТЕМЕ BUSTRONIC... 65

Курбангалиев А.М., Родионов А.С. ПРИМЕНЕНИЕ VRM-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ..... 69

Исламгулов Р.Р., Кравченко Т.В. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА «ОТГРУЗКА ПРОДУКЦИИ» В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ..... 73

Даутова Г.А., Кравченко Т.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ..... 78

Назметдинова С.И., Родионов А.С. ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ..... 84

Ахметгареев А.Ф., Головина Е.Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VRM-СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМ РЕЗЕРВОМ..... 88

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Кузнецов А.Д., Гизатуллин А.И., Белозеров А.Е., Шайдуллин А.Т. ПУТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНКУРИРУЮЩИХ МАРШРУТОВ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ В СИСТЕМЕ BUSTRONIC .....	93
Круглов А.А., Лутфуллин Р.Я., Еникеев Ф.У. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ФОРМОВКИ ПОЛУСФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ	98
Гизатуллин А.И., Кузнецов А.Д., Белозеров А.Е., Шайдуллин А.Т. ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ В СИСТЕМЕ BUSTRONIC.....	103
Барбальс К.С., Христодуло А.Н., Калимуллин И.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТАОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	108

## **СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

Батенков К.А., Гузяков И.М., Дворядкин В.В., Илюшин М.В. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ШУМОВ ИСТОЧНИКОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....	112
Гиниятуллин В.М., Шабанов Э.В. ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБУЧЕНИЯ ПЕРВОГО СЛОЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ФАЛЬШИВЫХ БАНКНОТ.....	118

## **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ**

Сафронова О.Р., Трубаков Е.О. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ...	125
Гизатуллина Г.С., Султанова Е.А. ПЛАНИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИИ.....	130

## **СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Кормильцев Н.В., Уваров А.Д., Корнилов Г.С. ОБНАРУЖЕНИЕ IMSI-ЛОВУШЕК В МОБИЛЬНОЙ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ.....	136
--	-----

«ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ,  
МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ»

УДК 004:372.851

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВУЗЕ  
REMOTE EDUCATION IN THE UNIVERSITY

Мотрюк Е.Н.,  
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»,  
г. Ухта, Российская Федерация

E.N. Motryuk,  
FSBEI HE “Ukhta State Technical University”, Ukhta, Russian Federation

e-mail: kmotryuk@yandex.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены основные элементы, используемые в дистанционном обучении математики в высших учебных заведениях: лекции, задания, тесты, форумы, глоссарий. Подробно рассмотрены типы тестовых вопросов, пригодных для различных курсов высшей математики: множественный выбор, числовой, вычисляемый, на соответствие, альтернативный. Можно дать вопросам разный весовой коэффициент, согласно уровню сложности. Корректная проверка может быть обеспечена базой вопросов, содержащей примерно 200 вопросов на 1 зачетную единицу. На основе опыта работы даны рекомендации по эффективному планированию, созданию и работе всего курса. Основным недостатком является то, что обучающийся может делать предлагаемые задания для контроля не сам, поэтому экзамен или зачет лучше проводить очно. Особенностью дистанционного обучения является то, что его можно сделать более интересным и эффективным при помощи разнообразных образовательных методик, современных технологий, программных продуктов, чем классическое, это особенно важно для молодых и активных. Данный вид обучения позволяет студентам учиться в любое время и в любом месте, где есть доступ к Интернету, изучать дополнительный материал, который не объясняют на аудиторных занятиях.

**Abstract.** The paper discusses the main elements used in distance learning of mathematics in higher education institutions: lectures, assignments, tests, forums, a glossary. The types of test questions suitable for various courses in higher mathematics are considered in detail: multiple choice, numerical, computable, matching, alternative. You can give questions a different weighting factor, according to the level of complexity. Correct verification can be provided with a database of questions containing approximately 200 questions per one credit unit. On the basis of work experience, recommendations were given on effective planning, creation and operation of the entire course. The main disadvantage is that the student can not do the proposed tasks for control himself, so the exam or test is better to complete internally. The peculiarity of distance learning is that it can be made more interesting and effective with the help of a variety of educational methods, modern technologies, software products than the classical, this is especially important for young and

active. This type of training allows students to study at any time and in any place where there is access to the Internet, to study additional material that is not explained in the classroom.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, современные технологии, типы тестовых вопросов, лекция.

**Keywords:** In order to improve the quality of work, I spend a lot of distance learning, modern technologies, types of test questions, lecture.

Современные информационные технологии обеспечивают возможность внедрения дистанционных технологий в процесс обучения в ВУЗе. Они позволяют студентам учиться в любое время и в любом месте, где есть доступ к Интернету, изучать дополнительный материал, который не объясняют на аудиторных занятиях. Качество процесса обучения, полученных обучающимся знаний и навыков, напрямую зависит

- от степени проработанности электронного курса,
- уровня подготовки студента к работе в необходимых прикладных программных продуктах на персональном компьютере,
- умения работать с различными типами файлов: pdf, doc, ppt, pps, swf и др.

Важным моментом для мотивации, увлекательности и результативности процесса обучения является разнообразное представление материала.

Дистанционные образовательные технологии – образовательные технологии, реализуемые с применением информационно-телекоммуникационных сетей при дистанционном (на расстоянии без непосредственного общения в аудитории) взаимодействии обучающихся и профессорско-преподавательского состава.

Обычно в ВУЗах используется оболочка Moodle, при обучении математике основными элементами являются: **лекции, задания, тесты, форумы, глоссарий.**

В нулевом модуле даются указания для обучения на весь семестр изучаемой дисциплины. Представлены: аннотация, рабочая программа, план-график, литература, вопросы и задачи для подготовки к экзамену, и др. В последнем модуле – экзаменационный тест.

В курсе присутствует по каждой теме **теоретический материал:** лекция в виде презентации (1 час лекции по учебному плану – 10 слайдов); конспект (1 час лекции – 4 стр. А4, кегль 12), видеопрезентация (на 1 час лекции 1-2 по 7-9 минут); вопросы для самоконтроля (на 1 час лекции – 10-15 вопросов). Возможно использование аудиофайлов, с проговариванием изучаемых формул. Например, таких как

$n!$  – «n-факториал»,

$\frac{dt}{dx}$  «д т по д х».

Тут простор для реализации преподавателя, что дает большое преимущество по отношению к классическому обучению.

Далее идет описание алгоритма решения практических задач и примеры. Элемент **задание** является активным элементом с обратной связью (проверяется преподавателем), что удобно для проверки усвоения знаний, умений и отработки практических навыков.

Студент может присылать задания на проверку не только один раз, но и с доработкой, согласно замечаниям преподавателя. Оценки за задание ставит преподаватель по разработанной заранее шкале. Однако ввиду загруженности преподавателей и большого количества студентов целесообразно уменьшать

количество таких элементов, включать тесты (проверяет система), самопроверку и взаимопроверку.

Для дисциплины математика для обучения и контроля возможны следующие виды тестовых вопросов: **множественный выбор, числовой, вычислимый, на соответствие, альтернативный**. Студенту можно дать возможность пройти тест несколько раз, если это касается обучения, закрепления лекционного материала, а не контроля. Можно дать вопросам разный весовой коэффициент, согласно уровню сложности. Корректная проверка может быть обеспечена базой вопросов, содержащей примерно 200 вопросов на 1 зачетную единицу.

Вопрос типа **множественный выбор** предполагает несколько вариантов ответа на вопрос, он должен выбрать один (рисунок 1).

**Решение системы линейных уравнений методом Крамера сводится к:**

Выберите один ответ:

- 1. определению ранга основной и расширенной матриц
- 2. нахождению обратной матрицы для основной матрицы системы
- 3. приведению расширенной матрицы системы к ступенчатому виду
- 4. вычислению основного и частных определителей системы

Рисунок 1. Тестовый вопрос **множественный выбор**.

На **альтернативный вопрос** предлагается ответить: да или нет.

В **вычислимом вопросе** преподаватель задает результат в виде формулы, числовые данные для которой выбираются случайным образом или по таблицам (рисунок 2).

**Определитель**  
$$\begin{pmatrix} 9 & 9 & 3 \\ 6 & 2a-1 & 4 \\ 1 & 9 & 6 \end{pmatrix} = 0$$
**при  $a$  равном ...:**  
Ответ:

Рисунок 2. Тестовый вопрос **вычислимый**.

Ответом на **числовой тип вопроса** должно быть число, если необходимо, то с заданной точностью (рисунок 3).

Значение производной второго порядка  $y = \sin 2x + 4x$  в точке  $x = \pi/4$  равно:  
Ответ:

Рисунок 3. Тестовый вопрос **числовой**.

В тестовом вопросе типа **краткий ответ** студент вводит на клавиатуре ответ, состоящий из нескольких слов. При этом возможно несколько правильных ответов (рисунок 4).

Вектор, у которого совпадает начало и конец, называется ...

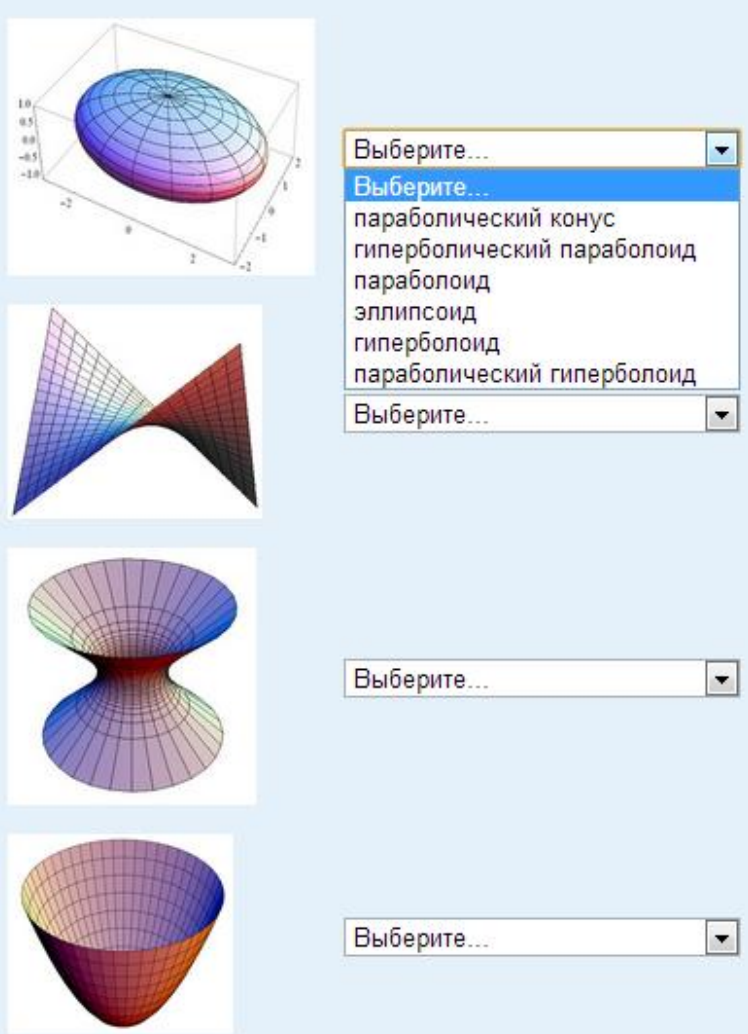
Ответ:

Рисунок 4. Тестовый вопрос **краткий ответ**.

Студент должен найти соответствие между двумя наборами данных в тестовом вопросе **на соответствие** (рисунок 5).

**Вопрос 4**  
Не завершено  
Балл: 1  
Отметить вопрос

сопоставьте названия поверхностей и их графики



Выберите...  
Выберите...  
параболический конус  
гиперболический параболоид  
параболоид  
эллипсоид  
гиперболоид  
параболический гиперболоид  
Выберите...  
Выберите...  
Выберите...

Рисунок 5. Тестовый вопрос **на соответствие**.

**Журнал оценок** позволяет видеть оценки обучающегося за каждое контрольное задание, сумму баллов, как для студента, так и для преподавателя. Можно анализировать результат и принимать действия по исправлению и своевременной ликвидации долгов.



**Форум** дает возможность обсуждать любые вопросы, как по изучаемой теме, так и по процессу обучения.

**Вебинар** – онлайн-семинар, который позволяет собеседникам показывать различные материалы, файлы, презентации, обсуждать их. Можно проводить в определенное время в реальном режиме, для этого потребуется соответствующая техническая подготовка. Часто бывает, что качество связи оставляет желать лучшего.

В элементе **гlossарий** должны содержаться основные понятия, определения, свойства, теоремы по изучаемой теме, что полезно для быстрой ориентации в различных терминах.

Для выполнения всех элементов можно сделать ограничение по времени выполнения. Например, выполнить тест за час. Но если делать ограничение от определенного календарного дня до другого, могут возникнуть трудности, так как особенность обучения в том, что студент может не иметь в это время доступ в Интернет.

Большой проблемой при дистанционном обучении является то, что работы, которые выполняет студент, могут быть решены кем-то другим, что можно проверить только по очной встрече, видео-диалоге или вебинаре. Поэтому необходимо на экзамене или зачете видеть студента, что не всегда возможно.

Преподаватель должен иметь для создания курса достаточно времени, чтобы набить учебный материал, что при описании решения задач всегда включает формулы. Для введения формул необходимо пользоваться языком TeXAide, чему надо учиться. Очевидно, что необходима техническая помощь от специалистов по оболочке в разработке курса.

В качестве рекомендации советуем придерживаться проведенной оценки времени для создания лекций, видеороликов, заданий, тестовых вопросов (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка затрат для подготовки материала курса  
в 2 зачетные единицы

	для ед.	кол-во ед.	всего
Зачетных единиц			2
видеоролики	18 шт.	10 мин.	180 мин.
презентация	1 час. –10 слайдов	<b>18 час.</b>	180 слайдов
конспект	1 час. – 4 стр.	16 час.	64 стр.
вопросы тестовые	40 вопросов	10 подразделов	400 вопросов
практические задания	3 листа	<b>18 час.</b>	108 листов.
самостоятельная работа		<b>34 час.</b>	
экзамен		<b>2 час.</b>	400 вопросов
итого		<b>72 час.</b>	

Необходимо учесть также, чтобы студент тратил в неделю на обучение для дисциплины в 2 зачетных единицы не более 4,5 часов в неделю, если обучение длится 16 недель. Количество элементов на неделю в среднем должно быть равно 2,5.

## Выводы

В работе рассмотрены основные элементы, используемые в дистанционном обучении математики в ВУЗе, даны рекомендации по эффективному планированию, созданию и работе курса. Несмотря на имеющиеся недостатки, дистанционное обучение является интересным, особенно для молодых и активных. Его перспективы

связаны с мобильностью, разнообразием образовательных методик, развитием технологических средств.

### **Литература**

1. Андреев А.В. Практика электронного обучения с использованием Moodle. / А.В. Андреев, С.В. Андреева, И.Б. Доценко – Таганрог: Изд-во. ТТИ ЮФУ, 2008. – 146 с.
2. Методические указания по разработке электронного ресурса / Ухта УГТУ. – 2011. – 19 с.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 004.85

### АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В МЕДИЦИНЕ

### ANALYSIS AND PROCESSING OF DATA IN MEDICINE

<sup>1</sup>Рычков А.В., <sup>2</sup>Мочалова Ю.Д.,  
<sup>1</sup>НИУ «Высшая школа экономики»,  
<sup>2</sup>НИУ «Московский авиационный институт»,  
г. Москва, Российская Федерация

A.V. Rychkov<sup>1</sup>, Y.D. Mochalova<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>National Research University Higher School of Economics,  
<sup>2</sup>National Research University “Moscow Aviation Institute”,  
Moscow, Russian Federation

e-mail: nik3.mr@gmail.com

**Аннотация.** Обнаружение полезной и значимой информации среди большого объема данных является одной из актуальных и востребованных задач в современном it-обществе. Одним из наиболее важных аспектов является интеллектуальный анализ данных. Интеллектуальный анализ данных – это процесс обнаружения и извлечения некоторых шаблонов, паттернов поведения и особенностей, в котором задействовано огромное количество данных. Существуют десятки, если не сотни разнообразных методик анализа данных, в основе которых лежит инструментарий, заимствованный из информатики, маркетинговых исследований и статистики (регрессионный анализ). Как в области интеллектуального анализа данных в целом, так и в сфере анализа данных в здравоохранении, распространенным является применение математических моделей для принятия решений или раннего обнаружения событий. В связи с этим мы рассмотрели различные источники, относящиеся к этой области, с точки зрения применения методов, алгоритмов и результатов. Этот обзорный документ объединяет наиболее популярные инструменты, необходимые для решения задач, возникающих в подобных дисциплинах. Результаты и методы оценки также обсуждаются в данной статье, и в выводе приводится итоговое заключение о результатах.

**Abstract.** The discovery of useful and relevant information among a large amount of data is one of the urgent and popular tasks in modern it-society. One of the most important aspects is data mining. Intelligent data analysis is the process of finding and extracting some patterns, behavior patterns, and features that involve a huge amount of data. There are dozens, if not hundreds of different data analysis techniques, which are based on tools borrowed from computer science, marketing research and statistics (regression analysis). As in the field of data mining in general, and in the field of data analysis in health care, it is common to use mathematical models for decision making or early detection of events. In this regard, we have considered various sources related to this area in terms of the application of methods, algorithms and results. This overview document combines the most popular tools needed to

solve problems arising in such disciplines. Results and evaluation methods are also discussed in this article, and the conclusion provides a conclusion on the results.

**Ключевые слова:** машинное обучение, интеллектуальный анализ, алгоритмы, анализ больших данных, извлечение информации.

**Keywords:** machine learning, data mining, algorithms, big data analysis, information extraction.

Данные собираются и накапливаются в динамичном темпе. Существует острая необходимость в развитии методов и алгоритмов для извлечения полезной информации (знаний) из быстро растущих объемов цифровых данных. В основе этих процессов лежит применение специальных методов интеллектуального анализа данных. Среди методов интеллектуального анализа данных, разработанных и используемых в последние годы, встречаются такие методы как классификация, кластеризация, ассоциация, эволюция, сопоставление с образцом, визуализация данных и др. [1]. Размер данных, как правило, растет со дня на день. Необходимость понимать большие, сложные, обогащенные информацией наборы данных в настоящее время возросла во всех областях техники, бизнеса и науки. Способность извлекать полезные знания, скрытые в этих данных, и воздействовать на них становится все более важной в современном конкурентном мире. Процесс применения компьютерной информационной системы, включая новые методы, для обнаружения знаний из данных называется интеллектуальным анализом данных. Как правило, существует два вида моделей интеллектуального анализа данных: прогнозирующая (предикативная) модель и описательная модель [1]. Предикативная модель часто применяет контролируемые функции обучения для прогнозирования неизвестных или будущих значений других переменных [1]. С другой стороны, описательная модель часто применяет неконтролируемые функции обучения при поиске шаблонов, описывающих данные, которые могут быть интерпретированы людьми [2].

Способ реализации модели зависит от поставленной задачи. Например, кластеризация, правила ассоциации и корреляционный анализ, часто используются для описательных моделей. В то время как классификация, регрессия и категоризация используются для прогнозных моделей.

Методы, широко используемые для классификации: статистический, дискриминантный анализ, дерево решений, основанное на цепях Маркова, роевой интеллект, k-ближайших соседей, генетические классификаторы, искусственная нейронная сеть, метод опорных векторов и ассоциативные правила.

Индустрия здравоохранения в большинстве стран развивается быстрыми темпами. Сферу медицины можно рассматривать как место с богатыми данными, поскольку она генерирует огромные объемы, включая электронные медицинские записи, административные отчеты и другие результаты анализов. Однако сейчас такие медицинские данные используются не в полной мере. Интеллектуальный анализ данных в медицине используется главным образом для прогнозирования различных заболеваний, а также для оказания помощи в постановке диагноза врачам при принятии ими клинических решений.

Для выявления наиболее значительных изменений в наборе данных используются методы обнаружения аномалий. Б. Ли и соавторы [3] использовали три разных метода обнаружения аномалий: метод опорных векторов, метод опорных векторов, индуцированных плотностью, и модель смеси Гауссовых распределений, чтобы оценить точность обнаружения аномалий по неопределенному набору данных о

заболеваниях печени. Метод оценивается с использованием точности AUC. Результаты, полученные для сбалансированного набора данных, в среднем составили 93,59%. Такой показатель говорит о высокой точности построенной модели.

Кластеризация (или кластерный анализ) – это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных групп должны отличаться.

Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма. [3]. Р. Велозоа в своей работе [4] использовал метод векторного квантования в кластерном подходе при прогнозировании реадмиссии в интенсивной медицине.

Алгоритмы, используемые в методе векторного квантования: k-средних, k-медиан и x-средних.

Наборы данных, использованные в этом исследовании, были собраны из клинического процесса пациента и лабораторных результатов. Оценка для каждого из алгоритмов проводится с использованием индекса Дэвиса-Боулдина. K-средние дали лучшие результаты, x-средние дали хорошие результаты, в то время как k-медиан получили худшие результаты.

Итог этих исследований дает полезный результат, помогая охарактеризовать пациентов разных типов, имеющих более высокую вероятность повторного приема.

Классификация – один из разделов машинного обучения, посвященный решению следующей задачи. Имеется множество объектов (ситуаций), разделенных некоторым образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется обучающей выборкой. Классифицировать объект – значит, определить элемент данных в один из нескольких предопределенных классов [3].

Алгоритм «система Махаланобиса-Тагучи» (MTS) широко применяется в многомерном статистическом анализе. Расстояние Махаланобиса (MD) используется для построения статистических суждений, чтобы отличить одну группу от другой, а пространство Махаланобиса (MS) используется для представления степени отклонения наблюдений от известной контрольной группы. В статистических классификаторах авторы работы [5] использовали систему Махаланобиса-Тагучи (MTS) для разработки модели прогнозирования пролежней. Проблемы дисбаланса классов очень распространены в медицинских наборах данных. На выбор алгоритмов интеллектуального анализа данных часто влияет асимметричное распределение при использовании искаженных или несбалансированных наборов данных. Эта проблема часто приводит к тенденции получения высокопрогнозирующей точности классификации по большинству классов и низкой точности по классу меньшинств. Тест, проходящий с использованием этих алгоритмов, проводился в четыре этапа с масштабированными наборами данных в диапазоне от 14 до 8, 5 и 2 соответственно. Результаты, полученные в работе [5], показывают, что шкала измерений для этого алгоритма имеет хорошие характеристики, основанные на огромной разнице между нормальными и ненормальными примерами. MTS имеет улучшенную производительность с точки зрения чувствительности.

Линейный дискриминантный анализ (LDA) широко используется для прогнозирования класса на основе заданного набора измерений на неразмеченных данных [3]. LDA является обобщением линейного дискриминанта Фишера, метода, используемого в статистике, распознавании образов и обучении машин для поиска линейной комбинации признаков, которая описывает или разделяет два или более классов или событий. Получившаяся комбинация может быть использована как линейный классификатор, или, более часто, для снижения размерности перед

классификацией. Авторы Р. Армянзас и др. [6] использовали линейный дискриминантный анализ в своей работе. С. Чен и соавторы [5] применяли алгоритм для прогнозирования степени тяжести заболевания пациента с болезнью Паркинсона с использованием множества немоторных симптомов. Их исследование предназначено для количественного анализа внутренних связей как моторных, так и немоторных симптомов.

Линейный дискриминантный анализ представляет собой условную функцию плотности вероятности предикторов, которую имеет нормальное распределение. Способность алгоритма улавливать статистические зависимости между переменными предикторами указывает на то, что этот алгоритм будет подходящим для изучения линейных ограничений этого исследования для выявления зависимости между моторными и немоторными симптомами. Предложенная модель получила оценку точности 69% по сравнению с другими алгоритмами. Но производительность алгоритма значительно возрастает, когда зависимости находятся в линейной форме. Основываясь на той же природе алгоритма, Р. Армянзас [6], использовал алгоритм для оценки точности классификации, чтобы найти наиболее существенный фактор риска и установить начальный набор для раннего предупреждения хронических заболеваний. Исходя из результатов двух работ, можно сказать, что алгоритм имеет хорошие результаты и его можно использовать для получения значительной точности, если взаимосвязи данных находятся в линейной форме.

Авторы работ [4, 6] использовали  $k$ -ближайших соседей ( $k$ -nearest neighbors algorithm) в своих прогностических моделях.  $k$ -ближайших соседей – метрический алгоритм для автоматической классификации объектов или регрессии, который относит объекты к классу, которому принадлежит большинство из  $k$  его ближайших соседей в многомерном пространстве признаков. Число  $k$  – это количество соседних объектов в пространстве признаков, которое сравнивается с классифицируемым объектом. Иными словами, если  $k=10$ , то каждый объект сравнивается с 10-ю соседями. В процессе обучения алгоритм запоминает все векторы признаков и соответствующие им метки классов. При работе с реальными данными, т.е. наблюдениями, метки класса которых неизвестны, вычисляется расстояние между вектором нового наблюдения и ранее запомненными. Затем выбирается  $k$  ближайших к нему векторов, и новый объект относится к классу, которому принадлежит большинство из них. Алгоритм очень удобен, так как информация в обучающих данных никогда не теряется. Однако этот алгоритм будет подходящим, если набор обучающих данных невелик, поскольку этот алгоритм занимает очень много времени. Когда каждая из выборок в обучающем наборе обрабатывается при классификации новых данных – этот процесс требует более длительного времени классификации. В работе отмечено, что высокая точность классификации – это то, что они хотели бы получить независимо от времени классификации, поскольку точность классификации более важна в медицинском диагнозе.

Логистическая регрессия – это метод, который использует заданный набор функций, либо непрерывных, дискретных, либо смесь обоих типов. Затем модель вычисляет линейную комбинацию признаков и проходит через логистическую функцию [1]. Этот метод обычно используется, потому что он прост в реализации и обеспечивает конкурентные результаты. Авторы Т. Су [5], П. Вонг [5], М. Кантаржик [2] также использовали логистическую регрессию в своей исследовательской работе. Результаты, полученные от всех авторов, не очень значительны из-за небольшого размера входных данных. Регрессия хорошо работает для больших наборов данных, поэтому результаты были бы более значительными, если бы данных было больше, а границы точности были бы выше.

Автор Р. Арманянзас [6] в своей модели прогнозирования использовал метод байесовского классификатора. Байесовские классификаторы хорошо известны своей вычислительной эффективностью и способностью обрабатывать недостающие данные естественным и эффективным образом. Обладая этим преимуществом, автор зафиксировал хорошую точность прогноза на основе разработанных моделей. Модель байесовского классификатора является эффективной, поскольку подход усреднения приводит к повышению точности прогнозирования и позволяет извлекать больше данных без переобучения. Этот метод является хорошим подходом, если в данных много пропусков.

Метод опорных векторов (SVM) доказал свою эффективность при выполнении задач классификации с отличной производительностью обобщения. Метод стремится минимизировать верхнюю границу ошибки обобщения на основе принципа минимизации структурного риска. Метод очень часто используется в медицинской диагностике. Авторы работы [5] использовали метод в своей модели в медицинских диагнозах. Некоторые из авторов использовали метод SVM для сравнительного изучения цели. Обобщающая способность метода SVM контролируется двумя различными факторами, а именно: ошибка обучения и измеренная мощность обучающей машины. Частота ошибок при обучении может контролироваться путем изменения характеристик в классификаторах. Из результатов, полученных из исследований, SVM показал более высокую производительность, так как он отображает признаки в пространство более высокой размерности.

Из рецензируемых и обсуждаемых работ точность методов интеллектуального анализа данных варьируется в зависимости от особенностей наборов данных и размера набора данных в обучающих и тестовых выборках. Также точность варьируется из-за несбалансированности данных. Еще одной причиной могут являться пропущенные значения. Размер выборки данных часто рассматривается как еще одна характеристика, поскольку доступные данные обычно представлены в небольшом масштабе.

## Выводы

Интеллектуальный анализ данных сыграл важную роль не только в медицине (особенно в прогнозировании различных типов заболеваний), но и в других отраслях. Отметим, что нет единого подхода осуществления интеллектуального анализа данных для решения всех задач. Чтобы получить наивысшую точность среди классификаторов, что важно при медицинской диагностике с учетом характеристик данных, которые получены, необходимо разрабатывать гибридную модель, которая имела бы наиболее высокую оценку точности и могла бы решить указанные проблемы.

## Литература

1. Н. Джотия, Н.А. Рашидб, *Data Mining в здравоохранении*, 2015.
2. М. Кантаржик, *Сбор данных: концепции, модели, методы и алгоритмы*, 2-е изд. // Wiley-IEEE Press, 2011.
3. Б. Ли, Л. Као, *Обнаружение выбросов на основе SVDD по неразмеченным данным* // Knowl. Inf. Syst., 2013.
4. Р. Велозоа, Ф. Портела, М.Ф. Сантос, *Кластерный подход для прогнозирования реадмиссии в интенсивной медицине* // Procedia Technol., 2014.
5. Т. Су, П. Вонг, С. Чен, *Методы интеллектуального анализа данных для оказания помощи в диагностике развития пролежня у хирургических пациентов* // J. Med. Syst., 2012.

6. Р. Арманянзас, К. Бьелза, К.Р. Чаудхури, Раскрытие соответствующих немоторных симптомов тяжести болезни Паркинсона с использованием подхода машинного обучения // Artif. Intell. Med., 2013.

УДК 004:3973.23: 681.3: 658.56

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

### INFORMATION TECHNOLOGY IN EDUCATION

Пустынникова И.Н., Юдина В.С.,  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,  
г. Донецк, Украина

I.N. Pustynnikova, V.S. Yudina,  
SEI HPE «Donetsk national university», Donetsk, Ukraine

e-mail: irina1070pin@mail.ru

**Аннотация.** С ростом знаний и благодаря техническому прогрессу общества, преподавателям и учащимся требуются навыки обучения, которые могли бы помочь им идти в ногу с развитием науки и техники. В статье анализируется процесс внедрения информационных технологий в сферу образования, а также влияние компьютеризации на качество обучения. За последние несколько лет компьютеризация образования значительно повлияла на скорость и качество обучения, а также на заинтересованность учащихся в образовательном процессе. В сфере образования обнаруживается тенденция к увеличению роли программных средств и продуктов для повышения качества обучения.

В статье рассмотрен процесс обучения, как процесс управления учителем учебно-познавательной деятельностью учащихся. Проанализированы определения понятия «информационные технологии» различных авторов, рассмотрено использование информационных технологий в учебном процессе, раскрыты современные тенденции информатизации образования, приведены основные задачи и последствия данного процесса. Особо подчеркивается необходимость овладения современными информационными технологиями будущими учителями, поскольку именно они, приступив к работе, должны будут формировать социальные, психологические, общекультурные, профессиональные предпосылки информатизации общества. Умение использовать новую информацию – залог успеха преподавания и свидетельство мастерства учителя.

**Abstract.** With increasing knowledge and technological progress of society, teachers and students requires learning skills that could help it keep pace with the development of science and technology. The article analyzes the process of implementation of information technologies in education, and the impact of computerization on the quality of teaching. Over the past few years, the computerization of education significantly influenced the speed and quality of learning as well as on the interest of students in the educational process. In the field of education tend to increase the role of software tools and products to enhance learning.

The article describes the learning process, as the process of managing of learning and cognitive activity of students by teachers. The definitions of the concept of “information



technologies” by various authors are analyzed, the use of information technologies in the educational process is reviewed, the current trends in education informatization are revealed, the main tasks and consequences of this process are presented. The need for future teachers to master modern information technologies is particularly emphasized, since it is they who having started work will have to form the social, psychological, general cultural, professional prerequisites for informatization of society. The ability to use new information is the key to success in teaching and evidence of teacher skill.

**Ключевые слова:** информационные технологии, информатизация, обучение, компьютерные технологии, систематизация знаний.

**Keywords:** information technologies, informatization, learning, computer technology, systematization of knowledge.

Понятие «обучение» многозначно. Свойство обучаться принадлежит к числу фундаментальных свойств всех живых систем. В психологии «научение» определяют, как процесс, который позволяет накапливать информацию в нервной системе, или как усвоение обучаемым определенной системы знаний, умений, навыков. Это предполагает изменения внешней (физической) и внутренней (психической) деятельности (или поведения) обучаемого в соответствии с целью этой деятельности (или поведения). Деятельность человека, направленную на «научение» и имеющую своей прямой целью «научение», называют учением.

Сущность обучения состоит не столько во взаимодействии учителя и учащихся, сколько в умелой организации и стимулировании активной учебно-познавательной деятельности учащихся по овладению научными знаниями, умениями и навыками, в развитии их творческих способностей, мировоззрения и нравственно-эстетических взглядов, и убеждений. Задача обучения естественным образом формулируется как задача управления. В этом случае ученик выступает в качестве объекта управления, а учитель или обучающее устройство – в качестве управляющего устройства. Обучение также трактуется как целостный двусторонний процесс педагогической деятельности учителя (преподавание) и учебно-познавательной деятельности учащихся (учение), направленный на достижение учебно-воспитательных задач. Преподавание заключается как в передаче учащимся определенного объема готовых знаний, так и в руководстве учебно-познавательной деятельностью учащихся, их воспитанием и умственным развитием.

Информационные технологии в обучении – это не только использование компьютеров в учебном процессе, но и формирование информационно-поисковых умений. В основе научно-технического прогресса лежит рост знаний, значительно более быстрый, чем экспоненциальный. Поэтому наиболее значимым элементом информационной культуры являются умения находить, собирать, хранить, систематизировать, передавать и обрабатывать информацию, т.е. информационно-поисковые умения [1, с. 88].

Базисом глобального процесса информатизации общества является информатизация образования. При этом она должна опережать информатизацию других направлений общественной деятельности, поскольку именно здесь формируются социальные, психологические, общекультурные, профессиональные предпосылки информатизации общества.

Потребности общества и личности определили социальный заказ системе педагогического образования, заключающийся в подготовке учителя, владеющего методикой применения современных методов извлечения, обработки и систематизации

знаний в учебном процессе и способного воспитать компьютерно-грамотных учащихся. Основной груз компьютеризации образования несут на своих плечах учителя информатики и вычислительной техники. Учителя-предметники, как правило, не готовы к применению компьютеров в обучении, поскольку не владеют не только методами разработки компьютерных технологий, но и методами их использования. Для применения компьютеров не только на уроках информатики необходимо готовить преподавателей конкретных дисциплин, владеющих методами проектирования и использования компьютерных технологий. И если с применением компьютерных технологий в обучении дело более-менее налажено, то с применением информационных технологий все гораздо хуже, поскольку многие педагоги-практики путают эти два понятия.

Проблема широкого применения информационных технологий в сфере образования в последние годы вызывает повышенный интерес у представителей педагогической науки. Большой вклад в рассмотрение проблемы использования информационных технологий при обучении внесли отечественные и зарубежные ученые: О.И. Агапова, Г.А. Атанов, Г.Р. Громов, В.И. Гриценко, О.А. Кривошеев, В.Ф. Шолохович, С. Пейперт, Г. Клейман, Б. Сендов, Б. Хантер и др.

Под применением новых информационных технологий обычно понимают использование компьютеров во всех сферах человеческой деятельности, иными словами, под информационными технологиями в обучении понимают такие технологии, в которых используются компьютеры, и обучаемые работают с компьютерными программами. Однако В.М. Монахов указывает, что «общепринятое определение понятия информационной технологии, сводится, как правило, к процессу сбора, передачи, хранения и обработки информации во всех ее возможных формах: текстовой, графической, визуальной и речевой» [2, с. 49].

В.И. Ключко под новыми информационными технологиями понимает систему современных методов, средств, организационных форм, используемых для целенаправленного создания, сбора, сохранения, обработки, представления и использования информации в обучении [3, с. 21].

В.И. Гриценко и Б.Н. Паньшин рассматривают новую информационную технологию как совокупность внедряемых принципиально новых средств и методов обработки данных [4, с. 9].

Многие исследователи под «новыми информационными технологиями» понимают лишь применение компьютеров, забывая, что компьютер – это «средство», а в определение понятия «новые информационные технологии» входят еще и «методы» обработки данных. Рассмотрим использование информационных технологий в учебном процессе.

Исследование [5] показало, что на уроках математики компьютер в основном используется учителями для решения конкретных дидактических задач: сообщения учебного материала (заменяя или дополняя традиционные виды наглядности), закрепления изученного материала (как тренажер), проверки знаний и умений учащихся (как контролер, тестер) и, очень редко, для решения учащимися разнообразных учебных задач (поисковых, исследовательских и др.). На уроках физики ситуация аналогичная.

Как бы ни различались определения процесса обучения, но общим для всех определений является то, что обучение осуществляется только в деятельности. На практике деятельностный подход реализуется в соответствующей организации процесса обучения, при которой создаются условия для целенаправленного и планомерного управления процессом усвоения учебного материала. Люди через опыт приобретают разнообразные знания о мире. Однако они не впитывают в себя всю

информацию. Человек, опираясь на свои знания, определяет, какая часть из огромного объема информации в условиях обучения является наиболее важной, т.е. восприятие информации и ее систематизация осуществляются через знания. Или, иными словами, человек при обучении на основе имеющихся знаний выбирает среди потенциально неограниченной информации, поставляемой ему средой, наиболее важную информацию для соответствующей деятельности.

Как указывалось выше, информатизация общества – это не только использование компьютеров, это более широкое понятие. Оно предполагает, что человек умеет пользоваться современными средствами извлечения, обработки и систематизации знаний. Одним из основных направлений реализации поставленных задач является обеспечение развития образования на базе новых прогрессивных концепций, внедрение в учебный процесс информационных технологий.

Общеизвестно, что в мире накоплен такой большой объем информации, что сообщить ее всю обучаемому в процессе обучения невозможно. Поэтому требуется, чтобы преподаватель умел из всей известной информации выбрать необходимую, а затем, придерживаясь стратегической цели учебно-воспитательного процесса, умел разработать или выбрать методику передачи обучаемым конкретной информации. Умения осуществлять поиск необходимых сведений, работать с книгами и другими источниками информации, проводить наблюдения и сопоставления составляют основу информационного умения [1, с. 32]. Каждая учебная дисциплина состоит из двух частей: первая имеет классическое содержание, т.е. не изменяется довольно значительный промежуток времени, вторая требует периодического обновления в связи с достижениями теории и практики. Умение использовать новую информацию – залог успеха преподавания и свидетельство мастерства учителя.

В условиях информатизации общества необходимо использовать новые технологии в обучении, позволяющие максимально индивидуализировать обучение, значительно увеличить время самостоятельной работы студента, отойти от простой репродукции знаний и перейти к их глубокому усвоению и осмыслению.

Информатизация образования является одним из важнейших условий успешного развития процессов информатизации общества. Ведь именно в сфере образования подготавливаются и воспитываются те люди, которые не только формируют новую информационную среду общества, но которым предстоит самим жить и работать в этой новой среде.

Существенная особенность подготовки будущих учителей заключается в том, что студенты должны овладеть двумя видами деятельности – обучающей и учебной. Для организации полноценного овладения как обучающей, так и учебной деятельностью необходимо учитывать, что любая деятельность происходит в определенных условиях посредством выполнения действий. Среди наиболее общих причин неудачного преподавания (обучения) выделяют [6]: преподаватель не ставит четких вопросов; преподаватель пытается изложить очень большой объем материала, не выделив при этом основные вопросы темы.

Этих недостатков можно избежать, если научить будущих учителей выделять главное в учебном материале, т.е. выделять те элементы содержания учебного материала, которые имеют методологическую ценность и профессиональную значимость. Постановка вопросов и методика их обсуждения должны исключать работу с группой (классом) лишь на репродуктивном уровне, а наоборот, должны стимулировать атмосферу диалога, поиска, творчества [6; 7].

В связи с усилением информационного потенциала обучения большое значение приобретает систематизация и обобщение учебного материала в учебнике. Систематизация может осуществляться по логическим основаниям: по главным и

вспомогательным признакам, на основе принципа системности, где рассматриваемое явление образует целостную систему во взаимосвязи его частей.

В современных условиях постоянного научно-технического развития необходимо, чтобы специалист был подготовлен к самообразованию и саморазвитию. Следовательно, необходимо в состав целей обучения включить ряд таких видов деятельности, посредством которых можно научить будущего специалиста учиться. Исследования [8; 9] показали, что умение учиться включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) поиск новой информации, требующий, в частности, умения работать в библиотеке;
- 2) понимание прочитанного, составление конспекта;
- 3) усвоение выделенного содержания.

Все более широкое признание находит мысль о том, что учебный текст (учебник) – это не источник готовых знаний, подлежащих запоминанию (такое отношение к нему, к сожалению, нередко встречается у школьников, а иногда и учителей), а прежде всего источник познавательных задач или проблем, которые надо уметь обнаружить и решить [10, с. 77].

В исследованиях проблем понимания текста в психологии общепризнанными являются следующие два положения. Первое: понимание текста (в широком смысле) есть установление читателем связей между предметами реальной действительности, которые отражены в этом тексте. Второе: понимание текста всегда опирается на опыт читателя, в частности на знание им значений слов, понимание смысла предложений, из которых состоит текст; оно основывается на применении имеющихся у него понятий, с помощью которых раскрывается содержание текста [10, с. 167]. Для исследования понимания текста возникает необходимость в анализе его смысловой структуры – закономерных связей и систем связей, существующих между элементами текста [10, с. 167].

## **Выводы**

Часто случается, что обучаемый обращает внимание (а значит и запоминает), не на основополагающие знания, объясняющие тот или иной процесс или явление, а на второстепенные, являющиеся следствием первых. Помочь обучаемому разобраться, где базовые знания, а где второстепенные, показать, на чем следует акцентировать внимание при рассмотрении физических процессов, что требуется запомнить в первую очередь – одна из целей современной дидактики физики [7; 10]. Тем более такая цель важна сейчас, когда обучаемый получает информацию не только при изучении предмета, а чаще всего из средств массовой информации: телевидение, радио, Internet.

Сегодня информационные технологии – это комплексное средство освоения человеком окружающего мира. Информационные технологии в образовании позволяют использовать более широкий спектр форм и методов обучения, дабы обеспечить развернутый объем информации за счет такого важного компонента учебной системы, как наглядность, который информационные технологии могут обеспечить в полном объеме. Поэтому появилось такое направление в педагогике как медиаобразование. Одним из современных путей интенсификации и оптимизации учебного процесса в школе является информатизация образования.

## Литература

1. Балик Н.Р. Методика вивчення експертних систем у курсі інформатики та обчислювальної техніки: Дис. канд. пед. наук: 13.00.02 / Український держ. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 1995. – 192 с.
2. Монахов В.М. Что такое новая информационная технология обучения? // Математика в школе. – 1990. – № 2. – С. 47-52.
3. Ключко В.І. Нові інформаційні технології навчання математики в технічній вищій школі: Дис. докт. пед. наук: 13.00.02 / Вінницький державний техн. ун-т. – Вінниця, – 1998. – 396 с.
4. Гриценко В.И., Паньшин Б.Н. Информационная технология: состояние и вопросы развития. – К.: Наукова думка, 1989. – С. 9.
5. Кульчицька Н.В. Вивчення стереометрії в старшій школі в умовах використання нової інформаційної технології: Дис. канд. пед. наук: 13.00.02 / Український держ. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова. – К., 1993. – 144 с.
6. Основы научно-методического забезпечення дисциплін навчального плану: Навчально-методичне видання / Н.М. Ушакова, В.Б. Павленко, Є.М. Воронова, І.Ю. Бондар / Под ред. Л.П. Покотилюк. – К.: РВВ КДТЕУ, 1997. – 72 с.
7. Atanov G., Pustynnikova I. Learning by constructing knowledge bases for expert systems // Proc. of the 7th International Conference of Computers in education. – V. 2. – Chiba, Japan. – 1999. – Pp. 555-558.
8. Охрименко В.А., Вази́на К.Я. Методы формирования профессиональных умений. – М.: НИИВШ, 1979. – 32 с.
9. Усачева И.В., Ильясов И.И. Методика поиска научной литературы, чтение и составление обзора по теме исследования. – М.: МГУ, 1980. – 36 с.
10. Доблаев Л.П. Смысловая структура учебного текста и проблемы его понимания. – М.: Педагогика, 1982. – 176 с.

УДК 004.9

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ

### DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES IN EDUCATION

Фадеева К.Н.,  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет  
им. И.Я. Яковлева»  
г. Чебоксары, Российская Федерация

K.N. Fadeeva,  
I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, Russian Federation

e-mail: fadeevakn@mail.ru

**Аннотация.** Современный образовательный процесс невозможно представить без качественного обеспечения электронными образовательными материалами. Использование электронных пособий в сфере образования позволяет улучшить качество обучения, способствует развитию познавательного интереса учащихся,

позволяет более эффективно реализовывать учебный процесс. Для создания качественных электронных учебных пособий существует большой перечень программных продуктов. В данной статье мы рассмотрели ряд исследований, посвященных созданию электронных учебников, и сделали вывод, что единого мнения и соответственно общих правил разработки данного вида дидактических материалов нет. Авторские коллективы используют различные программные оболочки, которые условно можно разделить на две группы: прикладные программы и инструментальные системы. Проанализировав существующие программные приложения для создания электронных учебных материалов, выделили основные их достоинства, возможности их использования и существующие у них недостатки. В заключении статьи, был сделан вывод, что использование электронных пособий при организации образовательного процесса имеет ряд существенных плюсов. Дает возможность изложения большего объема учебной информации в четко структурированной и последовательно организованной форме, благодаря чему усиливается визуальное восприятие, и усвоение учебного материала проходит легче и эффективнее.

**Abstract.** It is impossible to imagine the modern educational process without high-quality provision of electronic educational materials. The use of electronic AIDS in the field of education can improve the quality of education, promotes the development of cognitive interest of students, allows more effectively implement the educational process. To create high-quality electronic textbooks, there is a large list of software products. In this article, we have considered a number of studies on the creation of electronic textbooks, and concluded that there is no consensus and, accordingly, General rules for the development of this type of didactic materials. Author teams use different software shells, which can be divided into two groups: application programs and tool systems. After analyzing the existing software applications for the creation of e-learning materials, identified their main advantages, opportunities for their use and their existing shortcomings. In conclusion of the article, it was concluded that the use of electronic AIDS in the organization of the educational process has a number of significant advantages. It enables the presentation of a larger amount of educational information in a clearly structured and consistently organized form, thereby enhancing the visual perception and assimilation of educational material is easier and more effective.

**Ключевые слова:** электронное пособие, образование, подготовка, программная оболочка.

**Keywords:** electronic manual, education, training, software shell.

Согласно Федеральному Закону №273 «Об образовании в Российской Федерации» использование электронного образования и применения дистанционных образовательных технологий является необходимой составляющей на различных уровнях образования.

Одна из целей данного закона – закрепление современных требований к образовательному процессу, которые непосредственно связаны с внедрением новых форматов осуществления образовательных программ, появлением современных образовательных технологий, форм и методов обучения.

Образовательные технологии, которые реализуются с помощью информационно-телекоммуникационных компьютерных сетей при удаленном взаимодействии работников образования, учебных материалов и обучающихся называют дистанционными образовательными технологиями.

В настоящее время необходимая для большинства людей текстовая информация находится в цифровом формате, то есть в форме электронного документа. Для того, чтобы иметь возможность оперативно получать доступ к интересующей нас информации, разработано достаточно большое количество программных продуктов. Из-за непрерывного развития современного мира количество этой информации постоянно увеличивается.

Обобщённое, улучшенное и более удобное представление цифрового документа в таком виде можно назвать электронным пособием или электронным учебником.

Электронное пособие имеет набор средств для удобной навигации и поиска нужной информации.

Перечислим основные черты любого электронного пособия, благодаря которым их применение становится более эффективным:

- динамическое отображение материала (при помощи видеороликов, или анимации) подаваемый материал делает более наглядным и удобным для человеческого восприятия;

- маневренность и компактность электронных учебных пособий;

- удобный и понятный интерфейс при поиске нужной информации;

- осуществление беспристрастного контроля и адекватной оценки уровня знаний и навыков пользователя при изучении материала.

Главным положительным моментом является обеспечение гибкости структурированного содержания обучения, приспособление к индивидуальным потребностям личности и уровню ее базовой подготовки [1].

Создание электронных учебных средств является непростой технологической и методической задачей. Но, несмотря на это, с каждым годом появляется все больше электронных учебных материалов в силу их востребованности в образовательной отрасли.

Самая главная проблема – это проблема качества электронных учебников и пособий. Именно от качества разрабатываемых электронных учебных пособий зависит эффективность обучения, основанного на данных материалах, это относится также и к системам дистанционного и открытого образования.

Анализируя работы Барановой Ю.Ю., Зайнутдиновой Л.Х., Удовиченко О.Н. и др., посвященные созданию электронных учебников, следует отметить, что единого мнения и соответственно общих правил разработки данного вида дидактических материалов нет.

Первое с чем сталкивается преподаватель, решивший создать электронное пособие – это большое разнообразие программных продуктов и технологий.

Остановимся на выборе вспомогательной программы оболочки, которая будет использоваться при создании электронного пособия, ведь его качество во многом предопределено таким выбором. Авторские коллективы используют различные программы-оболочки, которые условно можно разделить на две группы: прикладные программы и инструментальные системы. Прикладные программы (Macromedia Flash, Microsoft FrontPage, Microsoft PowerPoint, Adobe Acrobat, 3D Studio MAX и т.д.) непосредственно обеспечивают выполнение операций, не связанных с программированием. Инструментальные системы, или системы программирования (Turbo C++, Borland Delphi, Visual Basic и т.д.), предоставляют возможности создания новых программ. Анализ литературы, в которой делается попытка анализа эффективности выбора программы-оболочки с позиций целесообразности использования при создании электронных учебников, показал чрезвычайную сложность этого даже для специалистов, имеющих широкий круг интересов [2].

Желание сделать оригинальное и «лучшее в мире» пособие только усугубляет проблему его воплощения в жизнь. Начинается всё с метода проб и ошибок. Берётся программа или технология, изучается и тестируется. Выявляются преимущества и недостатки. Затем всё повторяется со следующей. В итоге мы остаёмся у разбитого корыта, когда потрачено много времени и сил, а конкретного воплощения замысла так и нет. Руки опускаются, работа прерывается, полученные знания и навыки забываются. Чтобы обрисовать проблему полнее приведём далеко не полный перечень существующих программ и технологий как кандидатов для использования в процессе создания электронного пособия.

Программное обеспечение Microsoft Office Word предназначено для создания, редактирования, просмотра текстовых документов и обмена ими. Данный продукт фирмы Microsoft интенсивно используется при подготовке текстового контента практически каждого разрабатываемого электронного пособия, при создании таблиц, списков, преобразовании форматов и т.д. и т.п.

В принципе использование текстового редактора Word уже было достаточно для создания небольшого гипертекстового электронного пособия, которое можно было использовать автономно или разместить в Интернет, но для реализации наглядности и интерактивности, возможности регистрации учеников, отслеживания прогресса освоения материала, наличия тестов необходимо другое программное обеспечение.

Существует инновационная технология генерации учебных материалов DocumentSuite, с возможностью проверки знаний и учёта результатов. Сайт программы: <http://www.jetdraft.com/rus/index>. DocumentSuite реализует способ обработки документов, дающий возможность пользователю оперировать визуальными блоками документа, посредством значительно упрощенного варианта языка программирования, без привязки к содержанию документа или его формату. Такой подход позволяет избавиться от необходимости повторения однотипных операций изменения данных в документах большого объёма. Достижимым при этом техническим результатом является существенное повышение производительности труда пользователя, занимающегося однотипными операциями изменения содержимого электронного документа. У данной программы есть хорошая справочная система: <http://jetdraft.com/jds2008/help/rus/>. Недостатки: сложность освоения.

Программа Captura предназначена для записи видео с экрана компьютера или ноутбука. Сочетает одновременно три свойства: простота использования, достаточная для большинства функциональность и бесплатность. Сайт программы: <https://mathewsachin.github.io/Captura/>. Данная программа может использоваться при записи видеоуроков с демонстрацией рабочего стола компьютера.

YouTube — видеохостинговый сайт, на котором пользователям предлагаются услуги хранения, доставки и показа видео. Пользователи могут загружать, просматривать, оценивать, комментировать, добавлять в избранное и делиться теми или иными видеозаписями. Использование данного ресурса позволит решить проблему недостатка места для размещения видеоматериалов на собственном сайте. Хранить видео можно на YouTube, а на сайте размещать ссылки.

Электронные учебники в формате HTML. Как известно, этот формат используется для создания Интернет сайтов. Однако есть довольно много книг, написанных на этом языке или его модификациях. Но для создания книги в этом формате необходимо иметь хотя бы базовые знания языка гипертекстовой разметки. Однако сегодня возможно конвертировать в HTML все тот же DOC или RTF файл при помощи текстового редактора. При работе с элементами электронного учебника учащиеся не только получают знания, но и умения. Встроенные в электронные пособия тестовые модули,



позволяют не только осуществлять контроль за уровнем усвоения обучающимися учебного материала, но и позволяют облегчить работу преподавателя.

Электронный учебник является инструментом обучения и познания, его структура и содержание зависят от целей его использования. Он должен выполнять функции репетитора, тренажера и самоучителя. Особую значимость он приобретает при использовании в телекоммуникационных системах.

### **Выводы**

Таким образом, мы рассмотрели некоторые возможности создания электронных пособий для образовательного процесса. У каждого из предложенных методов есть свои достоинства и недостатки. Но бесспорно, что использование электронных пособий при организации образовательного процесса дает возможность изложения большего объема учебной информации в четко структурированной и последовательно организованной форме, что в свою очередь усиливает визуальное восприятие и облегчает усвоение учебного материала.

### **Литература**

1. Андреева Т.Ю., Герасимова А.Г. основные направления дистанционного обучения и применение средств ИКТ в профессиональной деятельности учителя изобразительного искусства // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6. URL: <https://clck.ru/FwSk5> (дата обращения: 28.03.2019).

2. Монастырев П.В., Аленичева Е.В. Этапы создания электронных учебников // Высшее образование в России. 2001. №5. URL: <https://clck.ru/FwSkL> (дата обращения: 28.03.2019).

УДК 004.02:519.816

## **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА TOPSIS В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЛИЦА, ПРИНИМАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ**

## **MULTI-CRITERIA ASSESSMENT OF ALTERNATIVES BASED ON THE TOPSIS METHOD IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF THE PREFERENCES OF THE DECISION MAKER**

Нефедов А.С., Шакиров В.А.,  
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»,  
г. Братск, Российская Федерация

Nefedov A.S., Shakirov V.A.,  
Bratsk state university, Bratsk, Russian Federation,

e-mail: [domino1991@rambler.ru](mailto:domino1991@rambler.ru)

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема многокритериального анализа и принятия решений в условиях современного развития различных отраслей науки и производства. В качестве решения возникающих многокритериальных задач

предлагается использование метода TOPSIS в условиях неопределенности предпочтений лица, принимающего решение. Предложены процедуры построения однокритериальных функций ценности, как меру оценки предпочтений лица, принимающего решение, относительно изменения оценок альтернатив по шкале критериев. Рассмотрены основные этапы метода с учетом модификации: формирование иерархии целей и критериев; формирование множества альтернатив, их оценка по критериям; нормализация оценок по критериям; определение взвешенной матрицы нормированных значений; определение идеального позитивного и негативного решений; определение расстояний между альтернативами; определение интегральных показателей альтернатив и выбор наилучшего решения. Предложенный подход позволяет с большим основанием принимать решение о выборе альтернативы, так как результат устойчив к изменению предпочтений в определенном диапазоне. Применение предложенного подхода целесообразно в задачах коллективного принятия решений с несколькими сценариями развития проблемы. Проведен сравнительный анализ итоговых показателей на гипотетическом примере при использовании: оригинального метода; при построении функций ценности в условиях определенности и неопределенности предпочтений лица, принимающего решение.

**Abstract.** The article deals with the problem of multi-criteria analysis and decision making in the conditions of modern development of various branches of science and production. As a solution to emerging multi-criteria problems, it is proposed to use the TOPSIS method under conditions of uncertainty in the preferences of the decision maker. Procedures are proposed for constructing single-criterion functions of value as a measure of assessing the preferences of the decision maker regarding changes in the estimates of alternatives on a scale of criteria. The main stages of the method are considered taking into account the modification: the formation of a hierarchy of goals and criteria; the formation of a variety of alternatives, their evaluation criteria; normalization of ratings by criteria; determination of the weighted matrix of normalized values; identification of ideal positive and negative decisions; determining the distance between alternatives; definition of integral indicators of alternatives and the choice of the best solution. The proposed approach allows, with greater reason to decide on the choice of alternatives, since the result is resistant to changing preferences in a certain range. The application of the proposed approach is appropriate in collective decision-making tasks with several scenarios for the development of the problem. A comparative analysis of the final indicators on a hypothetical example with the use of: the original method; when constructing value functions in the conditions of certainty and uncertainty of the preferences of the decision maker.

**Ключевые слова:** принятие решений, TOPSIS, функция ценности, предпочтения, лицо, принимающее решение, критерий, альтернатива.

**Keywords:** decision making, TOPSIS, value function, preferences, decision maker, criterion, alternative.

Многокритериальное принятие решений (Multi-criteria decision making (MCDM)) – это выбор наилучшего решения из конечного набора альтернатив с точки зрения нескольких противоречивых критериев.

В настоящее время развитие различных сфер науки и производства достигло такого уровня, когда формирование наилучшего решения требует учета всевозможных влияющих факторов. При этом возникают проблемы анализа значительного объема информации, учета требований к срокам выработки и качеству оптимального решения.

В результате перед лицом, принимающим решение (ЛПР), возникает сложная задача, решение которой требует использование различных методов теории принятия решений.

Одним из таких методов является метод TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) [1]. Данный метод обширно используется в таких сферах, как энергетика [2], стратегическое планирование [3], интернет-индустрия [4], геолокационная оптимизация. Основная концепция метода заключается в том, что измеряется расстояние до идеального позитивного (ИПР) и идеального негативного решения (ИНР), и наилучшей признается альтернатива, имеющая наименьшее расстояние до первого и соответственно наибольшее до второго. Однако при использовании оригинального метода TOPSIS в некоторых случаях изменение оценок по некоторым критериям для ЛПР не пропорционально изменению их ценности. В данной статье предлагается модификация метода TOPSIS с использованием функций ценности для учета изменений предпочтений ЛПР по шкале оценок альтернатив по критериям. Также предложен подход к учету неопределенности ЛПР при построении функций ценности. На гипотетическом примере рассматриваются особенности применения предлагаемых подходов.

### **Применение метода TOPSIS в условиях неопределенности предпочтений ЛПР**

На рисунке 1 представлены основные этапы метода TOPSIS [5].

На первом этапе при взаимодействии с ЛПР формируется цель и критерии, которые служат мерой оценки степени достижения цели при сравнении альтернатив.

На втором этапе формируется набор альтернатив и проводится сбор информации для их оценки по критериям с использованием объективных или субъективных моделей.

На третьем этапе проводится нормализация оценок альтернатив. ЛПР задает вопрос следующего вида: «Предположим, что лучшей оценке  $x_i^1$  по критерию  $i$  соответствует ценность  $v_i(x_i^1)=1$ , а худшей оценке  $x_i^0$  соответствует ценность  $v_i(x_i^0)=0$ . Назовите оценку по критерию  $x_i$ , ценность которой равна 0,5». Если оценка по критерию с ценностью 0,5 соответствует  $(x_i^1-x_i^0)/2$ , то для ЛПР соблюдается условие, что изменение ценности  $v_i$  на интервале от 0 до 1 имеет линейную зависимость.

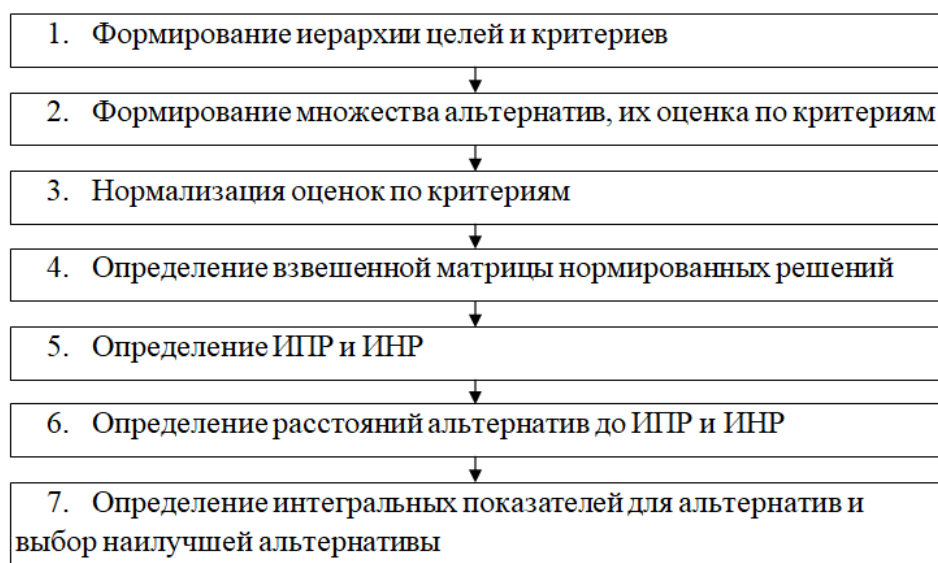


Рисунок 1. Этапы метода TOPSIS

В таком случае целесообразно использовать стандартный способ нормализации оригинального метода TOPSIS:

$$u_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

где  $x_{ij}$  – оценка альтернативы  $i$  по критерию  $j$ ;  $m$  – количество альтернатив.

В случае нелинейной зависимости при участии ЛПР определяются значения шкалы оценок альтернатив по критерию для точек с ценностью  $v_i = 0,25; 0,5; 0,75$ . В результате чего формируется функция ценности относительно оценок альтернатив по каждому из критериев следующего вида (рисунок 2 а). Однако при решении многокритериальных задач ЛПР не всегда может дать точный ответ относительно значений ценности оценок альтернатив по критерию. Например, в задачах с большим горизонтом планирования, участием нескольких заинтересованных сторон, наличием нескольких сценариев развития проблемы, ЛПР не всегда может определить и количественно выразить точной оценкой, как будет меняться ценность альтернатив по критериям. В этом случае предполагается использование модель предпочтений ЛПР, в которой предоставляется возможность задания нечетких оценок ценности [6, 7]. Такая модель в рамках формирования функций ценности имеет вид (рисунок 2 б).

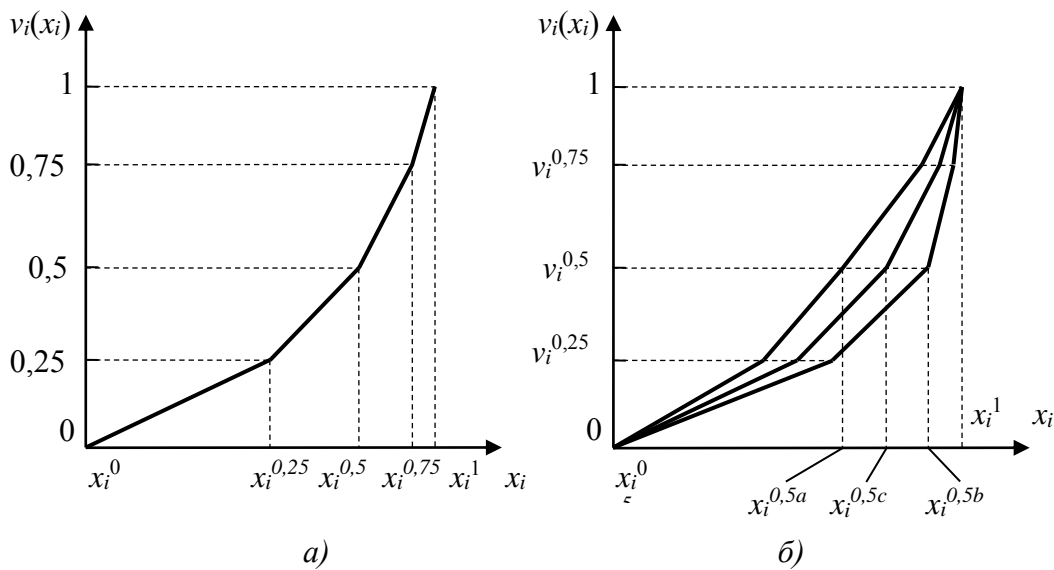


Рисунок 2. Однокритериальные функции ценности  
 а – при точных оценках предпочтений ЛПР;  
 б – нечеткая однокритериальная функция ценности.

Рассмотрим процедуру построения нечеткой однокритериальной функции ценности (НОФЦ), изложенную в [6, 7].

На рисунке (2 б) используются следующие обозначения оценок по критериям  $x$  и ценности оценок по критериям  $v$ .

Пусть верхний индекс  $a$  соответствует меньшей,  $b$  – большей,  $c$  – средней нечеткой оценке.

Построение НОФЦ ведется по пяти опорным точкам [6, 7].

На интервале от  $[x_i^0, x_i^1]$  определяется средняя по ценности точка  $x_i^{0,5c}$ , а также возможные граничные условия  $x_i^{0,5a}$ ,  $x_i^{0,5b}$  (рисунок 2 б).

ЛПР считает, что изменение оценки по критерию с  $x_i^0$  до  $x_i^{0,5c}$  равноценно изменению с  $x_i^{0,5c}$  до  $x_i^1$ , но допускает возможное изменение точки равной ценности от  $x_i^{0,5a}$  до  $x_i^{0,5b}$ .

Таким образом, от ЛПР будет получена нечеткая оценка  $\tilde{v}_i^{0,5}(x_i^{0,5a}, x_i^{0,5c}, x_i^{0,5b})$ .

Оценки  $x_i^{0,5a}, x_i^{0,5c}, x_i^{0,5b}$  имеют одинаковую ценность для ЛПР, равную 0,5.

Аналогичным образом устанавливаются средние по ценности точки на интервале  $[x_i^0, x_i^{0,5c}]$  и  $[x_i^{0,5c}, x_i^1]$  с ценностью  $\tilde{v}_i^{0,25}$  и  $\tilde{v}_i^{0,75}$  соответственно [6, 7].

Определение ценности по НОФЦ осуществляется по методике, изложенной [7].

В результате на 4 этапе при использовании нечетких функций ценности формируется взвешенная матрица нормированных значений:

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} & \dots & \tilde{r}_{1n} \\ \tilde{r}_{21} & \tilde{r}_{22} & \dots & \tilde{r}_{2n} \\ \dots & \dots & \tilde{r}_{ij} & \dots \\ \tilde{r}_{m1} & \tilde{r}_{m2} & \dots & \tilde{r}_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

где  $\tilde{r}_{ij} = w_j [v_{ij}^a, v_{ij}^c, v_{ij}^b]$  – нормализованное значение оценки альтернативы  $i$  по критерию  $j$ ;  $n$  – количество критериев;  $w_j$  – вес  $j$ -го критерия.

На этапе 5 (рисунок 1) определяется идеальное позитивное решение:

$$A^+ = (r_1^+, r_2^+, \dots, r_n^+) \quad (3)$$

$$r_j^+ = \max_i(\tilde{r}_{ij}) \quad (4)$$

и идеальное негативное решение:

$$A^- = (r_1^-, r_2^-, \dots, r_n^-) \quad (5)$$

$$r_j^- = \min_i(\tilde{r}_{ij}) \quad (6)$$

Следующим этапом является определение расстояний альтернатив до ИПР и ИНР:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_r(\tilde{r}_{ij}, r_j^+) \quad (7)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_r(\tilde{r}_{ij}, r_j^-) \quad (8)$$

где  $d_r$  определяется как:

$$d_r(\tilde{r}_{ij}, r_j^\pm) = \sqrt{\frac{1}{3} [(r_{ij}^a - r_j^\pm)^2 + (r_{ij}^c - r_j^\pm)^2 + (r_{ij}^b - r_j^\pm)^2]} \quad (9)$$

После чего на заключительном этапе определяются интегральные показатели альтернатив:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (10)$$

Альтернатива с наивысшим значением  $CC_i$  считается наилучшим решением.

**Пример использования модифицированного метода TOPSIS**

Рассмотрим отдельные этапы многокритериальной оценки альтернатив в условиях неопределенности ЛПР на гипотетическом примере. Пусть перед ЛПР стоит задача многокритериального анализа альтернатив по трем критериям в условиях неопределенности предпочтений. В таблице 1 представлена информация об оценках альтернатив.

Таблица 1. Оценки альтернатив по критериям.

	$K_1$	$K_2$	$K_3$
$A_1$	10	60	3
$A_2$	20	100	4
$A_3$	30	90	5
$A_4$	40	40	5
$A_5$	55	20	3
$A_6$	60	0	3

Предположим, что при опросе ЛПР были сформированы НОФЦ следующего вида (рисунок 3).

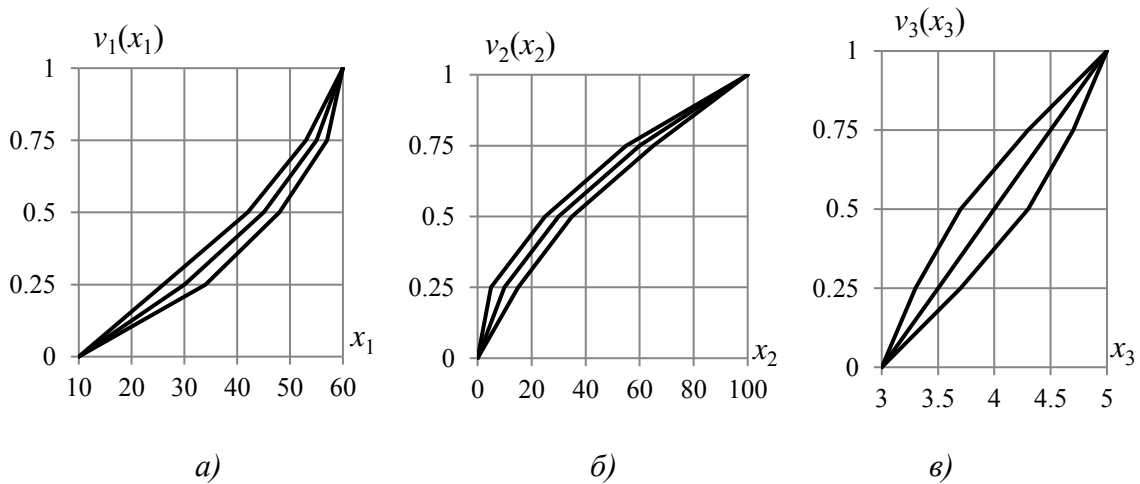


Рисунок 3. Нечеткие однокритериальные функции ценности трех критериев;  $a - K_1$ ;  $б - K_2$ ;  $в - K_3$ .

На основе НОФЦ (рисунок 3) были получены следующие нечеткие ценности альтернатив (таблица 2).

Таблица 2 – Нормализация оценок альтернатив на основе НОФЦ.

	$K_1$			$K_2$			$K_3$		
	$v_{i1}^a$	$v_{i1}^c$	$v_{i1}^b$	$v_{i2}^a$	$v_{i2}^c$	$v_{i2}^b$	$v_{i3}^a$	$v_{i3}^c$	$v_{i3}^b$
$A_1$	0	0	0	0,708	0,750	0,778	0	0	0
$A_2$	0,104	0,125	0,156	1	1	1	0,375	0,500	0,625
$A_3$	0,208	0,250	0,313	0,929	0,938	0,944	1	1	1
$A_4$	0,357	0,417	0,469	0,542	0,583	0,625	1	1	1
$A_5$	0,694	0,750	0,821	0,313	0,375	0,438	0	0	0
$A_6$	1	1	1	0	0	0	0	0	0

В качестве весов критериев были приняты следующие величины:  $w_1=0,4$ ,  $w_2=0,3$ ,  $w_3=0,3$ . В результате многокритериального анализа по формулам (2)-(10) были получены следующие интегральные показатели (таблица 3).

Таблица 3 – Интегральные показатели альтернатив в условиях неопределенности предпочтений ЛПР.

Альтернатива	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
$CC_i$	0,336	0,477	0,537	0,528	0,541	0,536

На основании таблицы 3 можно сказать, что наилучшей является альтернатива  $A_5$ .

Проведем сравнительный анализ с показателями альтернатив, полученными при линейном характере зависимости изменения ценности альтернатив от их оценок (таблица 4).

Таблица 4 – Интегральные показатели альтернатив на основе оригинального метода TOPSIS.

Альтернатива	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
$CC_i$	0,285	0,493	0,597	0,570	0,550	0,536

В случае линейной зависимости наилучшей является альтернатива  $A_3$ . Таким образом, можно сделать вывод, что учет предпочтений ЛПР относительно изменения оценок альтернатив по шкале критерия играет важную роль при проведении многокритериального анализа.

Приведем показатели альтернатив, полученные при формировании функций ценности в условиях определенности предпочтений ЛПР (рисунок 2а).

Таблица 5 – Интегральные показатели альтернатив в условиях определенности предпочтений ЛПР.

Альтернатива	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
$CC_i$	0,337	0,467	0,534	0,529	0,539	0,536

Результаты, представленные в таблицах 3, 5 отличаются незначительно, ранжирование альтернатив не изменилось. Однако результаты, полученные в таблице 3, учитывают возможные изменения предпочтений ЛПР относительно ценности оценок альтернатив по критериям. Такой результат позволяет с большим основанием принимать решение о выборе альтернативы, так как даже изменения предпочтений ЛПР в определенном диапазоне не отразятся на ранжировании.

## Выводы

Итак, в данной статье было рассмотрено применение многокритериального метода TOPSIS при неопределенности предпочтений ЛПР. Рассмотрены процедуры построения нечетких однокритериальных функций ценности для учета предпочтений ЛПР относительно изменения оценок альтернатив по шкале критериев. В гипотетическом примере проведен сравнительный анализ итоговых показателей альтернатив при использовании: оригинального метода, а также модифицированного метода с использованием функций ценности в условиях определенности и неопределенности предпочтений ЛПР. Применение предложенного подхода

целесообразно в задачах с несколькими ЛПР, с несколькими сценариями развития проблемы.

### **Литература**

1. Hwang, C.L.; Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag.
2. Locatelli, Giorgio; Mancini, Mauro (2012-09-01). "A framework for the selection of the right nuclear power plant". International Journal of Production Research. 50 (17): 4753-4766.
3. M. Sadeghi, S.H. Razavi and N. Saberi, Application of grey TOPSIS in preference ordering of action plans in balanced scorecard and strategy map, Informatica 24(4) (2013) 619-635.
4. C.-C. Sun and G. T. Lin, Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the competitive advantages of shopping websites, Expert Systems with Applications 36(9) (2009) 11764-11771.
5. Ewa Roszkowska. Multi-criteria Decision Making Models by Applying the Topsis Method to Crisp and Interval Data // Multiple Criteria Decision Making 2011; vol 6: 200-300.
6. Шакиров В.А. Принятие решений в условиях нечетких предпочтений на основе многокритериальной теории ценности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. №3. С. 48-55.
7. В.А. Шакиров. Многокритериальная оценка альтернатив на основе теории полезности в условиях неопределенности предпочтений лица, принимающего решения // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2018. Т. 13. №1. С. 17-35.

УДК 004.9

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

### **THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES IN EDUCATIONAL PROCESS**

Герасимова А.Г.,  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет  
им. И.Я. Яковлева»  
г. Чебоксары, Российская Федерация

A.G. Gerasimova,  
I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University,  
Cheboksary, Russian Federation

e-mail: alina2902@mail.ru

**Аннотация.** В настоящее время информатизация системы образования вступает на качественно новый уровень, так как решается задача эффективного использования электронных образовательных ресурсов для конструирования учебного процесса и организации взаимодействия всех субъектов этого процесса. С применением и созданием электронных образовательных ресурсов, которые позволяют управлять



самостоятельной работой студентов на принципиально новом организационном уровне, связаны перспективы развития различных технологий обучения.

Одной из целей современного российского образования является информатизация образовательного процесса. Без использования современных средств информационных технологий уже невозможно представить образовательный процесс, отвечающий требованиям современного информационного общества. В связи с этим необходимо внедрять их во все сферы жизни. Сфера образования не является исключением, она наоборот должна вплотную идти со временем и все больше использовать информационные технологии для подготовки обучающихся к современному миру. Традиционные учебники начинают заменяться электронными, которые в своём содержании могут иметь не только текстовую информацию, но и различный мультимедийный контент.

В статье рассматриваются виды и классификация электронных образовательных ресурсов. Были подробно раскрыты платформы ЭОР, также были выделены программные средства по методическому назначению.

**Abstract.** At present, the informatization of the education system is entering a qualitatively new level, since the task of efficiently using electronic educational resources for designing the educational process and organizing the interaction of all the subjects of this process is being solved. With the use and creation of electronic educational resources that allow you to manage the independent work of students at a fundamentally new organizational level, prospects for the development of various learning technologies are associated.

One of the goals of modern Russian education is the informatization of the educational process. Without the use of modern information technology tools, it is no longer possible to imagine an educational process that meets the requirements of the modern information society. In this regard, it is necessary to introduce them into all spheres of life. The field of education is not an exception; on the contrary, it should go very closely with time and increasingly use information technologies to prepare students for the modern world. Traditional textbooks are beginning to be replaced by electronic ones, which in their content may have not only textual information, but also various multimedia content.

The article discusses the types and classification of electronic educational resources. The ESM platforms were disclosed in detail, software for methodical purposes was also allocated.

**Ключевые слова:** информационные технологии, электронные образовательные ресурсы.

**Keywords:** information technologies, electronic educational resources.

В современном мире невозможно представить жизнь без информационных технологий.

В наше время перед педагогами ставится сложная задача, им необходимо искать способы проведения уроков, на котором обучающиеся будут слушать именно учителя, поэтому традиционные уроки, заменяются на электронные ресурсы для обучения. Теперь, когда в классах установлены компьютеры, проекторы, у учителей есть возможность заинтересовать учеников, отвлечь их от своих смартфонов.

На актуальность проблемы использования ЭОР в учебном процессе указывают исследования Л.Л. Босовой, Л.Х. Зайнутдиновой, А.А. Кузнецова, И.В. Роберт и др., в которых показано, что ЭОР способствуют совершенствованию форм, методов и содержания обучения. Кроме того, в этих работах делается вывод, что в условиях

применения ЭОР осуществляется индивидуализация обучения, формируются умения осуществлять информационную деятельность и информационное взаимодействие.

Для того чтобы понять, чем заменяются учебные пособия в современном образовании, необходимо дать определение электронным образовательным ресурсам.

Электронный образовательный ресурс – это совокупность средств программного, технического и организационного обеспечения, электронных изданий, размещаемая на электронных устройствах, а также в сети. То есть это тот же учебник, который имеет больше функций, он может содержать в себе видео и аудио информацию, а также иметь в своем содержании практические задания, которые можно выполнять после прочтения материала.

Электронные образовательные ресурсы подразделяются на три вида:

1) текстографические ЭОР. Весь учебный материал представляется на электронном устройстве и состоит из текстовой информации и изображений, это может быть тот же учебник, только в электронном виде, который при желании всегда можно распечатать.

2) текстовые ЭОР с навигацией по материалу. В данном случае к электронным образовательным ресурсам относятся такие книги, читать которые можно на ПК, переходя в любой момент на требуемую страницу. Указывая нужный термин, можно в дополнительном небольшом окне прочитать его характеристику (определение) либо сменить мгновенно содержимое экрана, указав словосочетание (ключевую фразу). Навигация по тексту происходит нелинейно, а текстографический продукт именуют гипертекстом.

3) мультимедийные электронные образовательные ресурсы. Видео, звуковая, а также анимационная информация привлекает внимание школьников, тем самым делают обучающий процесс более ярким и интересным.

По классификации ЭОР видно, что наиболее эффективные электронные образовательные ресурсы это мультимедийные ЭОР, которые привлекают обучающихся.

Использование мультимедиа в электронных образовательных ресурсах позволяет повысить качество урока и мотивацию учеников к дальнейшей работе, как на уроке, так и самостоятельно дома.

Стоит отметить, что в наше время, практически все ЭОР включают в себя мультимедиа, поэтому эти два понятия: мультимедиа технологии и электронные ресурсы неразрывно связаны между собой.

Для того чтобы можно было воспользоваться электронным образовательным ресурсом необходимы две части: аппаратная и программная.

Аппаратные средства дают возможность воспроизвести то, что представлено в электронном образовательном ресурсе. К ним относятся: персональные компьютеры, планшетные компьютеры, смартфоны, системы «виртуальной реальности», проекторы с экранами, интерактивные доски.

Программная часть подразделяется на два вида: системная и инструментальная. Для управления аппаратными средствами используют системные программные средства, которые также называют драйверами устройств.

Инструментальные программные средства расширяют возможности пользователей, по сравнению с системными средствами. Разработкой данных средств занимаются многие компании, одни из самых известных – Microsoft, Adobe Systems, Apple.

Аппаратные и программные части совместно с учебным материалом создают единую систему. Эта система и позволяет пользователю применять электронные ресурсы для обучения.

В период информатизации образования, применение электронных технологий в образовательной сфере является очень важной частью.

На занятиях основными видами электронных средств являются:

1. система интерактивного опроса. Такая система только начинает появляться в учебных заведениях, она помогает устраивать опросы на уроках.

Система интерактивного опроса состоит из пультов, которые находятся на партах у учеников, на которые они нажимают. Система контролирует каждого ученика, оставляет о нем все данные, по его ответам, тем самым учитель всегда имеет возможно увидеть с какой темой, у кого имеются проблемы.

2. мультимедийный экран. Такой экран установлен уже практически в каждом классе, он транслирует все то, что находится у учителя на компьютере.

Плюсом применения такого экрана на уроках является достаточно большой размер, что позволяется ученикам даже с последних парт, увидеть все, что представлено.

3. интерактивная доска. Представляет собой сенсорный экран большой диагонали.

Кроме этого в работе участвует компьютер и проектор, который проецирует рабочий стол компьютера на данную доску. Учитель может демонстрировать весь ход своей работы прямо на интерактивной доске, используя стилус, либо пальцы рук, все зависит от того какая технология использовалась при разработке доски. Пальцы или стилус выступают в качестве компьютерной мыши.

С использованием интерактивной доски уроки проходят динамичнее, нагляднее. Очень удобно, с такой доской, создавать разнообразные таблицы, чертежи, диаграммы, она имеет достаточно много инструментов.

Стоит отметить и то, что все объекты, которые были созданы на интерактивной доске сохраняются в компьютере. Кроме этого есть возможность сохранить создание некоего объекта в видео формате, которое в будущем может просматриваться, при этом есть возможность выбрать скорость для видео.

4. диагностические комплексы. Диагностические комплексы в образовании только начинают зарождаться, появляться в школах. Она направлена на то, чтобы собирать данные, систематизировать их и выдавать анализ на каждого обучающегося, тем самым они помогают подобрать подход к каждому ученику.

5. обучающие программы. Обучающая программа – электронный образовательный ресурс, учебный материал, воспроизводимый на электронных устройствах. ЭОР очень эффективны в обучении, так как по ним можно обучаться не только в школах, но и дома, самостоятельно. У обучающихся появится возможность самостоятельно контролировать свои знания, работая дома с таким учебным пособием.

В настоящее время многие компании-разработчики создают среды для создания электронных образовательных ресурсов. Можно выделить следующие платформы:

1. Microsoft Power Point. Power Point является частью пакета Microsoft Office. Данный продукт позволяет создавать презентации, которые могут являться электронным пособием. PowerPoint достаточно легок в использовании. Использование данного продукта на уроках повышает интерес обучающихся к теме. «Функциональные возможности программы PowerPoint позволяют создавать презентации, объединяющие самые различные мультимедийные элементы (компьютерную графику, анимацию, видео-и звуковые материалы) в единое целое» [19, с. 49].

2. Adobe Flash (Macromedia Flash). Adobe Flash платформа для разработки приложений, презентаций, анимации, игр, с использованием мультимедиа технологий, которая использует язык программирования ActionScript, который увеличивает возможности данного продукта. Поэтому у данной платформы есть все возможности для создания обучающих программ.

3. ГиперМетод. В данной программе создаются электронные учебники, пособия, программы, которые позже издаются на CD-дисках, выпускаются и скачиваются в интернете. Могут содержать в себе различный мультимедийный контент. Примерами разработанных программ являются: образовательная энциклопедия «Русский музей. Живопись», мультимедиа учебник «Социальная компетентность» и многие другие. Следует отметить, что данная среда платная, в связи с чем не все могут создавать в ней свои обучающие ресурсы.

4. 1С: Электронное обучение. 1С: Электронное обучение является большой платформой для создания обучающих программ. Она позволяет создавать внутри себя собственные обучающие программы, с использованием мультимедиа, также поможет импортировать материалы других разработчиков [40]. Для облегчения создания обучающей программы 1С позволяет загружать в себя уже готовые файлы продуктов Microsoft.

5. Система Moodle. Данная система предназначена для составления дистанционных курсов, в которых можно использовать информацию различного вида. Следует отметить, что система Moodle совершенно бесплатная.

### **Выводы**

Применение информационных технологий, которыми являются ЭОР, позволяет разнообразить учебные занятия, сделать их более интересными и полезными для обучаемых.

### **Литература**

1. Андреева Т.Ю. Сетевые социальные сервисы в образовании / Бахтина О.Э., Андреева Т.Ю. // В сборнике: Информационные технологии в науке и образовании / Ответственный редактор: Т.А. Лавина. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2017. – С. 11-15.

2. Герасимова А.Г. Вопросы подготовки будущих учителей к использованию информационных и коммуникационных технологий в условиях информатизации образования // В сборнике: Актуальные проблемы методики обучения информатике в современной школе / Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. Под редакцией Л.Л. Босовой, Н.К. Нателаури. – Москва: Москов. пед. гос. ун., 2018. – С. 165-167.

3. Фадеева К.Н. Использование метода проектов как средства формирования ИКТ-компетентности бакалавров сервиса / А.Г. Герасимова, К.Н. Фадеева // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун, 2016. – №3 (91). – С. 176-181.

4. Фадеева К.Н. Роль информационной образовательной среды при обучении дошкольников // Никоновские чтения: эл. сб. научных статей по материалам II Всероссийского культурологического форума «Никоновские чтения» (в память о заслуженном работнике образования ЧР Г.Л. Никоновой) / под ред. А.В. Никитиной. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2017. – С. 74-77.

5. Ушакова В.А. Использование информационных технологий на уроках математики // Молодой ученый. – 2016. – №8. – С. 1053-1055. – URL: <https://clck.ru/FwS44>

УДК 004:534.1

**ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СТЕРЖНЯ С ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ  
И ВЫЧИСЛЕНИЕ ЕГО СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ****TRANSVERSE VIBRATIONS OF A ROD WITH VARIABLE CROSS SECTION  
AND CALCULATING ITS NATURAL FREQUENCIES AND SHAPES**

Нусратуллина Л.Р., Павлов В.П.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация

L.R. Nusratullina, V.P. Pavlov,  
FSBEI HE “Ufa State Aviation Technical University”, Ufa, Russian Federation

e-mail: mardliliya@yandex.ru

**Аннотация.** С поперечными колебаниями мы встречаемся при расчете различного рода балок, подвергающихся действию переменных поперечных сил, при исследовании колебаний мостов и железнодорожных рельсов под действием подвижных нагрузок, при изучении вибраций, возникающих в корпусе судов под действием сил инерции неуравновешенных частей машин. При проектировании конструкций часто возникает задача определения частот собственных колебаний стержней с переменным по длине поперечным сечением. В статье рассматриваются собственные поперечные колебания стержня с поперечным сечением прямоугольной формы, имеющим постоянную высоту и переменную ширину, изменяющуюся по экспоненциальному закону. Рассмотрены собственные колебания стержня, защемленного на левом конце и шарнирно опертого на правом, защемленного на левом и правом концах. Аналитическим методом получены значения частот собственных колебаний с большим числом значащих цифр при различных функциях изменения поперечного сечения стержня. Приведены две формы колебаний для стержня, защемленного на левом конце и шарнирно опертого на правом конце. Дальнейшее исследование планируется продолжить в направлении определения частот собственных колебаний стержней переменного сечения и опорах, обладающих упругостью.

**Abstract.** With transverse vibrations, we meet in the calculation of various kinds of beams exposed to variable transverse forces, in the study of vibrations of bridges and railway rails under the action of mobile loads, in the study of vibrations arising in the hull under the influence of inertia forces of unbalanced parts of machines. When designing structures, the problem of determining the natural oscillation frequencies of rods with a variable length cross section often arises. The article deals with the proper transverse vibrations of the rod with a cross section of rectangular shape, having a constant height and variable width, changing exponentially. The proper vibrations of the rod, pinched on the left end and hinged on the right, pinched on the left and right ends are considered. The analytical method is used to obtain the eigenfrequency values with a large number of significant digits for different functions of the cross-section of the rod. Two forms of oscillations for the rod pinched at the left end and hinged at the right end are given. Further research is planned to continue in the direction of determining the natural frequencies of the rods of variable cross-section and supports with elasticity.

**Ключевые слова:** стержни переменного сечения; колебания; частоты собственных колебаний, математическое моделирование.

**Keywords:** rods of variable cross-section; fluctuations; frequencies of natural oscillations; math modeling.

При проектировании конструкций часто возникает задача определения частот собственных колебаний стержней с переменным по длине поперечным сечением.

Уравнение колебаний стержня имеет следующий вид [1]:

$$\frac{\partial}{\partial x^2} \left( EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) + \mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

где  $y = y(x, t)$  – функции поперечных перемещений точек оси стержня в зависимости от координаты  $x$  и времени  $t$ ;

$\mu = \mu(x)$  – масса единицы длины стержня;

$E = \text{const}$  – модуль упругости материала стержня;

$I = I(x)$  – осевой момент инерции поперечного сечения стержня.

Запишем уравнение (1) в развернутой форме

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + 2E \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial^3 y}{\partial x^3} + E \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

Решение уравнения (2) будем искать в виде

$$y(x, t) = Y(x) \sin \omega t \quad (3)$$

где  $Y(x)$  – форма колебаний,  $\omega$  – круговая частота собственных колебаний.

После подстановки (3) в (2) и ряда преобразований получаем:

$$EI \frac{\partial^4 Y}{\partial x^4} + 2E \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial^3 Y}{\partial x^3} + E \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} - \mu \omega^2 Y = 0 \quad (4)$$

Зададим выражения для погонной массы стержня  $\mu$  и осевого момента инерции  $I$  в экспоненциальной форме

$$\begin{cases} \mu = \mu_0 e^{\frac{\delta x}{l}}, \\ I = I_0 e^{\frac{\delta x}{l}}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $l$  – длина стержня,  $\mu_0$ ,  $I_0$ ,  $\delta$  – некоторые постоянные.

Определим производные:

$$\frac{\partial I}{\partial x} = I_0 \frac{\delta}{l} e^{\frac{\delta x}{l}}, \quad \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = I_0 \frac{\delta^2}{l^2} e^{\frac{\delta x}{l}}. \quad (6)$$

Подставив (5) и (6) в (4), получим:

$$\frac{\partial^4 Y}{\partial x^4} + 2 \frac{\delta}{l} \frac{\partial^3 Y}{\partial x^3} + \frac{\delta^2}{l^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} - \frac{\mu_0}{EI_0} \omega^2 Y = 0 \quad (7)$$

Перейдем к безразмерным величинам

$$\begin{cases} \tilde{x} = \frac{x}{l}, \tilde{x} \in [0;1], \\ \tilde{y} = \frac{Y}{Y_0}, \tilde{y} \in [0;1], \end{cases} \quad (8)$$

где  $Y_0$  – масштабный коэффициент с размерностью перемещения. Тогда уравнение (7) в безразмерных величинах примет вид

$$\frac{\partial^4 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^4} + 2\delta \frac{\partial^3 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^3} + \delta^2 \frac{\partial^2 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^2} - \frac{\mu_0 l^4}{EI_0} \omega^2 \tilde{y} = 0. \quad (9)$$

Введем обозначение

$$\tilde{\omega}^2 = \frac{\mu_0 l^4}{EI_0} \omega^2 \quad (10)$$

и представим (10) в виде

$$\frac{\partial^4 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^4} + 2\delta \frac{\partial^3 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^3} + \delta^2 \frac{\partial^2 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^2} - \tilde{\omega}^2 \tilde{y} = 0. \quad (11)$$

Точное решение уравнения (11) имеет вид [2-5]:

$$\tilde{y} = e^{-\frac{\delta}{2}\tilde{x}} (C_1 e^{\lambda_1 \tilde{x}} + C_2 e^{-\lambda_1 \tilde{x}} + C_3 \sin(\lambda_2 \tilde{x}) + C_4 \cos(\lambda_2 \tilde{x})), \quad (12)$$

где  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – постоянные интегрирования, определяемые из краевых условий, а величины  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  определяются выражениями

$$\lambda_1 = \sqrt{\tilde{\omega} + \frac{\delta^2}{4}}, \quad \lambda_2 = \sqrt{\tilde{\omega} - \frac{\delta^2}{4}} \quad (13)$$

Зная точное решение (12) уравнения (11), определим значение  $\tilde{\omega}$  при различных краевых условиях.

Рассмотрим собственные колебания стержня, защемленного на левом конце и шарнирно опертого на правом. В этом случае граничные условия имеют вид:

$$\begin{cases} \tilde{y} = 0, & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \tilde{x}} = 0, & \text{при } \tilde{x} = 0, \\ \tilde{y} = 0, & \frac{\partial^2 \tilde{y}}{\partial \tilde{x}^2} = 0, & \text{при } \tilde{x} = 1. \end{cases} \quad (14)$$

При подстановке (12) в уравнения (14) получаем систему из четырех нелинейных уравнений.

$$\begin{cases} \tilde{y}(0) = C_1 + C_2 + C_4 = 0, \\ \frac{\partial \tilde{y}(0)}{\partial \tilde{x}} = -\frac{\delta}{2}(C_1 + C_2 + C_4) + (C_1\lambda_1 - C_2\lambda_1 + C_3\lambda_2) = 0, \\ \tilde{y}(1) = C_1e^{\lambda_1} + C_2e^{-\lambda_1} + C_3\sin(\lambda_2) + C_4\cos(\lambda_2) = 0, \\ \frac{\partial^2 \tilde{y}(1)}{\partial \tilde{x}^2} = \frac{\delta^2}{4}[C_1e^{\lambda_1} + C_2e^{-\lambda_1} + C_3\sin(\lambda_2) + C_4\cos(\lambda_2)] - \\ - \delta[C_1\lambda_1e^{\lambda_1} - C_2\lambda_1e^{-\lambda_1} + C_3\lambda_2\cos(\lambda_2) - C_4\lambda_2\sin(\lambda_2)] + \\ + C_1\lambda_1^2e^{\lambda_1} + C_2\lambda_1^2e^{-\lambda_1} - C_3\lambda_2^2\sin(\lambda_2) - C_4\lambda_2^2\cos(\lambda_2) = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Данная система (15) имеет ненулевое решение, если определитель этой системы равен нулю.

Приравняв определитель к нулю, получим нелинейное уравнение относительно  $\tilde{\omega}$ . Результаты вычислений  $\tilde{\omega}$  с большим числом значащих цифр при различных значениях  $\delta$  представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения  $\tilde{\omega}$  для стержня, защемленного на левом конце и шарнирно опертого на правом при  $\delta = 0$ ,  $\delta = 1$ ,  $\delta = 2$

Форма колебаний	$\delta = 0$	$\delta = 1$	$\delta = 2$
1	15.41820500	14.37828809	13.34399313
2	49.96486299	49.10628044	48.52769256
3	104.24769651	103.42194135	102.94688844
4	178.26972945	177.46237130	177.04167706
5	272.03097130	271.23475205	270.84708305
6	385.53142190	384.74271415	384.37732182
7	518.77108130	517.98778170	517.63844277
8	671.74994947	670.97073055	670.63351556
9	844.46802655	843.69199655	843.36426356
10	1036.92531230	1036.1518433	1035.83173044

Форма упругой линии при поперечных колебаниях стержня защемленного на левом конце и шарнирно опертого на правом конце определяется выражением (12).

Первые две формы колебаний для случая  $\delta = 0$  приведены на рисунке 1.



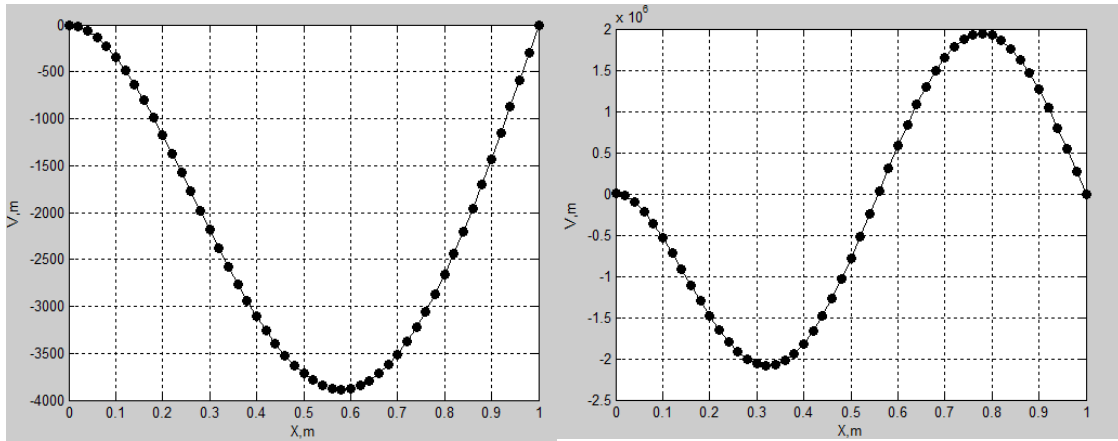


Рисунок 1. Собственные формы колебаний.

Рассмотрим колебания стержня, защемленного по концам. В этом случае граничные условия имеют вид:

$$\begin{cases} \tilde{y} = 0, & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \tilde{x}} = 0, & \text{при } \tilde{x} = 0, \\ \tilde{y} = 0, & \frac{\partial \tilde{y}}{\partial \tilde{x}} = 0, & \text{при } \tilde{x} = 1. \end{cases} \quad (16)$$

При подстановке (12) в уравнения (16) получаем систему однородных уравнений.

$$\begin{cases} \tilde{y}(0) = C_1 + C_2 + C_4 = 0, \\ \frac{\partial \tilde{y}(0)}{\partial \tilde{x}} = -\frac{\delta}{2}(C_1 + C_2 + C_4) + (C_1\lambda_1 - C_2\lambda_1 + C_3\lambda_2) = 0, \\ \tilde{y}(1) = C_1e^{\lambda_1} + C_2e^{-\lambda_1} + C_3\sin(\lambda_2) + C_4\cos(\lambda_2) = 0, \\ \frac{\partial \tilde{y}(1)}{\partial \tilde{x}} = -\frac{\delta}{2}[C_1e^{\lambda_1} + C_2e^{-\lambda_1} + C_3\sin(\lambda_2) + C_4\cos(\lambda_2)] + \\ + C_1\lambda_1e^{\lambda_1} - C_2\lambda_1e^{-\lambda_1} + C_3\lambda_2\cos(\lambda_2) - C_4\lambda_2\sin(\lambda_2) = 0. \end{cases} \quad (17)$$

Данная система (17) имеет ненулевое решение, если определитель этой системы равен нулю.

Приравняв определитель к нулю, получим нелинейное уравнение относительно  $\tilde{\omega}$ . Данное уравнение решаем методом половинного деления. Результаты вычислений  $\tilde{\omega}$  с большим числом значащих цифр при различных значениях  $\delta$  представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения  $\tilde{\omega}$  для стержня, защемленного по концам при  $\delta = 0, |\delta| = 1, |\delta| = 2$

Форма колебаний	$\delta = 0$	$ \delta  = 1$	$ \delta  = 2$
1	22.373285448	22.511681519	22.937727344
2	61.672822868	61.859697266	62.422732168
3	120.903391728	121.107984993	121.722732313
4	199.859448128	200.074120527	200.718609525

Продолжение таблицы 2.

5	298.555535298	298.776620116	299.440139075
6	416.990785836	417.216314054	417.893061450
7	555.165247567	555.394035851	556.080507813
8	713.078917976	713.310200061	714.004120563
9	890.731797198	890.965048511	891.664855938
10	1088.123885220	1088.358730930	1089.063307891

### Выводы

В статье представлены результаты расчета частот и форм собственных колебаний стержня переменного сечения при различных функциях изменения поперечного сечения стержня и различных способах его закрепления. Дальнейшее исследование планируется продолжить в направлении определения частот собственных колебаний стержней переменного сечения и опорах, обладающих упругостью.

### Литература

1. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1965. – 560 с.
2. Tong X., Tabarrok B. Vibration analysis of Timoshenko beams with non-homogeneity and varying cross-section // Journal of Sound and Vibration. 1995. №186(5). P. 821-835.
3. Ece M.C., Aydogdu M., Taskin V. Vibration of a variable cross-section beam. Mechanics Research Communications, 2007. Vol. 34. P. 78-84.
4. Cranch E.T., Adler A.A. Bending vibration of variable section beams // Journal of Applied American Society of Mechanical Engineers. 1956. №23(1). P. 103-108.
5. Павлов В.П. Поперечные колебания стержня с переменным поперечным сечением и вычисление его собственных частот методом сплайнов. // Вестник УГАТУ, 2017. Т. 21, №2(76). С. 3-16.

УДК 004:532.546

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ ГАЗОГИДРАТА ПРИ ИНЖЕКЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫЙ ПЛАСТ

### MODELING OF GAS HYDRATE DECOMPOSITION DURING GAS INJECTION IN A POROUS FORMATION

Запивахина М.Н., Иманов Л.В.,  
ФГБОУ ВПО «Бирский филиал Башкирского государственного университета»,  
г. Бирск, Российская Федерация

M.N. Zapivakhina, L.V. Imanov,  
FSBEI HPE “Birsky branch of Bashkir State University”, Ufa, Russian Federation

e-mail: zapivakhina-marina@rambler.ru

**Аннотация.** Природный газ является одним из наиболее распространенных носителей углеводородного сырья в мире. Однако большой объем добычи данного вида ресурсов поднимает проблему скорого исчерпания его традиционных запасов. Данный

вопрос может быть решен благодаря газовым гидратам. Одним из альтернативных источников энергии являются газогидраты – принципиально новый вид топлива, покоящегося на дне морей и в зонах вечной мерзлоты. В одном кубометре природного газогидрата содержится до  $180 \text{ м}^3$  газа и  $0,78 \text{ м}^3$  воды. Разложение гидрата в замкнутом объеме сопровождается значительным повышением давления. Процесс разложения газогидрата происходит с поглощением тепла. На разложение природных гидратов в пласте, как показывают исследования, необходимо затратить от 6 до 12 % энергии, содержащейся в гидратированном газе. Газовые гидраты имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными месторождениями углеводородного сырья: широкое распространение в природе, огромные объемы залежей, глубина залегания и концентрированное состояние газов. В данной работе рассматривается задача разложения газового гидрата при нагнетании газа в пористый пласт. Была построена математическая модель для данного процесса и найдено автомодельное решение для этой задачи. Математическое моделирование процесса разложения газовых гидратов позволяет описать поля давления и температур при различных температурах и давлениях закачиваемого газа, а также при различных исходных параметрах самой пористой среды: пористости, проницаемости, гидратонасыщенности, давления и температуры.

**Abstract.** Natural gas is one of the most common carriers of hydrocarbons in the world. However, the large volume of production of this type of resources raises the problem of the near exhaustion of its traditional reserves. This issue can be resolved through gas hydrates. One of the alternative energy sources is gas hydrates - a fundamentally new type of fuel resting at the bottom of the seas and in permafrost zones. One cubic meter of natural gas hydrate contains up to  $180 \text{ м}^3$  of gas and  $0.78 \text{ м}^3$  of water. The decomposition of hydrate in a closed volume is accompanied by a significant increase in pressure. The process of decomposition of the gas hydrate occurs with the absorption of heat. Research shows that it is necessary to expend 6 to 12% of the energy contained in the hydrated gas to decompose natural hydrates in the reservoir. Gas hydrates have several advantages compared to traditional hydrocarbon deposits: wide distribution in nature, huge amounts of deposits, depth and concentrated state of gases. This paper deals with the problem of decomposition of a gas hydrate during gas injection into a porous formation. A mathematical model was built for this process and a similar solution was found for this problem. Mathematical modeling of the decomposition process of gas hydrates makes it possible to describe the pressure and temperature fields at different temperatures and pressures of the injected gas, as well as at different initial parameters of the porous medium itself: porosity, permeability, hydrate saturation, pressure and temperature.

**Ключевые слова:** газогидраты, разложение, газ, пористый пласт.

**Keywords:** gas hydrates, decomposition, gas, porous formation.

На сегодняшний день стоит задача по проведению математических экспериментов по научной основе добычи газа из газогидратных залежей [1, С. 12]. На этой основе лежат уравнения механики сплошных сред, выражающих законы сохранения массы и тепла в виде дифференциальных уравнений в частных производных, а также их решения в автомодельных переменных [3, С. 646]. В данной работе рассматривается плоскоодномерный случай нагнетания газа в пористый пласт с последующим извлечением гидратного газа.

Пусть имеется пористый пласт, насыщенный газом и его гидратом, в который через границу нагнетается теплый газ [2, С. 26]. Примем следующие допущения: скелет пористой среды, вода и газогидрат неподвижны и несжимаемы, пористость постоянна, гидрат представляет собой двухкомпонентную систему, где  $G$  – массовая концентрация газа.

Уравнения, описывающие данный процесс выражаются через законы сохранения массы воды и газа, закону Дарси, уравнения притока тепла [5, С. 286]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(mS_l\rho_l) = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(mS_g\rho_g) + \frac{\partial}{\partial x}(mS_g v_g \rho_g) = 0,$$

$$S_g + S_l + S_h = 1,$$

$$mS_g v_g = -\frac{k_g}{\mu_g} \frac{\partial p}{\partial x}, \quad \rho c \frac{\partial T}{\partial t} + \rho_g c_g mS_g v_g \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right),$$

где  $p$  – давление,  $T$  – температура,  $m$  – пористость,  $S_i$  – насыщенность пор фазы,  $\rho_i$  – истинная плотность фазы,  $v_g$  – скорость движения газовой фазы,  $k_g$  – коэффициент «живой» проницаемости скелета,  $\mu_g$  – динамическая вязкость газа,  $\rho c$  – удельная объемная теплоемкость,  $\lambda$  – теплопроводность системы.

Индексы  $h, l, g$  соответствуют параметрам гидрата, воды и газа.

На основе формулы Козени [1.а.1, С. 24] зададим уравнение для коэффициента проницаемости скелета  $k_g$ :

$$k_g = k_* \frac{(mS_g)^3}{(1-mS_g)^2} = k_* (mS_g)^3 \approx k_0 S_g^3$$

$$(k_0 = k_* m^3).$$

Температура и давление в границе разложения гидрата связаны условием фазового равновесия:

$$T = T_0 + T_* \ln \left( \frac{p}{p_{s0}} \right),$$

где  $T_0$  и  $p_{s0}$  – начальная температура среды, соответствующее ей равновесное давление, а  $T_*$  – зависящий от вида газогидрата эмпирический параметр.

При закачке теплого газа в газогидратный пласт происходит разложение газогидрата и возникают две характерные области: ближнюю, которая находится вблизи границы нагнетания, и она заполнена газом и водой; дальнюю, состоящей из газа и гидрата. На границе этих областей выполняется условие баланса массы и тепла [1.а.1.3, С. 126]:

$$[m(S_h \rho_h (1-G) + S_l \rho_l) \dot{x}_{(s)}] = 0,$$

$$\left[ m(\rho_g S_g (v_g - \dot{x}_{(s)}) - \rho_h S_h G \dot{x}_{(s)}) \right] = 0,$$

$$\left[ \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right] = [m \rho_h L_h S_h \dot{x}_{(s)}],$$

где  $[\psi]$  – скачок параметра  $\psi$  на границе  $x = x_{(s)}$  между областями;

$\dot{x}_{(s)}$  – скорость движения границы, давление и температура в области разложения гидрата полагаются непрерывными.

Пусть в начальный момент времени пласт насыщен газом при давлении и температуре, удовлетворяющих их существованию в свободном состоянии:

$$t = 0: S_h = S_{h0} \quad (S_g = 1 - S_{h0}, \quad S_l = 0), \quad T = T_0, \quad p = p_0 \quad (x \geq 0).$$

Через границу в пласт закачивается теплый газ с температурой  $T_e$  при давлении  $p_e$ . Граничное условие будет иметь вид:

$$x = 0: T = T_e, \quad p = p_e \quad (t > 0).$$

Введем автомодельную переменную,  $\xi = x / \sqrt{\aleph^{(T)} t}$ , где  $\aleph^{(T)} = \lambda / \rho c$  – температуропроводность пласта. Тогда уравнения температуропроводности и пьезопроводности в автомодельных переменных могут быть приведены к виду:

$$-\frac{1}{2} \xi \frac{d\theta_{(i)}}{d\xi} = \frac{1}{2} P e_{(i)} \frac{dP_{(i)}^2}{d\xi} \frac{d\theta_{(i)}}{d\xi} + \frac{1}{\xi} \frac{d}{d\xi} \left( \xi \frac{d\theta_{(i)}}{d\xi} \right),$$

$$-\xi \frac{dP_{(i)}^2}{d\xi} = 2\eta_{(i)} \frac{1}{\xi} \frac{d}{d\xi} \left( \xi \frac{dP_{(i)}^2}{d\xi} \right),$$

где  $P = p / p_0$  и  $\theta = T / T_0$  – безразмерные величины,

$$k_{(i)} = k_0 K_{(i)}, \quad K_{(i)} = S_{g(i)}^3,$$

$$\eta_{(i)} = \frac{\aleph_{(i)}^{(p)}}{\aleph^{(T)}},$$

$$P e_{(i)} = \frac{\rho_g c_g k_{(i)} P_0}{\lambda \mu_g},$$

$$\aleph_{(i)}^{(p)} = \frac{k_{(i)} P_0}{m S_{g(i)} \mu_g},$$

нижние индексы в скобках  $i = 1, 2$  соответствуют параметрам ближней и дальней областей. Условия баланса и тепла в автомодельных координатах при  $\xi = \xi_{(s)}$  будут иметь вид:

$$K_{(1)} \frac{dP_{(1)}}{d\xi} - K_{(2)} \frac{dP_{(2)}}{d\xi} = - \left( 1 - \frac{G}{\tilde{\rho}_{g0}} \frac{\theta_{(1)}}{P_{(1)}} - \frac{1-G}{\tilde{\rho}_l} \right) \frac{S_{h0} \xi_{(s)}}{2 S_{g(1)} \eta_{(1)}},$$

$$\frac{d\theta_{(2)}}{d\xi} - \frac{d\theta_{(1)}}{d\xi} = m\tilde{\rho}_h Ja_h \frac{S_{h0}}{2} \xi_{(s)},$$

где  $\tilde{\rho}_h = \rho_h / \rho$ ,  $\tilde{\rho}_{g0} = \rho_{g0} / \rho_h$ ,  $\tilde{\rho}_l = \rho_l / \rho_h$ ,  $Ja_h = L_h / cT$ .

Безразмерные давление и температура будут иметь следующий вид:

$$P_{(1)}^2 = P_{(s)}^2 + \frac{(P_e^2 - P_{(s)}^2) \int_{\xi}^{\xi_{(s)}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4\eta_{(1)}}\right) d\xi}{\int_0^{\xi_{(s)}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4\eta_{(1)}}\right) d\xi},$$

$$P_{(2)}^2 = 1 + (P_{(s)}^2 - 1) \frac{\int_{\xi}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4\eta_{(2)}}\right) d\xi}{\int_{\xi_{(s)}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4\eta_{(2)}}\right) d\xi},$$

$$\theta_{(1)} = \theta_{(s)} + (\theta_e - \theta_{(s)}) \frac{\int_{\xi}^{\xi_{(s)}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4} - \frac{Pe_{(1)} P_{(1)}^2}{2}\right) d\xi}{\int_0^{\xi_{(s)}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4} - \frac{Pe_{(1)} P_{(1)}^2}{2}\right) d\xi},$$

$$\theta_{(2)} = 1 + (\theta_{(s)} - 1) \frac{\int_{\xi}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4} - \frac{Pe_{(2)} P_{(2)}^2}{2}\right) d\xi}{\int_{\xi_{(s)}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4} - \frac{Pe_{(2)} P_{(2)}^2}{2}\right) d\xi},$$

а граничные условия:

$$\begin{aligned} & K_{(2)} (1 - P_{(s)}^2) \frac{\exp\left(-\frac{\xi_{(s)}^2}{4\eta_{(2)}}\right)}{\int_{\xi_{(s)}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4\eta_{(2)}}\right) d\xi} - K_{(1)} (P_e^2 - P_{(s)}^2) \frac{\exp\left(-\frac{\xi_{(s)}^2}{4\eta_{(1)}}\right)}{\int_0^{\xi_{(s)}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4\eta_{(1)}}\right) d\xi} = \\ & = -\left(1 - \frac{G}{\tilde{\rho}_{g0}} \frac{\theta_{(1)}}{P_{(1)}} - \frac{1-G}{\tilde{\rho}_l}\right) \frac{Sh_0 \xi_{(s)}}{2S_{g(1)} \eta_{(1)}}, \\ & (\theta_{(s)} - \theta_e) \frac{\exp\left(-\frac{\xi_{(s)}^2}{4} - \frac{Pe_{(1)} P_{(1)}^2}{2}\right)}{\int_0^{\xi_{(s)}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4} - \frac{Pe_{(1)} P_{(1)}^2}{2}\right) d\xi} - (1 - \theta_{(s)}) \frac{\exp\left(-\frac{\xi_{(s)}^2}{4} - \frac{Pe_{(2)} P_{(2)}^2}{2}\right)}{\int_{\xi_{(s)}}^{\infty} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4} - \frac{Pe_{(2)} P_{(2)}^2}{2}\right) d\xi} = \\ & = m\tilde{\rho}_h Ja_h \frac{S_{h0}}{2} \xi_{(s)}. \end{aligned}$$

На основе данных уравнений можно построить картину полей давления и температур, которые будут меняться в зависимости от таких условий, как температура закачиваемого газа, время прохождения процесса, граничное давление и температура, проницаемость, газонасыщенность и др.

## Выводы

Одним из альтернативных источников энергии являются газогидраты – принципиально новый вид топлива, покоящегося на дне морей и в зонах вечной мерзлоты.

В одном кубометре природного газогидрата содержится до  $180 \text{ м}^3$  газа и  $0,78 \text{ м}^3$  воды.

Разложение гидрата в замкнутом объеме сопровождается значительным повышением давления.

Процесс разложения газогидрата происходит с поглощением тепла.

На разложение природных гидратов в пласте, как показывают исследования, необходимо затратить от 6 до 12% энергии, содержащейся в гидратированном газе.

Газовые гидраты имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными месторождениями углеводородного сырья: широкое распространение в природе, огромные объемы залежей, глубина залегания и концентрированное состояние газов.

Математическое моделирование процесса разложения газовых гидратов позволяет описать поля давления и температур при различных температурах и давлениях закачиваемого газа, а также при различных исходных параметрах самой пористой среды: пористости, проницаемости, гидратонасыщенности, давления и температуры.

## Литература

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра. 1984. – 211 с.
2. Лейбензон А.С. Движения природных жидкостей и газов в пористой среде. М.: ОГИЗ. 1947. – 244 с.
3. Шагапов В.Ш., Мусакаев Н.Г., Хасанов М.К. Нагнетание газа в пористый резервуар, насыщенный газом и водой // Теплофизика и аэромеханика. 2005. Т. 12. №4. С. 645-656.
4. Шагапов В.Ш., Белова О.В., Давлетбаев А.Я. Особенности фильтрации в низкопроницаемых коллекторах с проявлением предельного градиента // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. №6. С. 126-128.
5. Шагапов В.Ш., Дударева О.В. Нелинейные эффекты фильтрации при переходных режимах работы скважины // Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 2. С. 285-291.

УДК 004:677.024

**ИНТЕРАКТИВНАЯ КНИГА КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ  
И РАЗВИТИЯ ПОДРАСТАЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

**INTERACTIVE BOOK AS A MEANS OF TRAINING  
AND DEVELOPMENT OF A GROWING GENERATION**

Арбузова А.А.,  
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
г. Иваново, Российская Федерация

A. A. Arbuzova,  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue  
Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil  
Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Ivanovo, Russian Federation

e-mail: annaarb215@gmail.com

**Аннотация.** Книга в жизни человека всегда играла огромную роль. Благодаря изобретению книгопечатания и последующему широчайшему распространению книг появилась возможность массово и повсеместно применять их в качестве основного средства образовательной деятельности. Несмотря на изменение темпа жизни современного человека, книга и по сей день остается значимой его частью. Однако тут необходимо отметить, что и сама книга, под действием развивающихся технологий, претерпела некоторые изменения. Так появились и активно используются различные виды книг: электронные, мультимедийные и интерактивные.

Немаловажную роль играют книги в развитии и обучении подрастающего поколения. Ведь, несмотря на огромное количество информации, представленной в интернете, дети продолжают тянуться к книгам.

В статье рассказывается о разработке интерактивной книги для детей дошкольного возраста. Книга выполнена в виде оригинального авторского приложения. Может устанавливаться на компьютер или планшет. Основной темой приложения является приключенческий рассказ о путешествии бегемотика Рудо по земному шару. После текстовых страниц идут тематические интерактивные иллюстрации. Одной из дополнительных возможностей издания является наличие игрового контента: детские игры «найди отличия», «найди лишнее» и «найди все предметы». Герои книги, а также все иллюстрации являются авторской разработкой. Данное приложение-книга апробировано на детях в возрасте от 3 до 6 лет и показало свою высокую эффективность.

**Abstract.** The book has always played a huge role in human life. Thanks to the invention of printing and the subsequent widest distribution of books, it became possible to massively and universally apply them as the main means of educational activity. Despite the change in the pace of life of a modern person, the book still remains a significant part of it. However, it should be noted here that the book itself, under the influence of developing technologies, has undergone some changes. So various types of books appeared and are actively used: electronic, multimedia and interactive.



An important role is played by books in the development and training of the younger generation. Indeed, despite the huge amount of information provided on the Internet, children continue to reach for books.

The article describes the development of an interactive book for children of preschool age. The book is made in the form of the original author's application. Can be installed on a computer or tablet. The main theme of the application is an adventure story about the Hippo Rudo's journey around the globe. After the text pages are thematic interactive illustrations. One of the additional features of the publication is the availability of game content: children's games "find the differences", "find the superfluous" and "find all the objects". The heroes of the book, as well as all the illustrations are authoring. This application-book has been tested on children aged 3 to 6 years and has shown its high efficiency.

**Ключевые слова:** интерактивная книга, образование, логика, приложение.

**Keywords:** online interactive book, education, logic, application.

Обучение детей всегда остается значимой задачей для родителей, образовательных учреждений и в целом для государства [1, С. 435-436, 2, С. 542, 546]. С учетом интенсивного развития информационных технологий появляются новые средства, позволяющие оптимизировать процесс обучения и развития детей разных возрастов [3, С. 106-108, 4, С. 429-430]. Одним из таких средств являются интерактивные издания, в частности книги [5, С. 88-91, 6, С. 8-10, 7]. Интерактивные детские книги превращают чтение стихов, сказок, рассказов в познавательные игры. Ребенок получает знания, эмоции, развивает моторику, учится осваивать технические возможности современных гаджетов.

Как показывает практический опыт дети любят взаимодействовать с объектами на картинках (нажимать на персонажей и окружающие объекты на экране, смотреть как они передвигаются и слушать, как и что они говорят).

Обучающая составляющая данных изданий заключается не столько в приведенной в книге текстовой информации, сколько в обеспечении возможностей для юного пользователя самостоятельно познавать мир, разгадывать задачки и головоломки, развивать собственные логические навыки [3, с. 435]. При этом важным является то, что при совершении ошибки ребенок не услышит от интерактивного издания грубого порицания своего неправильного действия, а при правильном ответе обязательно услышит похвалу. Это стимулирует детей правильно выполнять задания и спокойно реагировать на допущенные ошибки, что не травмирует их психику и вызывает внутреннее желание продолжать учиться [4, с. 429].

Автором статьи разработано интерактивное приложение-книга «Приключение бегемотика Рудо» [2] (рисунок 1). Приложение предназначено для детей дошкольного возраста и состоит из 20 страниц (обложка, инструкцию по работе с книгой, текст сказки, анимированные сцены, обучающие игры и заключительная страница). Тематика книги – путешествие, главный герой – забавный бегемотик по имени Рудо, очень любознательный, общительный и любитель путешествовать по земному шару. Выбор в качестве главного героя бегемота обусловлен тем, что его образ достаточно хорошо известен детям по игрушкам, мультфильмам и книгам различных авторов. Кроме бегемотика, героями книги являются различные животные, распространенные на определенных материках земли.

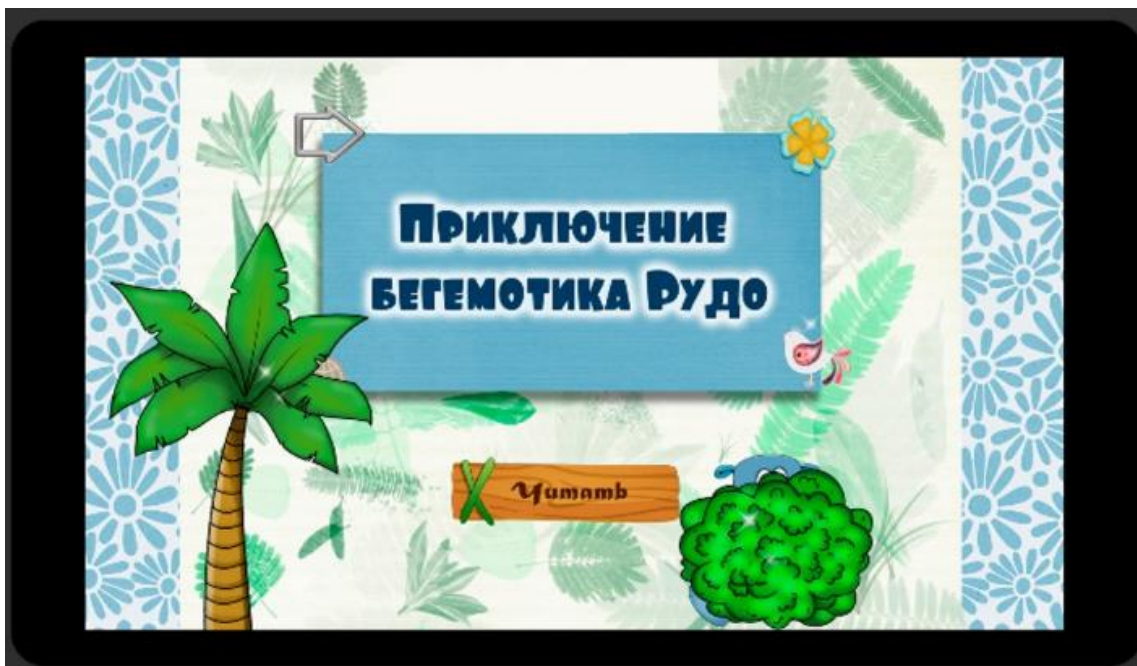


Рисунок 1. Интерфейс разработанной интерактивной книги.

Для бегемотика характерны голубой цвет тела, большие глаза и мордочка, массивные лапки и маленький хвостик. На каждой странице главный герой нарисован в разных образах. Это зависит от материка, который он посещает. Например, в Евразии он представлен как настоящий путешественник с рюкзаком и шляпе, в Антарктиде он закутан в шарф, прячась от холода, а в Африке он наоборот закрывается листом от солнца (см. рисунок 2).



а

б

в

Рисунок 2. Изображение главного героя книги:  
а) в Евразии; б) в Антарктиде; в) в Африке.

Главный герой книги посещает разные материки (Африку, Евразию, Австралию, Северную Америку, Южную Америку и Антарктиду), знакомится с природой и животными, обитающими на разных материках, заводит друзей, поэтому часть страниц книги посвящены текстовому контенту, содержащему текст сказки. На каждой из этих страниц идет повествование о разных материках мира, по которым путешествует главный герой, дается описание природы и обитающих там животных (рисунок 3).



Рисунок 3. Внешний вид страниц книги раздела «Африка».

На следующих после текста страницах находятся иллюстрации с интерактивными элементами, которые при нажатии на них начинают совершать различные действия. Также в книге размещено три красочные игры. С их помощью ребенок может развлечь себя и отвлечься от чтения, а после отдыха приступить к нему снова. Тематика игр: «найди лишнее», «найди 10 отличий» и «найди все предметы» подобрана, исходя из возраста юного читателя, и соответствует его возможностям. Игры размещены на 6 страницах (рисунок 4).



Рисунок 4. Внешний вид страницы с игрой «Найди всех морских обитателей».

Полное вовлечение в прочтение книги достигается при помощи звуков, находящихся на каждой странице с анимацией. В книге имеются фоновые звуки – звуки каждого материка, а также звуки, которые издают отдельные животные (слон, лев, волк, медведь и т.д.). Использование звука позволяет лучше познакомить юных читателей с материками земного шара и животными их населяющими.

Разрабатываемая интерактивная книга предназначена для эксплуатации на мобильных устройствах (смартфоны, планшеты, десктопные мониторы).

Для оценки возможности использования книги в качестве образовательного и развлекательного средства прошла апробация данного издания с привлечением детей возрасте от 3 до 6 лет. В качестве испытательной площадки привлечено ДОУ Детский сад №2 города Иваново. Книга была предоставлена на ознакомление воспитателям и родителям в 3 возрастных группах: младшей, средней и старшей. Затем в группах проведены тематические занятия по темам книги: животные и материка. По мнению воспитателей, дети хорошо запомнили информацию, приведённую в тексте сказки, а родители отметили, что детей заинтересовали включенные в книгу развлекательно-развивающие игры.

### Выводы

Таким образом, можно заключить, что разработанную интерактивную книгу целесообразно использовать в качестве обучающего средства для детей в возрасте от 3 лет.

### Литература

1. Сирицына С.О., Арбузова А.А. Использование интерактивного плаката как современного обучающего и развивающего средства // Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера: материалы межвуз. науч.-практ. конф. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет, 2016. №1. С. 435-436.

2. Оганин А.Г., Арбузова А.А. Разработка и применение мультимедийных интерактивных плакатов в учебном процессе вуза // Надежность и долговечность машин и механизмов: материалы IX всерос. науч.-практ. конф. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 542-546.
3. Лутошкин В.О., Арбузова А.А. Использование электронных наглядных средств обучения как способ повышения познавательной активности обучающихся // Актуальные вопросы естествознания: материалы II межвуз. науч.-практ. конф. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 106-108.
4. Фролова Ю.С., Арбузова А.А. Разработка интерактивного обучающего курса по веб-программированию // Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера: материалы межвуз. науч.-практ. конф. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет, 2016. №1. С. 429-430.
5. Арбузова А.А., Егорова Н.Е. Внедрение интерактивных средств обучения в образовательный процесс подготовки специалистов пожарно-спасательного профиля // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения материалы: материалы IX всерос. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2017. С. 88-91.
6. Арбузова А.А. Разработка интерактивного обучающего курса по основам веб-программирования // Дальневосточная весна – 2018: материалы междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2018. С. 8-10.
7. Головина А.С. Разработка интерактивной книги для детей [Электронный ресурс] / А.С. Головина, А.А. Арбузова – Режим доступа: <https://clck.ru/FwTvd> (дата обращения 12.01.2019).

УДК 004:519.62

**ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ  
ДЛЯ СИСТЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ  
ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА**

**THE NUMERICAL SOLUTIONS OF BOUNDARY PROBLEMS  
FOR A SYSTEM IN ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS  
OF THE FOURTH ORDER**

Олимов М., Касимов Э.А., Шокиров Д.А.,  
Наманганский инженерно-строительный институт,  
г. Наманган, Республика Узбекистан

M. Olimov, E.A. Kasimov, D.A. Shokirov,  
Namangan Engineering Construction Institute, Namangan, Republic of Uzbekistan

e-mail: [elbekqosimov1985@gmail.com](mailto:elbekqosimov1985@gmail.com)

**Аннотация.** Рассматривается вопрос о построении приближенного решения линейных обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка с переменными коэффициентами и сравнительно общими краевыми условиями. Для

приведения вычислительного алгоритма выше поставленных задач введём обозначения. Получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка построим равномерную сетку с шагом  $h$ . Для нахождения  $N+1$  неизвестных векторов имеем  $N+1$  матричных уравнений, а недостающие уравнения получаем на граничных условиях с учетом данного уравнения, используя при этом трехточечную аппроксимацию для значений производных  $U'(x)$  и  $W'(x)$  с точностью  $O(h^2)$ . Мы полностью сформулировали разностную задачу решение которой исходит из метода матричной прогонки. Приводили некоторые методические задачи, решение которых реализованы компьютеризацией. Практические результаты получили на основе объектно-ориентированного программирования. Расчёты на компьютере показали, что выше изложенные вычислительные алгоритмы устойчиво определяют расчётные величины в достаточно широких пределах изменяемых входных параметров рассматриваемых задач.

**Abstract.** The question of constructing an approximate solution of linear fourth-order ordinary differential equations with variable coefficients and relatively general boundary conditions is considered. To bring the computational algorithm above the tasks we introduce the notation. We obtain a system of ordinary second-order differential equations. To solve a system of second-order ordinary differential equations, we construct a uniform grid with step  $h$ . To find  $N + 1$  unknown vectors, we have  $N + 1$  matrix equations, and the missing equations are obtained on the boundary conditions with this equation, using the three-point approximation for the values of the derivatives  $U'(x)$  and  $W'(x)$  with an accuracy of  $O(h^2)$ . We have fully formulated a difference problem whose solution is based on the matrix sweep method. They brought some methodological problems, the solution of which is implemented by computerization. Practical results were obtained on the basis of object-oriented programming. Calculations on a computer showed that the above stated computational algorithms stably determine the calculated values in a fairly wide range of variable input parameters of the considered problems.

**Ключевые слова:** аппроксимация, матричная форма, матричная прогонка, прогоночные коэффициенты, разностная задача, обратная прогонка, точность, погрешность.

**Keywords:** Approximation, matrix form, matrix sweep, fit coefficients, difference problem, inverse sweep, accuracy, error.

В данной работе рассматривается вопрос о построении приближенного решения линейных обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка с переменными коэффициентами и сравнительно общими краевыми условиями. [1-4]

Требуется определить в области  $[a, b]$  неизвестный вектор функции  $U(x) = \{U_1(x), U_2(x), \dots, U_n(x)\}$ , удовлетворяющей системе дифференциальных уравнений:

$$[K(x)U''(x)]'' + a_5(x)[a_7(x)U''(x)]' + a_4(x)[a_6(x)U'(x)]' + a_3(x)U''(x) + a_2(x)U'(x) + a_1(x)U(x) = f(x), \quad (1)$$

записанной в матричной форме при граничных условиях

$$\left\{ \alpha_i U(x) + \beta_i U'(x) + \gamma_i K(x) U''(x) + \theta_i [K(x) U''(x)] \right\} \Big|_{x=a} = d_i; \quad (2)$$

$$\left\{ \alpha_i U(x) + \beta_{i+2} U'(x) + \gamma_{i+2} K(x) U''(x) + \theta_{i+2} [K(x) U''(x)] \right\} \Big|_{x=b} = d_{i+2}, \quad (3)$$

где  $K(x), \alpha_j(x) (j = \overline{1,7}), d_\vartheta, \beta_\vartheta, \gamma_\vartheta, \theta_\vartheta (\vartheta = \overline{1,4})$  – заданные квадратные матрицы в порядке  $n$ ;

Приведём вычислительный алгоритм вышеставленных задач (1)-(3).  
Введём обозначения

$$W(x) = K(x) U''(x) \quad (4)$$

Перепишем уравнение:  $(x) U''(x) - W(x) = 0$

$$W''(x) = a_5(a_7 K^{-1} W)' + a_4(a_6 U') + a_3 K^{-1} W + a_2 U' + a_1 U = f \quad (5)$$

Построим равномерную сетку с шагом  $h$ :

$$\overrightarrow{\omega}_h = \left\{ x_i = a + ih, \quad i = 0, 1, \dots, N; \quad h = \frac{b-a}{N} \right\}.$$

Согласно методу баланса [1], из второго уравнения (5) с погрешностью аппроксимации  $O(h^2)$  имеем

$$A_i^1 W_{i+1} + A_i^2 W_i + A_i^3 W_{i-1} + A_i^4 U_{i+1} + A_i^5 U_i + A_i^6 U_{i-1} = \vec{f}_i. \quad (6)$$

Здесь

$$A_i^1 = E + \frac{h}{2} a_5(x_i) a_7 \left( x_{i+\frac{1}{2}} \right) K^{-1} \left( x_{i+\frac{1}{2}} \right);$$

$$A_i^2 = -2E + \frac{h}{2} a_5(x_i) \left[ a_7 \left( x_{i+\frac{1}{2}} \right) K^{-1} \left( x_{i+\frac{1}{2}} \right) - a_7 \left( x_{i-\frac{1}{2}} \right) K^{-1} \left( x_{i-\frac{1}{2}} \right) \right] + h \int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}} a_5(x) K^{-1}(x) dx;$$

$$A_i^3 = E - \frac{h}{2} a_5(x_i) a_7 \left( x_{i-\frac{1}{2}} \right) K^{-1} \left( x_{i-\frac{1}{2}} \right);$$

$$A_i^4 = a_4(x_i) a_6 \left( x_{i+\frac{1}{2}} \right) + \frac{h}{2} a_2(x_i);$$

$$A_i^5 = -a_4(x_i) \left[ a_6 \left( x_{i+\frac{1}{2}} \right) + a_6 \left( x_{i-\frac{1}{2}} \right) \right] + h \int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}} a_1(x) dx;$$

$$A_i^6 = a_4(x_i) a_6 \left( x_{i-\frac{1}{2}} \right) - \frac{h}{2} a_2(x_i); \quad \vec{f}_i = h \int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}} f(x) dx;$$

$E$  – единичная матрица.

Проделав аналогичную процедуру с первым уравнением (5) и обозначив  $\begin{pmatrix} U_i \\ W_i \end{pmatrix} = \vartheta_i$ , (7)

представим первое уравнение (5) и уравнение (6) в виде:

$$A_i \vartheta_{i-1} - C_i \vartheta_i + B_i \vartheta_{i+1} = -F_i, \quad i = 1, 2, \dots, N - 1, \quad (8)$$

где

$$A_i = \begin{pmatrix} K(x_i) & 0 \\ A_i^6 & A_i^3 \end{pmatrix};$$

$$C_i = \begin{pmatrix} 2x(x_i) & h^2 E \\ -A_i^5 & -A_i^2 \end{pmatrix};$$

$$B_i = \begin{pmatrix} K(x_i) & 0 \\ A_i^4 & A_i^1 \end{pmatrix};$$

$$F_i = \begin{pmatrix} 0 \\ \vec{f}_i \end{pmatrix};$$

Здесь для нахождения N+1 неизвестных векторов имеем N+1 матричных уравнений, а недостающие уравнения получаем на граничных условиях (2) и (3) с учетом уравнения (4), используя при этом трехточечную аппроксимацию для значений производных  $U'(x)$  и  $W'(x)$  с точностью  $O(h^2)$ :

$$\left. \begin{aligned} A_0 \vartheta_0 - C_0 \vartheta_1 + B_0 \vartheta_2 &= -F_0 \\ A_N \vartheta_{N-2} - C_N \vartheta_{N-1} + B_N \vartheta_N &= -F_N \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где

$$F_0 = -2h \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix}; \quad B_0 = - \begin{pmatrix} \beta_1 & \theta_1 \\ \beta_2 & \theta_2 \end{pmatrix}; \quad C_0 = 4B_0;$$

$$A_0 = 2h \begin{pmatrix} \alpha_1 & \gamma_1 \\ \alpha_2 & \gamma_2 \end{pmatrix} + 3B_0; \quad A_N = \begin{pmatrix} \beta_3 & \theta_3 \\ \beta_4 & \theta_4 \end{pmatrix}; \quad C_N = 4A_N;$$

$$B_N = 2h \begin{pmatrix} \alpha_3 & \gamma_3 \\ \alpha_4 & \gamma_4 \end{pmatrix} + 3A_N; \quad F_N = -2h \begin{pmatrix} d_3 \\ d_4 \end{pmatrix};$$

Итак, мы полностью сформулировали разностную задачу (8)-(9), решение которой, исходя из метода матричной прогонки [1], ищем в виде:

$$\vartheta_i = X_{i+1} \vartheta_{i+1} + Z_{i+1}, \quad i = 1, 2, \dots, N - 1; \quad (10)$$

где

$$X_i = \{X_i^{p,s}\}, p, s = 1, 2, \dots, 2n; \quad Z_i = \{Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{i2n}\}$$



соответственно матричные и векторные прогоночные коэффициенты, определяемые из соотношений:

$$X_{i+1} = (C_i - A_i X_i)^{-1} B_i; Z_{i+1} = (C_i - A_i X_i)^{-1} (F + A_i Z_i); \quad (11)$$

Формулы для вычисления значений  $X_2$  и  $Z_2$ , дающие возможность начать счет для прогоночных коэффициентов по формулам (11), получим так: умножим слева на уравнение (8) при  $i=1$  матрицу  $A_0 A_1^{-1}$  и, отнимая найденное соотношение от первого уравнения (9), приводим к равенству:

$$\vartheta_1 = (C_0 - A_0 A_1^{-1} C_1)^{-1} [(B_0 - A_0 A_1^{-1} B_1) \vartheta_2 + F_0 - A_0 A_1^{-1} F_1]. \quad (12)$$

Сопоставляя соотношение (12) с формулой (10) при  $i=1$ , имеем:

$$X_2 = (C_0 - A_0 A_1^{-1} C_1)^{-1} (B_0 - A_0 A_1^{-1} B_1);$$

$$Z_2 = (C_0 - A_0 A_1^{-1} C_1)^{-1} (F_0 - A_0 A_1^{-1} F_1).$$

$X_i$  и  $Z_i$  для всех  $i$ , затем решая уравнения:

$$\vartheta_{N-1} = X_N \vartheta_N + Z_N;$$

$$A_{N-1} \vartheta_{N-2} - C_{N-1} \vartheta_{N-1} + B_{N-1} \vartheta_N = -F_N$$

совместно со вторым уравнением (8) получаем:

$$\begin{aligned} \vartheta_N &= [B_N - A_N A_{N-1}^{-1} B_{N-1} - (C_N - A_N A_{N-1}^{-1} C_{N-1}) X_N]^{-1} * \\ &* [(C_N - A_N A_{N-1}^{-1} C_{N-1}) Z_N - F_N - A_N A_{N-1}^{-1} F_{N-1}]. \end{aligned}$$

Далее с помощью обратной прогонки (10) вычислим  $\vartheta_{N-1}, \vartheta_{N-2}, \dots, \vartheta_1$ . После этого найдем  $\vartheta_0$  по формуле:

$$\vartheta_0 = A_1^{-1} (C_1 \vartheta_1 - B_1 \vartheta_2 - F_1).$$

На основе приведенного выше алгоритма разработана компьютерная программа на среде Delphi.

В данной работе мы рассмотрели реализационный алгоритм поставленных задач. Приведем некоторые методические задачи, решение которых реализовано компьютеризацией. Практические результаты получили на основе объектно-ориентированного программирования.

Рассмотрим уравнения:

$$\begin{aligned} &[(1+x)U'''] + (2+x^3)[(2+x)U''] + (3+x)[(4+x)U'] + (2+x^3)U'' + \\ &+(5+x)U' - (1-x)U = 49x^5 + 8x^4 + 145x^3 + 91x^2 - 18x - 16 \end{aligned}$$

с граничными условиями

$$U(0) = U'(0) = U(1) = U'(1) = 0.$$

Точное решение данной задачи имеет следующие вид.

$$U = x^2(1 - x)^2.$$

Для этой задачи можно задать условие путем непосредственного вычисления, обеспечивающее применимость метода матричной прогонки.

В таблице 1. приведены точные и приближенные значения

$$U(x), U'(x), KU''(x), [KU''(x)]'$$

Таблица 1 – Сравнение результатов.

$x$	Значение	$U(x)$	$U'(x)$	$KU''(x)$	$[KU''(x)]'$
0	Точн.	0	0	2	-10
	Прибл.	0,000000000	0,000000000	1,999975821	-10,000012714
0.25	Точн.	0,03515625	0,1875	-0,3125	-8
	Прибл.	0,035156193	0,187501317	-0,312501726	-8,000017324
0.5	Точн.	0,0625	0	-1,5	-1
	Прибл.	0,062499768	0,000001473	-1,499974161	-0,999993519
0.75	Точн.	0,0351625	0,1875	-0,432501765	1,25
	Прибл.	0,035156194	0,187501324	0,4325	1,249976434
1	Точн.	0	0	4	26
	Прибл.	0,0000010151	0,000000421	4,000001147	25,99945677

Рассмотрим следующее уравнение:

$$[(1 + x)U''(x)]'' + xU''(x) - 2U(x) = 6[6(2 + 2x) + x^2(1 - 2x^2)]$$

При граничных условиях:

$$U(0)=U'(0)=0; \quad U''(1)-9U(1)=0; \quad U''(1)=\frac{30}{7}U'(1)=0.$$

Точное решение задачи будет следующее:

$$U(x) = x^3(1 + x).$$

В таблице 2. даются точные и приближенные значения для

$$U(x), U'(x), KU''(x), [KU''(x)]'$$

Таблица 2 – Сравнение результатов.

$x$	Значение	$U(x)$	$U'(x)$	$KU''(x)$	$[KU''(x)]'$
0	Точн.	0			
	Прибл.	0,000000000	0,000000000	0,000000000	6,000033271
0.25	Точн.	0,0195314	0,25	2,8125	17
	Прибл.	0,019530753	0,249994613	2,81254201	17,00033706
0.5	Точн.	0,1875	1,25	9	33
	Прибл.	0,1874994997	1,249995918	9,00002783	33,00028527
0.75	Точн.	0,73828053	3,375	12,803750	51
	Прибл.	0,738281791	3,374998643	12,80371953	51,00017631
1	Точн.	2	7	36	78
	Прибл.	2,000001120	6,999945675	36,00005231	77,999766129

## Выводы

Из приведенных выше табличных данных видно, что точность определения численных результатов хорошо согласуется с погрешностью метода аппроксимации. Шаги интегрирования учитывались точностью  $h=0.001$ . Другие многочисленные расчёты на компьютере показали, что изложенные выше вычислительные алгоритмы устойчиво определяют расчётные величины в достаточно широких пределах изменения входных параметров рассматриваемых задач.

## Литература

1. Самарский А.А. Введение в разностные схемы. М., «Наука», 1971.
2. Марчук Г.И. Методы расчёта ядерных реакторов. М., Атомиздат, 1961.
3. Самарский А.А. Хао Шоу. Однородные разностные схемы на неравномерных сетках для уравнения четвертого порядка. Вычислительные методы и программирование. М., Изд-во МГУ, 1967.
4. Олимов М., Каримов П., Исмоилов Ш., Ирискулов Ф. К вопросу численной реализации краевых задач для системы обекновенных дифференциальных уравнение четвертого порядка. Молодой учёный., Международный научный журнал №7 часть 1, Казань 2017. С. 1-5.

УДК 004:378.147:004.9

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕНЬГИ. КРЕДИТ. БАНКИ»

### USING E-COURSE IN «MONEY. CREDIT. BANKS» CLASSES

Родионова Е.В.,  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

E.V. Rodionova,  
FSBEI HE “Volga State University of Technology”, Yoshkar-Ola, Russian Federation

e-mail: rodionovaev@volgatech.net

**Аннотация.** Эффективная организация обучения в высшей школе сегодня невозможна без применения информационных технологий и электронного обучения, которые позволяют обеспечить гибкость, насыщенность, динамичность и индивидуальную ориентированность образовательного процесса. В данной статье представлен опыт использования электронного курса, созданного в среде LMS Moodle, для преподавания дисциплины «Деньги. Кредит. Банки» студентам направления подготовки бакалавриата 38.03.01 «Экономика» в ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет». Приведена структура разработанного автором электронного курса. Представлены результаты анкетирования студентов. Выявлено, что все элементы и ресурсы курса востребованы студентами, а наибольшую важность представляют проверочные тесты и лекционный материал в Power Point. Установлено, что обучающиеся удовлетворены качеством электронного курса и

считают, что его использование оказало положительное влияние на удобство и эффективность изучения дисциплины. Большинство опрошенных студентов, в случае предоставления им права выбора, предпочли бы изучать дисциплину по предложенной модели смешанного обучения с использованием электронного курса. Определено, что дальнейшее развитие курса связано с увеличением разнообразия используемых элементов и ресурсов, созданием видеолекций, возможным изменением формата курса.

**Abstract.** Effective organization of teaching in higher education is impossible today without the use of information technologies and e-learning, which allow to provide flexibility, richness, dynamism and individual orientation of the educational process. This article presents the experience of using the e-course created in the LMS Moodle for teaching the subject “Money. Credit. Banks” to undergraduate students of the bachelor program 38.03.01 “Economics” in FSBEI HE “Volga State University of Technology”. The structure of the e-course developed by the author is given. The results of student survey are presented. It is revealed that all the elements and resources of the course are in demand by students, and the most important are training tests and lecture material in Power Point. It was found out that students are satisfied with the quality of the e-course and believe that its use had a positive influence on the convenience and effectiveness of studying the discipline. Most of the students surveyed, if given the right to choose, would prefer to study the discipline on the blended learning model using the e-course. It was determined that the further development of the course is associated with an increase in variety of the elements and resources used, the creation of video lectures, and possible change of the course format.

**Ключевые слова:** электронное обучение, электронный курс, информационные технологии.

**Keywords:** e-learning, e-course, information technologies.

Компетентностный подход к образованию предполагает замену парадигмы передачи знаний на парадигму продуктивного обучения, расширение междисциплинарных принципов преподавания, всестороннее развитие личности студента, ориентацию на студентоцентрированный характер образовательного процесса. Широкие возможности для создания эффективной образовательной среды вуза, обеспечивающей непрерывный, индивидуально-ориентированный, гибкий и динамичный процесс обучения, предоставляют современные информационные технологии.

Поэтому многие российские университеты используют в образовательном процессе электронное обучение (e-learning) с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников [2].

В Поволжском государственном технологическом университете (ПГТУ) электронное обучение реализуется с использованием учебной среды LMS Moodle. Образовательный портал ПГТУ, функционирующий на основе этой среды, в настоящее время предоставляет преподавателям широкий спектр возможностей для создания электронных курсов, которые можно полноценно использовать в смешанной модели обучения [1].

Автором данной статьи электронные курсы применяются в преподавании всех читаемых дисциплин для студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры. В данной работе представим опыт использования электронного курса по дисциплине «Деньги. Кредит. Банки» в обучении студентов 3 курса направления подготовки бакалавриата 38.03.01 «Экономика». Учебным планом по данной дисциплине предусмотрено 36 часов лекций, 54 часа практических занятий. Формой промежуточного контроля является экзамен.

Структура электронного курса приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Разделы, ресурсы и элементы электронного курса по дисциплине «Деньги. Кредит. Банки»

Разделы	Ресурсы и элементы
Объявления	Форум для объявлений (элемент «Форум»)
Организационный раздел	Аннотация, Технологическая карта по системе РИТМ, План проведения занятий (ресурсы «Страница»), Положение о системе РИТМ в ПГТУ (ресурс «Файл»), Методические рекомендации по изучению курса (ресурс «Книга»), Организационный форум (элемент «Форум»)
Учебно-методические материалы по темам	Тематический форум (элемент «Форум»), Презентации лекций по темам в PowerPoint (ресурс «Папка»), Учебно-методические материалы по темам: содержание и результаты обучения, ссылки на видеоматериалы, ссылки на нормативные акты, контрольные вопросы (ресурс «Книга»)
Тематические работы и участие в занятиях	Тематические работы, Участие в лекционных и практических занятиях (элементы «Задание»)
Тесты	Проверочные тесты по темам, Контрольные тесты по темам (элементы «Тест»)
Информационно-ресурсный раздел	Ссылки на конференции и научные журналы (ресурс «Страница»), Ссылка на сайт МСЭФ (ресурс «Гиперссылка»), Список мероприятий и номинаций МСЭФ, Список литературы по дисциплине (ресурсы «Файл»)
Дополнительные баллы	Баллы за участие в конференциях и подготовку статей, Баллы за участие в олимпиадах и конкурсах, Другие дополнительные баллы (элементы «Задание»)
Семестровый контроль	Семестровый контроль, Экзаменационный тест (элементы «Тест»)

Для наполнения курсов используются такие ресурсы и элементы LMS Moodle, как книга, папка, страница, файл, задание, тест, форум, гиперссылка. Таким образом, в текущей редакции курса задействованы далеко не все доступные технические возможности, имеются резервы дальнейшего развития курса в направлении увеличения разнообразия ресурсов и элементов.

В целях определения степени удовлетворенности студентов качеством электронного курса и выработки направлений его дальнейшего совершенствования было проведено анкетирование группы ЭКО-31, в котором приняли участие 16 человек (80% обучающихся). Анкетирование было организовано на электронном курсе с помощью элемента «Анкетный опрос».

Важность/необходимость различных элементов для эффективной работы на курсе студенты оценивали по шкале с позициями «очень важен», «важен», «имеет небольшую важность», «неважен», которым при обработке результатов опроса присваивались балльные оценки 3, 2, 1, 0 соответственно. Рейтинг важности различных элементов курса, составленный по результатам анкетирования, представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Важность различных элементов электронного курса по дисциплине «Деньги. Кредит. Банки»

Элемент курса	Уровень важности
Проверочные тесты по теме для подготовки к контрольному тестированию	2,813
Лекционный материал в PowerPoint	2,750
Содержание и результаты обучения по теме	2,625
План проведения занятий по датам	2,563
Задания на выполнение тематических работ	2,563
Интернет-ссылки на видеоролики с учебным материалом по теме	2,500
Информация о дополнительных мероприятиях (конференции, олимпиады и т.п.)	2,500
Общие методические рекомендации по работе с курсом	2,438
Технологическая карта РИТМ	2,375
Контрольные вопросы по теме	2,375
Организационный форум для решения технических и организационных вопросов	2,313
Аннотация дисциплины (цель, задачи, РО)	2,250
Тематический форум для обсуждения вопросов, возникающих при изучении учебных тем	2,250
Список литературы по дисциплине	2,125

Таким образом, наибольшую ценность для студентов ожидаемо представляют возможность самоконтроля учебных достижений путем прохождения проверочных тестов в любом месте в удобное время и наличие презентаций лекций в электронном формате, доступном для просмотра на любых устройствах (компьютер, планшет, телефон), описание содержания и результатов обучения по темам, план проведения занятий по датам, задания на самостоятельно выполняемые тематические работы.

Более низкий уровень важности для студентов имеют наличие списка литературы по дисциплине, форумов различного назначения и аннотации курса. На наш взгляд, сравнительно низкий интерес к перечню литературы можно объяснить наблюдаемой среди современных студентов тенденцией работать с электронными источниками информации, список которых предоставляют по запросу поисковые системы Интернет, а к форумам – доступностью преподавателя для студентов очной формы обучения на аудиторных занятиях.

Интересно, что распределение элементов электронного курса по важности по сравнению с мнением студентов специальности 38.05.01 «Экономическая безопасность», в преподавании которым дисциплины «Деньги. Кредит. Банки»

используется похожий электронный курс, несколько отличается [3], что говорит о наличии особенностей не только у отдельных обучающихся, но и у сформированных студенческих групп, которые необходимо учитывать при проектировании электронных курсов и моделей смешанного обучения.

На самостоятельную работу с электронным курсом обучающиеся, по собственной оценке, в среднем тратили 2,7 часа в неделю; на работу с другими образовательными ресурсами – 2,1 часа в неделю.

Отвечая на вопрос о направлениях совершенствования электронного курса, 6 студентов предложили добавить просмотр ошибок в проверочных тестах. В настоящее время такой просмотр отключен, поэтому студенту необходимо самостоятельно, путем дополнительной работы с учебным материалом, выявить вопросы, в которых были допущены ошибки. Автор работы придерживается позиции, что такой вариант способствует лучшей проработке и освоению предметного содержания дисциплины.

Одна студентка отметила, что большое количество разделов затрудняет поиск необходимого ресурса, поэтому можно попробовать сменить используемый формат электронного курса «Темы», в котором разделы оформлены в виде отдельных вкладок, на «Разделы по темам» – в таком случае все разделы, элементы и ресурсы курса будут представлены на одной странице.

В качестве новых элементов электронного курса 2 обучающихся предложили видеуроки.

Все 16 опрошенных студентов считают, что использование электронного курса оказало положительное влияние на удобство и эффективность изучения дисциплины.

Отвечая на вопрос: «Какую модель изучения дисциплины «Деньги. Кредит. Банки» Вы бы выбрали для себя: традиционная; смешанная с использованием электронного курса на образовательном портале ПГТУ; изучение дисциплины на массовом открытом онлайн-курсе (МООК) со сдачей экзамена с прокторингом и перезачетом дисциплины в ПГТУ?», 12 студентов сделали выбор в пользу применяемой модели смешанного обучения; 4 человека, в том числе 2 иностранных студента, проявили интерес к МООК. В настоящее время на русскоязычных онлайн-платформах отсутствуют полные курсы по дисциплине «Деньги. Кредит. Банки», но в перспективе, с их возможным появлением, в качестве альтернативы для сильных студентов можно рассматривать и данную модель.

## **Выводы**

Использование электронного курса позволило реализовать смешанную модель обучения по дисциплине «Деньги. Кредит. Банки», гибко управлять самостоятельной работой студентов и поддерживать постоянный контакт преподавателя и обучающихся, повысить насыщенность учебного процесса различными образовательными ресурсами, предоставить студентам возможность построения индивидуальных траекторий освоения дисциплины.

Результаты проведенного анкетирования показали, что студенты удовлетворены качеством разработанного электронного курса и считают, что его использование оказало положительное влияние на удобство и эффективность изучения дисциплины.

Считаем, что дальнейшее развитие курса связано с увеличением разнообразия используемых элементов и ресурсов, а также созданием авторских видеолекций.

## Литература

1. Ананьева О.Е., Манукянц С.В., Нехаев И.Н. Анализ эффективности применения онлайн-курса для повышения квалификации преподавателей в области использования электронного обучения // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2017. №1. С. 12-18.
2. Об образовании в Российской Федерации: фед. закон от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/C7fwL> (дата обращения 30.03.2019).
3. Родионова Е.В. Опыт применения технологий электронного обучения по экономическим дисциплинам // Современные проблемы технического образования: материалы Всероссийской научно-методической конференции (Йошкар-Ола, 23-24 марта 2018 г.). Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. С. 102-105.



**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ,  
УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ»**

УДК 004.422.833

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕРВЕРА  
ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЗАДАЧ  
В СИСТЕМЕ BUSTRONIC**

**ENSURING STABILITY OF THE SERVER  
WHEN HANDLING HIGH LOAD TASKS  
IN THE SYSTEM BUSTRONIC**

Гизатуллин А.И., Кузнецов А.Д., Белозеров А.Е., Шайдуллин А.Т., Варламов Н.Р.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

A.I. Gizatullin, A.D. Kuznetsov, A.E. Belozеров, A.T. Shaydullin, N.R. Varlamov,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: leks.kzv@gmail.com

**Аннотация.** Информационно-навигационная система Bustronic разработана для решения задач информационной поддержки водителя на маршруте. Одна из основных функций системы – мониторинг передвижения конкурирующих автобусов, предназначенный для отслеживания дорожно-транспортной ситуации города.

В данной статье рассмотрена исходная реализация архитектуры сервера, показаны принципы его работы при расчете параметров конкурентов. Рассмотрены преимущества и недостатки текущей реализации, обоснована необходимость перехода к новой архитектуре.

С помощью приложения Bustronic Driver водители обмениваются сведениями о местоположении друг друга на транспортной сети. Для обеспечения возможности обработки информации при поступлении данных от множества пользователей применена современная технология вебсокетов. Показаны преимущества и недостатки ее использования по сравнению с другими решениями. Рассмотрены различные реализации данного протокола на различных платформах.

Данные о расположении конкурентов, поступающие от мобильных устройств по вебсокету, отображаются в личном кабинете администратора города, обеспечивая возможность централизованного мониторинга загрузки транспортной сети.

Серверная часть системы представляет собой связку Laravel и NodeJS. Клиентская часть системы построена на базе фреймворка AngularJS. Связь между пользователями поддерживается с помощью библиотеки SocketIO.

**Abstract.** Information and navigation system Bustronic is designed to solve the problems of information support of the driver on the route. One of the main functions of the system is monitoring the movement of competing buses, designed to monitor the road transport situation of the city.

This article describes the initial implementation of the server architecture, shows the principles of its operation when calculating the parameters of competitors. The advantages and disadvantages of the current implementation are considered, the necessity of transition to a new architecture is justified.

With the Bustronic Driver application, drivers exchange information about each other's location on the transport network. To ensure the possibility of information processing when receiving data from a variety of users, modern technology of web sockets is used. Advantages and disadvantages of its use in comparison with other solutions are shown. Different implementations of this Protocol on different platforms are considered.

Data on the location of competitors, coming from mobile devices on the web site, are displayed in the personal account of the administrator of the city, providing the possibility of centralized monitoring of traffic congestion.

The server part of the system is a bunch of Laravel and NodeJS. The client part of the system is based on the AngularJS framework. Communication between users is maintained using the SocketIO library.

**Ключевые слова:** протокол, вебсокет, нагрузка на сервер, качество соединения, запрос от клиента.

**Keywords:** protocol, websocket, server load, connection quality, request from client.

Информационно-навигационная система Bustronic предоставляет возможность водителям планировать скоростной режим прохождения маршрута, а пассажирам – проезд на городском транспорте [1, С. 242-245]. Для решения указанных задач реализован механизм, позволяющий моделировать передвижения конкурентов на виртуальной транспортной сети [2, С. 257]. В общем случае, под конкурентами понимаются автобусы других маршрутов, проходящих вместе с рассматриваемым достаточное количество одинаковых участков пути [3, С. 77-78].

В системе разработан механизм, проецирующий реальную дорожно-транспортную ситуацию на упрощенную модель движения автобусов. К примеру, движущемуся маршрутному транспортному средству (ТС) соответствует понятие «бот», или виртуальный автобус, обладающий такими же характеристиками, что и реальный автобус: скорость, пространственное положение [4, С. 251] и т.д.

Все участники системы имеют доступ к информации о положении ботов через личные кабинеты или мобильные приложения. Пользовательский интерфейс мобильного приложения водителя Bustronic Drive разработан с учетом необходимости упрощения восприятия информации [5, С. 510-528].

В ходе тестирования подсистемы моделирования движения ботов обнаружилась ситуация существенного увеличения времени доступа к серверу при кратном увеличении числа пользователей.

Текущая архитектура системы построена на основе HTTP протокола. Между сервером и клиентом устанавливается однонаправленная связь – при каждом обращении клиента, сервер отдает пакет с данными, после чего соединение между ними закрывается. Причина снижения производительности заключалась в том, что система вынуждена обрабатывать одновременно большое количество запросов. Встала задача сокращения количества запросов к серверу.

Один из способов решения задачи – применение веб-сокетов. WebSocket – протокол связи поверх HTTP-соединения, предназначенный для обмена сообщениями между клиентом и веб-сервером в режиме реального времени. Рассматриваемый протокол позволяет установить связь между сервером и множеством клиентов. Клиент

подписывается на так называемое событие сервера, при возникновении которого происходит уведомление клиентов о появлении или изменении данных. Кроме того, клиенты имеют возможность обмениваться информацией друг с другом [6, С. 265].

Различие между данными протоколами показано на рисунке 1. Видно, что при использовании WebSocket существенно сокращается количество запросов, поступающих к серверу.

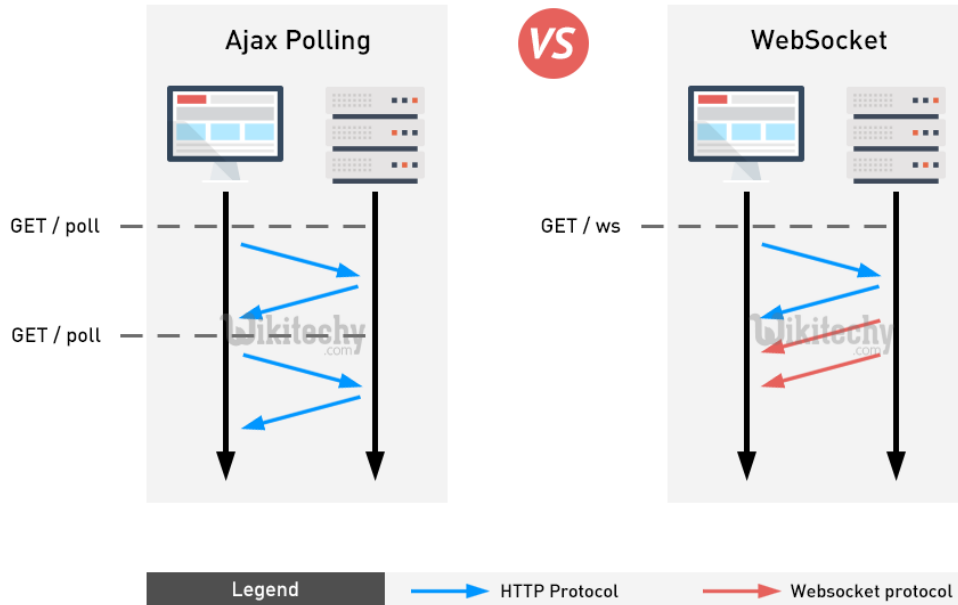


Рисунок 1. Различие HTTP и WebSocket-протоколов.

Принято решение разработать подсистему моделирования движения ботов на платформе NodeJS, поскольку она предлагает богатый набор библиотек и их простую настройку.

Существует множество реализаций вебсокетов на платформе NodeJS. Одним из надежных решений является библиотека SocketIO, предоставляющая, помимо базового функционала, такие методы, как аутентификация пользователей, шифрование соединения, компрессия данных, декодирование информации [7] и др.

Реализация на основе SocketIO позволяет клиенту, единожды установив соединение с сервером, получать необходимые данные в реальном времени. В случае непредвиденного разрыва соединения клиент автоматически переподключается к серверу после восстановления его работоспособности (рисунок 2).

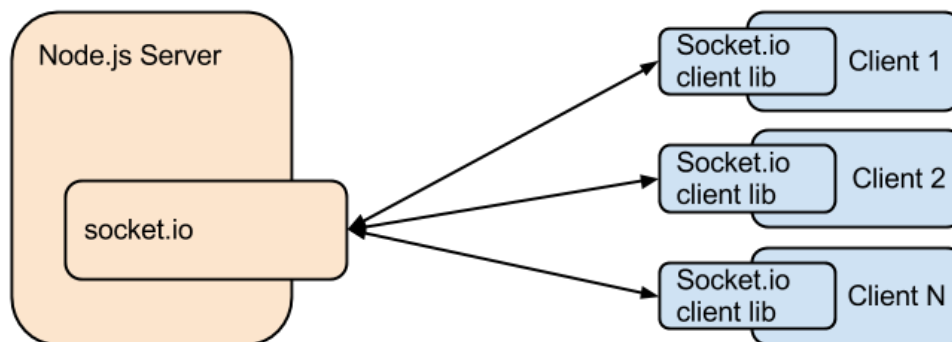


Рисунок 2. Механизм связи между сервером и множеством клиентов.

Как видно из рисунка 3, при небольшом числе пользователей нагрузка на сервер ниже при использовании обычных HTTP-запросов. В случае возрастания числа соединений эффективнее использовать SocketIO.

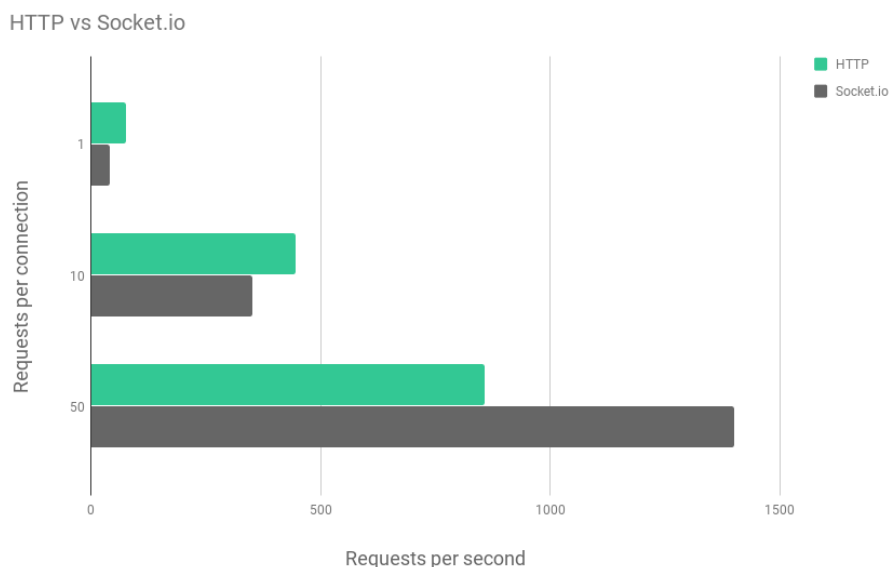


Рисунок 3. Сравнение ресурсозатрат различных протоколов.

## Выводы

В ходе внедрения вебсокетов в систему удалось снизить пинг клиента при обращении к серверу с 200 до 54 мс при наличии 100 активных соединений.

В ходе исследования различных протоколов выявлены основные пути повышения производительности. Реализация рассмотренных изменений позволила добиться приемлемой нагрузки на серверное оборудование при заданном количестве моделируемых объектов.

## Литература

1. Белозеров А.Е., Шепелев С.А., Юлаев И.Р., Праслов И.О., Антонова А.А. Bustronic – планирование проезда на городском общественном транспорте. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 240-245.
2. Белозеров А.Е., Шепелев С.А., Юлаев И.Р., Бисембаев А.С., Антонова А.А. Информационно-навигационная подсистема поддержки водителей на маршруте. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 256-260.
3. Кузнецов, А.Д. К проблеме упрощения регистрации конкурентов в системе Bustronic / А.Д. Кузнецов, А.Е. Белозеров, А.И. Гизатуллин, А.Р. Урманова // Вестник молодого ученого. УГНТУ. – 2017.– №4. – С. 76-79.
4. Антонова А.А., Белозеров А.Е., Бисембаев А.С., Праслов И.О., Шепелев С.А. Коррекция навигационных данных маршрутных транспортных средств в системе Bustronic – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 250-253.
5. A.G. Filippova, E.S. Belozyorov, V.N. Filippov, A.E. Belozyorov, E.A. Sultanova Development method of designing a typed unified user interface. Oil and Gas Business: electronic scientific journal. 2013, Issue 4, pp. 510-528. Available from: <https://clck.ru/Fwr3J>.

6. Праслов И.О., Белозеров А.Е., Антонова А.А., Юлаев И.Р., Бисембаев А.С. Bustronic – построение маршрутов следования между начальной и конечной остановками. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 264-267.

7. Socket.IO [Электронный ресурс]. – URL: <https://clck.ru/Fwr4u> (дата обращения: 05.03.2019).

УДК 004

## ПРИМЕНЕНИЕ BPM-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ

### USING BPM SYSTEMS FOR HUMAN RESOURCES MANAGEMENT PROCESS AUTOMATION

Курбангалиев А.М., Родионов А.С.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате,  
ул. Губкина, 22б, г. Салават, Республика Башкортостан, 453250, Россия

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

e-mail: [hyperactive.machine@protonmail.ch](mailto:hyperactive.machine@protonmail.ch)

**Аннотация.** В статье рассматривается применение BPM-систем для автоматизации процессов управления персоналом. Процесс «Поиск и подбор персонала» крайне важен для предприятий, которые нацелены выпуск качественной продукции. Его неправильная работа приводит к высокой текучести кадров и падению эффективности предприятия. Обоснована актуальность темы, проанализирован процесс поиска и подбора персонала, были выявлены проблемные места. Был проанализирован современный рынок решений, выявлены основные требования, необходимые для автоматизации процесса поиска и подбора персонала. Также, были рассмотрены системы, применяемые на других предприятиях для решения данных проблем. Предложена реализация процесса поиска и подбора персонала, которая соответствует требованиям предприятия и может работать с системами, внедрёнными на предприятии.

Предполагается, что смоделированный процесс позволит сократить количество ошибок, основанных на человеческом факторе. Также, это уменьшит количество рутинных операций, переводя фокус сотрудников на более важные задачи, и позволит систематизировать все резюме, что делает возможным организацию кадрового резерва на предприятие. Поиск кандидатур на должность может стать проще, повысится уровень квалификации сотрудника и будет соответствовать профессиональным стандартам.

**Abstract.** The article discusses the use of BPM-systems for automating personnel management processes. The process of “Search and selection of personnel” is extremely important for enterprises that target the production of quality products. His incorrect work leads to high staff turnover and a drop in the efficiency of the enterprise. The relevance of the

topic was substantiated, the process of personnel search and selection was analyzed, problem areas were identified. The modern solutions market was analyzed, the basic requirements were identified, and they are necessary for automating the search and recruiting process. Also, the systems used in other enterprises to solve these problems were considered. The proposed implementation of the process of search and selection of personnel that meets the requirements of the enterprise and can work with the systems implemented in the enterprise.

It is assumed that the simulated process will reduce the number of errors based on the human factor. Also, it will reduce the number of routine operations, shifting the focus of employees to more important tasks and will allow to systematize all resumes, which makes it possible to organize a personnel reserve for the enterprise. The search for candidates for the position may become easier, increase the level of qualifications of the employee and will meet professional standards.

**Ключевые слова:** BPM, BPMN, HR, моделирование, управление персоналом.

**Keywords:** BPM, BPMN, HR, Modeling, Human Resource Management.

В современных условиях рынка труда качественность поиска и подбора персонала стала важнейшим фактором в работе организации или предприятия. Каждой организации требуется выявлять лучших и подготовленных кандидатов из большого количества претендентов на вакансию, для того чтобы оставаться конкурентоспособной на рынке. Ошибки при поиске и подборе персонала могут негативно отразиться на эффективности работы организации.

Однако, с ростом количества откликов на вакансию, затрудняется контроль за приёмом кандидатов на вакантные должности в связи с ростом количества бумажной работы: обработка резюме, перевод данных с текстовых носителей в электронные документы и архивация. Для решения данных проблем возможно использование автоматизированной системы [1-4].

Основные риски по процессу характеризуются двумя факторами:

- вероятностью или частотой его возникновения;
- значимостью риска (последствиями, величиной убытка).

В таблице 1 представлены основные риски по процессу, которые в разной степени влияют на процесс.

Таблица 1 – Анализ рисков.

Объект риска	Фактор риска	Последствия	Значимость	Вероятность наступления риска
Формирование заявки на подбор персонала на должность	Неверное заполнение заявки	Неверно подобранный персонал	Катастрофическая	Довольно высокая
Согласование заявки со специалистом отдела кадров	Согласование заявки с неверным содержанием	Неверно подобранный персонал	Катастрофическая	Не слишком высокая

Продолжение таблицы 1.

Объект риска	Фактор риска	Последствия	Значимость	Вероятность наступления риска
Размещение информации о вакантной должности в каналах	Ошибка выбора каналов привлечения	Возникновение убытков в результате принятия ошибочных решений	Существенная	Умеренная
Сбор резюме, откликнувшихся на вакансию	Утеря резюме кандидата	Сложности в подборе квалифицированного кандидата	Критическая	Небольшая
Собеседование со специалистом отдела кадров	Риски, влияющие на состояние специалиста отдела кадров	Неудачное собеседование, отказ кандидата	Критическая	Умеренная
Собеседование со специалистом выбранной должности	Риски, влияющие на состояние специалиста	Неудачное собеседование, отказ кандидата	Критическая	Умеренная
Утверждение кандидата на должность	Ошибки в заполнении документов	Увеличение срока приёма на работу	Существенный	Небольшая
Закрытие заявки на подбор персонала	Ошибки в заполнении документов	Искажённая информация	Граничная	Незначительная

Специализированные системы представляют собой решения, полностью заточенные на работу с процессами отдела по работе с персоналом. Среди таких решений можно выделить два самых популярных в России – E-Staff и Experium.

Обе системы поддерживают базовый функционал отдела кадров, а именно:

- учёт вакансий и заявок на подбор персонала;
- импорт резюме кандидатов из текстовых документов Word;
- хранение истории по работе с каждым кандидатом;
- отправка уведомлений кандидату по типовым шаблонам;
- поиск резюме на рабочих сайтах;
- работа с кандидатами: интервью, статус;

Однако, ввиду сильной специализации именно на работе отдела кадров, системы такого уровня зачастую сильно ограничены в возможностях расширения и интеграции с другими сервисами, а также переход от одной системы к другой является самым тяжелым, так как системы хоть и выполняют похожие операции, но выполнены по-разному.

После внедрение данной системы можно ожидать изменение метрик по процессу (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка метрик для нового бизнес-процесса

Метрика	Показатель	Оценка
Время обработки заявки на подбор персонала	1-2 дня	4
Время обработки откликов на вакансию	1-2 дня	4
Ошибки в документах	2-3 в год	5

Исходя из метрик, можно сделать вывод, что внедрение системы положительно влияют на процесс.

### Выводы

Для автоматизации процесса «Поиск и подбор персонала» была разработана конфигурация на платформе Bizagi.

После внедрения системы ключевые показатели эффективности могут улучшиться.

Анализ текучести кадров:

– количество поданных заявок на подбор персонала относительно других отделов.

Анализ эффективности каналов рекрутинга:

– сравнение каналов относительно друг друга;

– эффективность тех или иных каналов для разных категорий должностей.

Создание системы кадрового резерва позволит быстро находить кандидатов на открытую должность.

### Литература

1. Родионов, А.С., Юсупова, Л.Р. Автоматизация процесса создания и обработки заявок, связанных с отказом оборудования в нефтегазовых предприятиях // Сборник тезисов докладов VI научно-технической конференции молодых специалистов ООО «Башнипинефть», Издательство: ООО «БашНИПИнефть», 2016. С.133-134.

2. Родионов, А.С., Бикзянова, А.А. Доработка процесса оформления проекта доверенности в системах электронного документооборота нефтегазовых предприятий // Сборник тезисов докладов VI научно-технической конференции молодых специалистов ООО «Башнипинефть», Издательство: ООО «БашНИПИнефть», 2016. С. 117-118.

3. Родионов, А.С., Фархутдинов, Р.И., Хусаинов, И.Р. Программный комплекс моделирования температурных полей в скважине / А.С. Родионов, Р.И. Фархутдинов, И.Р. Хусаинов Информационные технологии. Проблемы и решения. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. 1(4). – С. 27-30.

4. Родионов, А.С., Гаврикова, Ю.В., Левина, Т.М., Ефимова, Д.А. Автоматизация бизнес-процесса учета расходов на негосударственное пенсионное страхование / А.С. Родионов, Ю.В. Гаврикова, Т.М. Левина, Д.А. Ефимова Информационные технологии. Проблемы и решения. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. 1(4). – 328 с.



УДК 004.648

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА «ОТГРУЗКА ПРОДУКЦИИ»  
В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

**IMPLEMENTATION OF THE PROCESS “PRODUCT SHIPMENT”  
IN THE CORPORATE INFORMATION SYSTEM**

Исламгулов Р.Р., Кравченко Т.В.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате,  
ул. Губкина, 22б, г. Салават, Республика Башкортостан, 453250, Россия

R.R. Islamgulov, T.V. Kravchenko,  
Ufa State Petroleum Technological University, Branch in the Salavat,  
Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: ruslan.islamgulov2011@yandex.ru

**Аннотация.** Основной задачей промышленных предприятий является наиболее полное обеспечение спроса высококачественной продукцией. Темпы роста объема производственной продукции, повышение её качества непосредственно влияют на величину издержек, прибыль и рентабельность предприятия. Реализация продукции является завершающей стадией процесса кругооборота средств предприятия, в результате чего готовая продукция обретает денежную форму. Отгрузка продукции является одним из этапов реализации продукции. Сопровождением продукции занимается экспедитор. Планирование отгрузки является важной и трудоёмкой процедурой, в которой участвует множество сотрудников предприятия, продающего какой-либо товар, и сотрудников предприятия, занимающегося экспедицией товаров. Соответственно большое количество документов передаётся между сотрудниками данных предприятий. Для обеспечения сохранности и доступности документов с быстрой их обработкой используются различные информационные системы. Но информационные системы используются не на всех предприятиях или используются только частично. Выявлены проблемы, связанные с длительностью формирования и передачи документов, участвующих в процессе отгрузки, в число которых входят планы отгрузки, заявки покупателей, приказы на отгрузку, протоколы согласования цены услуг, отчёты по отгрузке продукции. Проведено сравнение информационных систем для решения данной проблемы. Предлагается создание конфигурации на платформе 1С: Предприятие.

**Abstract.** The main task of industrial enterprises is the most complete supply of demand with high-quality products. The growth rate of production, improving its quality directly affect the cost value, profits and profitability of the enterprise. Sales of products is the final stage of the process of circulation of funds of the enterprise, with the result that the finished products acquire a monetary form. Shipment of products is one of the stages of product sales. Accompanying the products belongs to the forwarder. Shipment planning is an important and time-consuming procedure, involving many employees of an enterprise selling a product, and employees of an enterprise engaged in the expedition of goods. Accordingly, a large number of documents are transferred between employees of these enterprises. To ensure the safety and availability of documents with their fast processing, various information systems are used. But information systems are not used in all enterprises or are only partially

used. There were identified problems associated with the duration of the formation and transmission of documents involved in the shipment process, which include shipping plans, customer requests, shipping orders, protocols for negotiating the price of services, reports on product shipments. Information systems were compared to solve this problem. It is proposed to create a configuration on the 1C: Enterprise platform.

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, продукция, отгрузка, документация, документооборот.

**Keywords:** industrial enterprise, production, shipment, documentation, document circulation.

На предприятиях существует три вида отгрузки продукции: железнодорожный транспорт, автотранспорт, трубопровод. Так как большая часть продукции доставляется покупателям с помощью железнодорожного транспорта, то далее рассматривается только данный вид отгрузки.

Важен не только сам процесс отгрузки продукции, но и его планирование и подготовка. Именно качество планирования определяет, насколько быстро и безошибочно будет отгружена продукция покупателю.

На рассматриваемом промышленном предприятии отгрузка продукции покупателю производится экспедитором. Соответственно между экспедитором и предприятием-производителем происходит движение большого количества документов. Большая часть данного документооборота не автоматизирована, что накладывает некоторые трудности, связанные с длительностью формирования и отправки документов [4].

Для решения данной проблемы используются различные информационные системы.

Например, в работе рассматриваются такие системы электронного документооборота (СЭД), как:

- DIRECTUM;
- БОСС-Референт;
- Тезис;
- CompanyMedia и т.д.

Кроме того, рассматривается применение одной из вышеперечисленных систем в органах муниципального управления.

На одном из предприятий в Германии автоматизация процессов в рамках отгрузки продукции производится с помощью CSB-System. На данном предприятии продукция комплектуется в паллеты, а затем отправляется покупателю. Паллеты автоматически маркируются и отправляются на хранение. Вся маршрутная документация находится в CSB-System [1, 2].

Формирование документов в СЭД представляет некоторые сложности, связанные с количеством покупателей и номенклатуры на рассматриваемом предприятии, поэтому предлагается использование одной из ERP-систем [3].

Функционал системы должен включать в себя:

- возможность формирования отчётов;
- группировка и расшифровка информации в отчётах;
- динамическое изменение структуры отчёта;
- оперативный доступ к документам с учётом прав пользователей;
- создание, хранение и использование в документах справочников информации;
- создание, хранение и редактирование документов по заданным шаблонам;

– создание шаблонов документов.

На рынке представлено большое количество ERP-систем, как зарубежного производства, так и российского. Например, SAP ERP, 1С: Предприятие, Галактика, Oracle Applications и т.д. Статистика использования ERP-систем за 2016 год в России (рисунок 1).

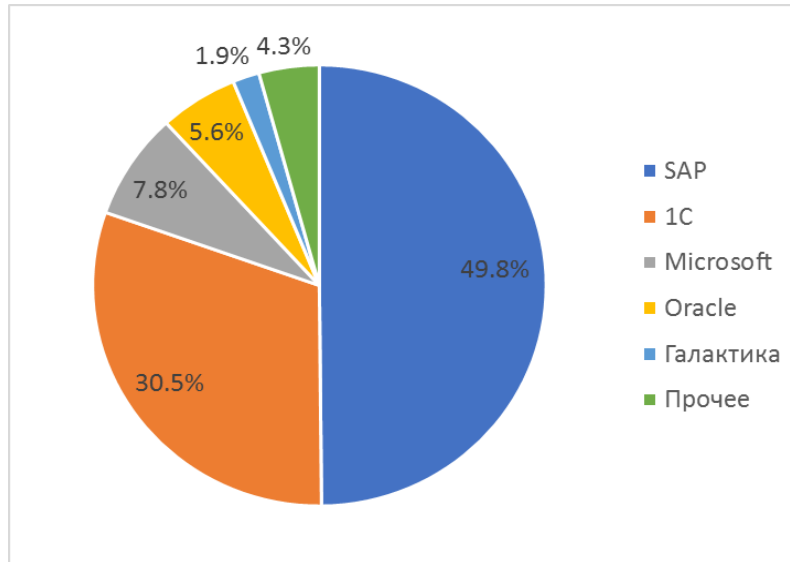


Рисунок 1. Использование ERP-систем в России.

Так как системы компаний SAP и 1С занимают большую часть рынка, то следует сравнить ERP-системы и выявить их достоинства и недостатки.

Сравнительный анализ данных систем по следующим показателям (таблица 1):

- стоимость;
- соответствие международным стандартам;
- масштабируемость;
- функциональность;
- качество исполнения;
- оперативность обновления;
- возможность настройки и доработки.

Таблица 1 – Сравнительный анализ.

Показатель	1С: Предприятие	SAP ERP
Стоимость	70 долларов США	2000-3000 долларов США
Соответствие международным стандартам	Содержит российские практики управления предприятием.	Содержит мировые практики управления предприятием.
Масштабируемость	3000 пользователей	>3000 пользователей
Функциональность	Широкий функционал, необходимый для ведения учёта в России. Имеется возможность доработки функционала под задачи предприятия.	Обладает функциональностью для большого количества различных отраслей бизнеса (автомобильный бизнес, нефтегазовая отрасль и т.д.). Имеется возможность доработки функционала под задачи предприятия.

Продолжение таблицы 1.

Показатель	1С: Предприятие	SAP ERP
Интерфейс	Прогрессивный интерфейс, интуитивно понятный для пользователей.	Устаревший интерфейс.
Оперативность обновления	Обновления системы происходят при изменениях требований законодательства Российской Федерации.	Обновление системы удовлетворяют требованиям законодательств во всех странах.
Возможность настройки и доработки	Удобные и эффективные средства настройки и доработки. Имеется возможность разработки мобильных приложений для iOS и Android.	Обновление системы производится с наименьшими трудозатратами за счёт лучшей изоляции ядра.

Информационная система SAP ERP подходит для автоматизации крупного бизнеса и крупных проектов, ориентированных на мировой рынок. 1С: Предприятие больше подходит для малого и среднего бизнеса, ориентированного на работу по российскому законодательству.

В таблице 2 представлены шаги бизнес-процессов планирования и формирования отчётности по отгрузке продукции и оценка возможности удаления или совершенствования каждого шага.

Таблица 2 – Оценка шагов бизнес-процессов.

Шаг	Возможность удаления или совершенствования
Формирование предварительного плана отгрузки	Да
Утверждение плана отгрузки на месяц	Да
Подача заявки для оформления ГУ-12	Да
Формирование графика погрузки на декаду	Да
Формирование оперативной заявки и графика погрузки на 4 суток	Да
Планирование подвода подвижного состава	Да
Формирование 4-хсуточного плана выработки товарной продукции	Да
Формирование бюджета на месяц	Да
Внесение бюджета в ИС. Формирование и проверка графика предварительных платежей	Нет
Оформление графика предварительных платежей экспедитора	Да
Все виды согласований	Да

Продолжение таблицы 2.

Шаг	Возможность удаления или совершенствования
Размещение заявок ГУ-12 в ЭТРАН, оформление документов для отгрузки продукции	Да
Формирование приказа на отгрузку, запрос необходимой документации	Да
Формирование заявок ТЭ	Да
Подготовка и отправка натуральных листов	Нет
Оформление наряда-допуска, взвешивание вагонов	Нет
Формирование комплекта отгрузочных документов	Да

Для исправления проблем существующего процесса предлагается создание следующих электронных документов:

- заявка формы ГУ-12;
- единый реестр заявок ГУ-12;
- бюджет движения денежных средств;
- протокол согласования цены услуг;
- факторный анализ по отгрузке продукции.

В качестве примера представлен отчёт по бюджету движения денежных средств (рисунок 2). В окне отчёта необходимо выбрать период и нажать кнопку «Сформировать». Стандартно в качестве периода указывается текущий месяц. В качестве строк и колонок отчёта указаны реквизиты проведённых документов. Также подсчитываются итоги по объёму перевозок, стоимости без и с НДС и промежуточные итоги по каждой статье расходов, заводу и экспедитору.

Статья	Объем перевозки	Стоимость без НДС	Стоимость с НДС
Завод			
Экспедитор			
Расшифровка	Станция назначения	Маршрут перевозки	Цена без НДС    Цена с НДС    НДС
2.1.1 Основные материалы, запасы по договорам	14 620,00	133 311 401,00	148 303 142,60
ООО "НПЗ ЮБК"	14 620,00	133 311 401,00	148 303 142,60
ПЛЖТНФТ	14 620,00	133 311 401,00	148 303 142,60
Компонент активной основы 2	Кавказ	Тест	9 620,00    9 620,00 0%
SOLENOX-16(SO/ИНОКС)	Клайпеда	Тест	8 841,55    10 433,03 18%
2.2.2 Затраты на теплоэнергию (пар, горячее водоснабжение)	5 820,00	35 812 661,60	36 058 842,00
Задвижки Ру	5 820,00	35 812 661,60	36 058 842,00
ПЛЖТНФТ	5 820,00	35 812 661,60	36 058 842,00
Антифаз	320,00	1 367 661,60	1 613 042,00
ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ НАЛКО ЕС-1201А	Кавказ	Тест	1 667,88    1 968,10 18%
Клайпеда	Тест	6 889,00    6 889,00 0%	
Итого	20 440,00	169 124 062,60	184 361 984,60

Рисунок 2. Отчёт по бюджету движения денежных средств.

## Выводы

В результате работы время формирования, отправки и поиска документов уменьшится в несколько раз, сократится время сверки отчётов, так как отчёты будут находиться в электронном виде, а не в бумажном, как было ранее. Сократится количество ошибок в отчётах, которые были совершены из-за человеческого фактора.

## Литература

1 Жаринов, Ю.А. Возможности использования сетевых медиатехнологий при изучении английского языка в техническом университете [Текст] / Ю.А. Жаринов, Г.Г. Стрелкова // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы международной научно-практической конференции. Том 2. Уфа: Изд-во «Восточная печать», 2015. С. 84-88.

2 Жаринов, Ю.А. Использование информационно-коммуникационных технологий в обучении иностранным языкам [Текст] / Ю.А. Жаринов, Д.Д. Хайруллина, В.О. Черникова // Материалы Международной научно-практической конференции «Информационные технологии. Проблемы и решения». – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. Том 1(3). – С. 7-10.

3 Хайруллина, Д.Д. Интерактивные методы обучения иностранному языку в техническом вузе [Текст] / Д.Д. Хайруллина, В.О. Черникова, Ю.А. Жаринов // Материалы Международной научно-методической конференции «Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля-2016». Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – С. 47-49.

4 Fomina, V.V. Graphical modeling method application in construction of petrochemical plant block-diagram [Text] / V.V Fomina, Yu.A. Zharinov, A.Yu. Abyzgildin // Oil and Gas Business: electronic scientific journal. – 2014. – Issue 1. – PP. 263-272.

УДК 004:658.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

### IMPROVING THE MECHANISM OF PLANNING ENERGY RESOURCES

Даутова Г.А., Кравченко Т.В.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате,  
ул. Губкина, 22б, г. Салават, Республика Башкортостан, 453250, Россия

G.A. Dautova, T.V. Kravchenko,  
Ufa State Petroleum Technological University, Branch in the Salavat,  
Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: gdautovaa@gmail.com

**Аннотация.** Деятельность промышленных предприятий включает в себя большое количество задач, выполнить которые без применения инструментов анализа и планирования, невозможно. Методы и средства непрерывно совершенствуются, развиваются. Прогресс современной промышленности неразрывно связан с развитием

автоматизации производства. Автоматизация планирования различных ресурсов на предприятии предполагает использование специального программного решения. Для поддержки программ энергосбережения важно наличие полной, качественной и оперативной информации об энергоресурсах предприятия. Полнота, достоверность, точность и своевременность получения данных являются основными условиями правильности управленческих решений. Информационные системы позволяют получить точные данные. В этой работе предлагаются мероприятия по повышению эффективности планирования энергоресурсов и автоматизация процесса планирования. Новое программное решение помогает оперативно формировать данные о потреблении энергоресурсов, получить качественные данные для анализа и принятия управленческих решений. Для разработки модуля была использована среда разработки Microsoft Visual Studio 2015, язык программирования высокого уровня C# и для реализации базы данных выбрана система управления базами данных Microsoft SQL Server 2016. Обоснована актуальность темы, проанализирован процесс планирования энергоресурсов и выявлены его проблемы.

**Abstract.** The activity of industrial enterprises includes a large number of tasks that cannot be performed without the use of analysis and planning tools. Methods and tools are continuously being improved, developing. The progress of modern industry is inextricably linked with the development of industrial automation. Automating the planning of various resources in an enterprise involves the use of a special software solution. To support energy saving programs, it is important to have complete, high-quality and timely information about the company's energy resources. Completeness, accuracy, accuracy and timeliness of data are the basic conditions for the correctness of management decisions. Information systems provide accurate data. This paper proposes measures to improve the efficiency of energy planning the automation of the planning process. The new software solution helps to quickly generate data on energy consumption, to obtain high-quality data for analysis and management decisions. The development of the module was based on the Microsoft Visual Studio 2015 development environment, the high level programming language C#, and the database management system Microsoft SQL Server 2016 was chosen to implement the database. The urgency of the topic is substantiated, the process of energy planning is analyzed and its problems are revealed.

**Ключевые слова:** автоматизация, планирование энергетических ресурсов, система, управление, эффективность.

**Keywords:** automation, energy resource planning, system, management, efficiency.

Функционирование и развитие любого предприятия неразрывно связано с использованием значительного комплекса энергоемких технических средств различного назначения. Энергоресурсы занимают особое место среди материальных ресурсов предприятия и оказывают существенное влияние на затраты на производство продукции. Именно поэтому одной из важнейших целей любого предприятия является планирование потребления энергетических ресурсов при формировании бюджета на потребление и выработку энергоресурсов, правильное решение которой приведет к повышению его экономической эффективности. В достижении этой цели может помочь автоматизация процессов планирования и потребления энергоресурсов.

В нефтеперерабатывающих предприятиях затраченные энергоресурсы являются ключевыми составляющими себестоимости готовой продукции. Поэтому для

повышения экономической эффективности производства целесообразно вести учет и жесткий контроль потребления энергоресурсов.

Для принятия управленческих решений необходим информационный ресурс, которым будут пользоваться сотрудники предприятия в соответствии с их назначением в процессе управления.

В управлении бизнес-процессами важную роль играет достоверная и оперативная информация [1, 2]. При отсутствии единого информационного ресурса затрудняется сбор, хранение и представление технологических данных. Потому что, когда данные поступают из разнообразных источников (бумажные отчеты, телефонные переговоры, факсы, электронная почта, электронные данные различных форматов) возникает риск искажения информации или информацию могут получить с опозданием.

Объектом риска может быть: компания в целом, подразделение компании, бизнес-процесс, отдельные шаги процесса.

Примеры потерь энергоресурсов:

- утечки, расход энергоресурсов во время простоя оборудования;
- превышение допустимых потерь за счет износа оборудования;
- работа оборудования в ограниченных зонах;
- ошибки измерения/ручного ввода, обнаружение ошибок на основе статистических данных.

На рисунке 1 приведена карта рисков.

Значимость:

I – катастрофический;

II – критический;

III – существенный;

IV – граничный.

Вероятность:

A – очень высокая;

B – довольно высокая;

C – не слишком высокая;

D – умеренная;

E – небольшая;

F – незначительная.

Жирная линия – критическая граница терпимости (выше и справа – «невыносимые» риски, ниже и слева – «терпимые»).

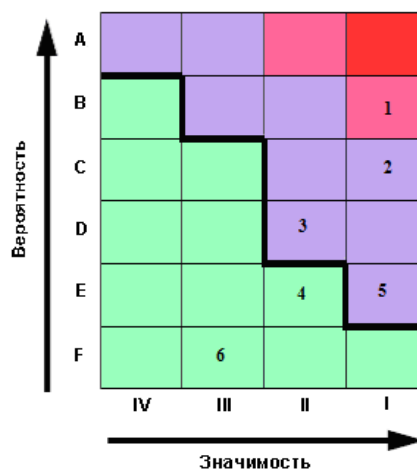


Рисунок 1. Карта рисков.



Таблица 1 – Риски.

№	Объект риска	Фактор риска	Последствие	Значимость	Вероятность
1	Шаг Получение данных	Риск ошибок больших данных	Искажение информации	Катастрофическая	Довольно высокая
2	Шаг Планирование энергетических ресурсов и выполнение расчета	Ошибки в расчетах	Искажение информации	Катастрофическая	Не слишком высокая
3	Шаг Предоставление плана по потреблению энергетических ресурсов	Нарушение сроков предоставления отчетов	Штрафы	Критическая	Умеренная
4	Шаг Сопоставление плановых и фактических данных	Документы, содержащие ошибочные или недостоверные данные	Возникновение убытков, в результате ошибочно принятых решений	Критическая	Небольшая
5	Шаг Ведение технологического режима	Нарушение технологических режимов	Отстранение от работы и привлечение к административной или судебной ответственности	Катастрофическая	Небольшая
6	Шаг Контроль за работой операторов	Риски, которые влияют на работу сотрудников и снижают их продуктивность	Совершение ошибок в работе операторов	Существенная	Незначительная

На основе карты рисков составлен список проблем существующего процесса:

- сотрудники не удовлетворены сроками и способами получения необходимых данных;
- «человеческий фактор» как причина ошибочных действий;
- ошибки в плане по потреблению энергоресурсов, искажение данных;
- потеря рабочего времени вследствие длительности получения информации;
- риск ошибок больших данных;
- ошибки в расчетах;
- нарушение сроков предоставления отчетов;
- документы, содержащие ошибочные или недостоверные данные;
- нарушение технологических режимов;
- риски, которые влияют на работу сотрудников и снижают их продуктивность;

Исходя из выявленных проблем, выдвигаются цели оптимизации процесса.

Цели структурированы в виде иерархии (дерева целей) (рисунок 2).

Программный продукт Plant Information System (PI System) фирмы OSIsoft обеспечивает сбор, хранение и представление в едином формате технологических данных. Его свойства, такие как масштабируемость и открытость, позволяют совершенствовать систему управления. Производственные данные с PI сервера передаются в новый программный модуль по потреблению энергоресурсами.

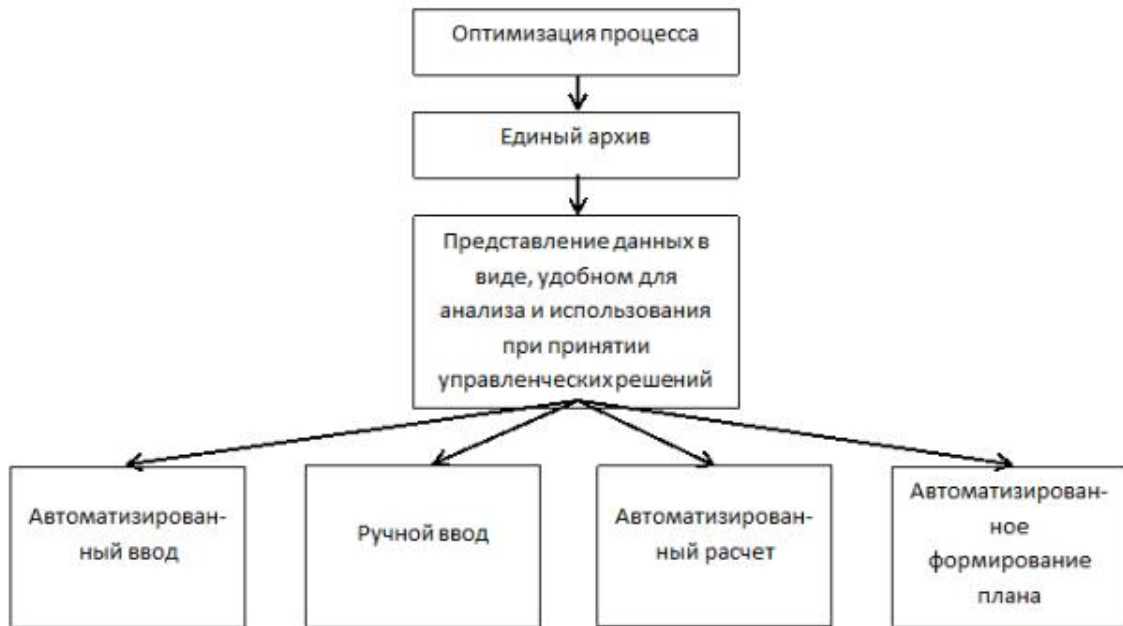


Рисунок 2. Дерево целей.

Для реализации базы данных была выбрана СУБД Microsoft SQL Server 2016, а для разработки модуля – Microsoft Visual Studio 2015 – среда разработки программного обеспечения (с использованием языка программирования С# и компонента DevExpress) [3].

В левом верхнем углу находится список шаблонов (рисунок 3).

Наименование	План	Уд. норма	ВСЕГО	П-7
	производства	расхода		
	тн	тп/тн		
Пар на технологию			Гкал	Гкал
ЭП-340	3,00		3,10	0,00
Воздух, м3			0,00	0,00
Бензол	1		1,03	0,00
Стирол	2,00		2,07	0,00
Этилбензол	1		1,03	0,00
ШФЛУ	1		1,03	0,00
Полистирол ПСВ	1		1,03	0,00
Полистирол УПИМ	1		1,03	0,00
Полистирол ПСМ	1		1,03	0,00
Полистирол	2,00		2,07	0,00
Полиэтилен	1		1,03	0,00
Воздух			0,00	0,00
ПЭВП	1		1,00	0,00

Рисунок 3. Сформированный план «Необходимое количество теплоэнергии».

Первый шаблон содержит список параметров и идентификаторы значений этих параметров. С помощью шаблона можно добавлять новые данные в базу данных, а если уже есть значение с такой же датой и идентификатором параметра, то происходит обновление значений. Второй шаблон «Необходимое количество теплоэнергии»

выполняет расчеты и выводит на экран готовые результаты. Кнопка «Загрузить» загружает шаблон из Excel и данные из базы данных SQL. При помощи кнопки «Сохранить» добавляются и обновляются данные в SQL. Также в программе можно выбирать даты для загрузки отчета и шаблона, которая загружает данные.

Программное решение позволит:

- повысить оперативность формирования данных о потреблении энергоресурсов, свести до минимума влияние «человеческого фактора»;
- получить качественные данные для анализа потребления энергетических ресурсов.

Основной эффект от внедрения программного модуля по потреблению энергоресурсов достигается за счет:

- построения системы для оперативного прогнозирования потребления энергоресурсов и учета энергоресурсов;
- повышения точности планирования потребления энергетических ресурсов;
- уменьшения влияния человеческого фактора, что приводит к снижению количества ошибок и, соответственно, повышает качество процесса;
- повышения эффективности использования энергоресурсов, снижения удельных затрат по их потреблению за счет выявления источников потерь, снижения перерасхода, оптимизации распределения приобретенных и собственных энергоресурсов.

## **Выводы**

Таким образом, для эффективного управления производством необходим единый информационный ресурс, который позволит в оперативном режиме анализировать энергопотребление и т.д. Новый модуль заменит персоналу бумажные журналы и позволит им работать более точно и эффективно. Повышение уровня оперативности и точности процесса поможет осуществлению какого-либо процесса с минимальными затратами, усилиями и потерями.

## **Литература**

1. Покало Ю.Д., Киреева Н.А. Проектирование системы учета данных электронного архива // Наука. Технология. Производство – 2015: тезисы докладов международ. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (19.05.2015). Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. С. 125-127.
2. Киреева Н.А., Покало Ю.Д. Применение автоматизированной информационной системы учета данных электронного архива на предприятии // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения: сб. трудов Всерос. науч. -технич. конф. с междунар. участием. В 2 т. Т. 2. Уфа: Изд -во УГНТУ, 2015. С. 326-327.
3. Покало Ю.Д., Киреева Н.А. Методы оценки надежности информационной системы // Автоматизация, энерго- и ресурсосбережение в промышленном производстве: сб. материалов I международ. науч.-техн. конф. (21.04.2016). Уфа: Нефтегазовое дело, 2016. С. 356-358.

УДК 004

## ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

### ELECTRONIC DOCUMENT TURNOVER AS A TOOL FOR THE DEVELOPMENT OF A POLYGRAPHIC ENTERPRISE

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

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

e-mail: cveta-1522@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается применение программных средств для улучшения процесса документального сопровождения заказа клиента. Обоснована актуальность темы, проанализирован процесс документального сопровождения заказов клиента и выявлены его проблемы. Был проанализирован современный рынок систем электронного документооборота, выявлены основные функции модуля необходимые для предприятия. Так же были рассмотрены готовые решения на других предприятиях. Предложена реализация создания специализированного программного средства, которая полностью соответствует требованиям предприятия и имеет связь с системами, использующимися в организации.

Предполагается, что готовый модуль позволит сократить временные и материальные затраты, организовать планирование производства, которое позволит увеличить доход предприятия за счет появления возможности обработки большего количества заявок, и уменьшить количество ошибок, основанных на человеческом факторе. Представлены временные диаграммы Ганта процесса «как есть» и «как будет», расчет затрат на производство до и после внедрения системы. Все расчёты были произведены на данных предприятия ООО «Полиграфия», которое находится в сегменте частного бизнеса и работает как с крупными компаниями, так и с частными клиентами в нескольких городах.

**Abstract.** The article discusses the use of software tools to improve the process of documenting the order of a customer. The relevance of the topic is substantiated, the process of documentary support for the client's order is analyzed, and its problems are identified. The modern market of electronic document management systems was analyzed, the main functions of the module necessary for the enterprise were identified. There were also considered turnkey solutions in other enterprises. There was proposed an implementation of the creation of specialized software that was fully consistent with the requirements of the enterprise and had a relationship with the systems used in the organization.

It is assumed that the finished module will reduce time and material costs, organize production planning, which will increase the income of the enterprise due to the emergence of the possibility of processing more applications, and reduce the number of errors based on the human factor. The time Gantt charts of the process “as is” and “how will”, the calculation of production costs before and after the introduction of the system are presented. All calculations

were made based on the data of the enterprise LLC “Polygraphy”, which is in the segment of private business and deals with both large companies and private clients in several cities.

**Ключевые слова:** электронный документооборот, промышленная полиграфия, документы, заявка, программные средства.

**Keywords:** Electronic Document Management, Industrial Printing, Documents, Application, Software Tools.

В современном мире сложно представить крупные компании и предприятия без использования договоров, заявлений и приказов. При этом наблюдается увеличение объемов, используемых в современном мире документов.

С ростом количества документов возникает вопрос о хранении и систематизации документов, экономии на расходные материалы, на оборудование, на доставку информации в бумажном виде. Поэтому возникает необходимость создания программного обеспечения для осуществления перехода от традиционного бумажного к электронному документообороту.

Полный отказ от бумажных носителей на данный момент невозможен, но использование их в меньших объемах реально [1].

Процесс «Документальное сопровождение заказа клиента» существует на предприятии, у которого идет производство полиграфического товара, как для частных клиентов, так и больших компаний.

В рамках данного процесса происходит формирование сопроводительного документа для товара, прохождение документом полного цикла производства продукта и проверка правильности выполнения цикла производства [2].

Основными проблемами на данный момент являются время, затраченное на выполнение заказа, человеческие ошибки при заполнении дубликата заявки, которая является основой для работы производства, и потеря заявки при передаче на производство.

Проведя анализ полиграфических компаний, которые столкнулись со схожими проблемами, выяснилось, что они переходят на систему СЭД. Для них это является наиболее удобным способом решения проблем, а также решает и проблему экологического загрязнения.

Основными функциями для систем СЭД, которые чаще всего требуются на производстве:

- работа с документами;
- создание ролей для сотрудников и ограничение функций для каждой роли;
- управление данными;
- безопасность;
- отслеживание работы с документами;
- хранение;
- возможность подписи документов;
- работа с графическими файлами;
- возможность отслеживания прохождения заказа;
- передача документов с офиса на производства, которые могут находиться в разных точках;
- расчет среднего выполнения заказа.

К сожалению, готовые решения не предоставляют все необходимые функции, поэтому чаще всего используются системы собственной разработки.

Далее рассмотрим, каким образом внедрение СЭД позволит улучшить процесс.

Предположим, что у всех участников подпроцесса месячная заработная плата 15 900 руб. без учета подоходного налога, тогда стоимость часа работы одного сотрудника Общества, участвующего в процессе при восьмичасовом рабочем дне, тридцатидневной неделе и восьми выходных днях:

$$15\,900 / ((30-8) * 8) = 90,35 \text{ руб.}$$

Среднее время выполнения процесса – 16 дней. Из них 8 дней простоя по процессу из-за передачи заявки на производства и ожидания необходимого материала.

Тогда издержки по процессу на выполнение процесса достигнут 5 782,4 рубля на сотрудника. Общие издержки по процессу в месяц составляют 34 694,4 рублей.

Большие убытки компания несет при неправильном заполнении второй заявки, которая отправляется на производство.

Компания теряет ресурсы, которые были выделены на изготовление неверного заказа и так же сотрудникам придется выполнить заказ снова, затратив временные ресурсы, которые могли пойти на выполнение другой задачи [3].

В среднем таких ошибок может быть от 3 до 5 заявок в квартал, при средней потере прибыли от 300 до 15 000 рублей.

При потере заявки теряются временные ресурсы, которые могут пойти на выполнение следующего заказа. В этом случае сотрудник вынужден будет выполнять заказы в ускоренном темпе, что может сказаться на качестве продукции [4].

Стоит отметить, что при попадании заявки на производство два раза в день сложнее организовать планирование производства.

Например, при поступлении заявки вечером и обнаружении нехватки нужного материала заказ его можно будет совершить только на следующий день из-за чего необходимый ресурсы попадут на производство позже.

На рисунке 1 представлена диаграмма Ганта, построенная в соответствии с таблицей 1, в которой отображена средняя продолжительность каждой работы, производимой под процессом.

Идентификатор	Название задачи	Начало	Окончание	Длительность	дек 2018														
					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Создание заявки	13.12.2018	13.12.2018	1д	■														
2	Проверка оплаты заявки	13.12.2018	13.12.2018	1д	■														
3	Создание шаблона заказа	14.12.2018	17.12.2018	2д		■	■	■	■										
4	Уточнение шаблона	18.12.2018	18.12.2018	1д						■									
5	Передача заявки на производство	19.12.2018	19.12.2018	1д						■									
6	Заказ необходимых материалов	20.12.2018	24.12.2018	3д						■	■	■	■	■					
7	Создание пластин для печати	25.12.2018	25.12.2018	1д														■	
8	Печать продукции	26.12.2018	26.12.2018	1д														■	
9	Постпечатная подготовка	26.12.2018	27.12.2018	2д														■	■
10	Отправка готового заказа в офис	28.12.2018	28.12.2018	1д															■

Рисунок 1. Диаграмма Ганта («как есть»).



Рисунок 2. Диаграмма Ганта («как будет»).

### Выводы

На основании вышеизложенного можно утверждать, что использование автоматизированной системы позволит:

- сократить издержки, связанные с процессом примерно на 43 500 руб. ежемесячно, за счет минимизации временных затрат и простоя сотрудника;
- создать планирование процесса и сократить на 4 дня выполнение заказа, что позволит потратить время на выполнение других заказов;
- уменьшить количество ошибок, основанных на человеческом факторе.

### Литература

1. Родионов, А.С. Автоматизация процесса создания и обработки заявок, связанных с отказом оборудования в нефтегазовых предприятиях [Текст] / А.С. Родионов, Л.Р. Юсупова // Сборник тезисов докладов VI научно-технической конференции молодых специалистов ООО «Башнипинефть», Издательство: ООО «БашНИПИнефть», 2016. – С. 133-134.
2. Родионов, А.С. Доработка процесса оформления проекта доверенности в системах электронного документооборота нефтегазовых предприятий [Текст] / А.С. Родионов, А.А. Бикзянова // Сборник тезисов докладов VI научно-технической конференции молодых специалистов ООО «Башнипинефть», Издательство: ООО «БашНИПИнефть», 2016. – С. 117-118.
3. Стрелкова, Г.Г. Применение интернет-ресурсов на занятиях по английскому языку в нефтяном вузе [Текст] / Г.Г. Стрелкова, Ю.А. Жаринов // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука. Технология. Производство – 2015». – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. – С. 185-187.
4. Хайруллина, Д.Д. Интерактивные методы обучения иностранному языку в техническом вузе [Текст] / Д.Д. Хайруллина, В.О. Черникова, Ю.А. Жаринов // Материалы Международной научно-методической конференции «Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2016». Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – С. 47-49.

УДК 004:685

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BPM-СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМ РЕЗЕРВОМ

### USAGE OF BPM SYSTEM FOR PERSONNEL MANAGEMENT

Ахметгареев А.Ф., Головина Е.Ю.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Салавате,  
ул. Губкина, 22б, г. Салават, Республика Башкортостан, 453250, Россия

A.F. Ahmetgareev, E.Y. Golovina,  
Ufa State Petroleum Technological University, Branch in the Salavat,  
Gubkin Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: ArturAhmetgareev@yandex.ru

**Аннотация.** До недавнего времени сотрудников предприятий повышали в должности, когда они отлично выполняли свою работу. Но в данном подходе присутствуют некоторые недочеты. Сотрудник, которого повысили в должности, должен очень быстро изучить свои новые обязанности, что иногда занимает довольно большое количество времени, усилий и порой ошибок со стороны сотрудника.

В современном мире такой подход непозволителен. Предприятиям необходимо постоянно увеличивать эффективность производства.

Кадры на промышленных предприятиях являются важным ресурсом. Качество и эффективность использования данного вида ресурса напрямую влияет на результативность деятельности и прибыль промышленного предприятия.

С каждым годом найти сотрудника, обладающего необходимыми компетенциями, становится все сложнее, поэтому предприятия формируют кадровые резервы, обучая сотрудников для занятия более высокой должности.

Актуальность данной работы заключается в своевременном обеспечении промышленных предприятий в специально обученном кадровом резерве, что позволит сократить затраты на поиск и адаптацию новых сотрудников.

Выявлены проблемы, связанные с отсутствием контроля процесса и отсутствием статистики после окончания процесса. Для решения проблем произведено сравнение информационных систем. Предлагается использование системы для управления бизнес-процессами ELMA-BPM для автоматизации процесса формирования кадрового резерва.

**Abstract.** Until recently, employees of enterprises were promoted when they did their job well. But in this approach there are some shortcomings. An employee who has been promoted must very quickly study his new duties, which sometimes takes a fairly large amount of time, effort, and sometimes mistakes on the part of the employee.

In the modern world, this approach is not permissible. Enterprises need to constantly increase production efficiency. Personnel in industrial enterprises are an important resource. The quality and efficiency of using this type of resource directly affects the performance of activities and profits of an industrial enterprise.

Every year it is becoming more and more difficult to find an employee with the necessary competencies, therefore, enterprises form personnel reserves, training employees for a higher position.



The relevance of this work lies in the timely provision of industrial enterprises in a specially trained personnel reserve, which will reduce the cost of finding and adapting new employees.

The problems associated with the lack of process control and the lack of statistics after the end of the process. To solve the problems, information systems were compared. It is proposed to use the system for managing business processes ELMA-BPM to automate the process of formation of personnel reserve.

**Ключевые слова:** кадровый резерв, система управления бизнес-процессами, обучение, сотрудники, процессы.

**Keywords:** personnel reserve, business process management system, training, employees, processes.

В зависимости от уровня должностей, на которые планируется подготовка, кадровый резерв подразделяется на группы:

- 1 уровень – резерв на замещение руководителей высшего звена (директор производства);
- 2 уровень – резерв на замещение руководителей среднего звена (начальники подразделений);
- 3 уровень – резерв на замещение руководителей нижнего звена (мастера, ведущие специалисты) и ключевых специалистов.

Кадровый резерв может подразделяться на:

- оперативный резерв – действующие заместители либо резервисты, уровень знаний и профессиональная подготовка которых позволяет им приступить к работе незамедлительно;
- стратегический резерв – молодые специалисты (до 35 лет) с лидерскими качествами, способные занять руководящие должности в долгосрочной перспективе, после необходимой профессиональной подготовки.

Формирование кадрового резерва и работа с ним осуществляется в целях:

- обеспечения бесперебойной работы;
- отбора и развития наиболее профессиональных и эффективных работников, способных обеспечить непрерывность и преемственность управления на всех направлениях и во всех подразделениях;
- своевременного замещения ключевых должностей за счет внутренних подготовленных ресурсов;
- предотвращения кризисной ситуации в случае ухода работника, занимающего ключевую позицию;
- повышения уровня профессиональной подготовки работников;
- снижения затрат на подбор и адаптацию работников;
- сокращения периода адаптации работников при вступлении в должность;
- повышения уровня мотивации работников к профессиональному росту, улучшения результатов профессиональной деятельности.

Из-за отсутствия контроля ведения процесса появляются некоторые проблемы:

- невозможность отслеживания процесса;
- неверная последовательность действий;
- чрезмерно долгое выявление потребности в подготовке кадрового резерва;
- долгий анализ документов по кадровому резерву.

Для решения данных проблем могут использоваться информационные системы. Например, 1С: Зарплата и управление персоналом и ПАРУС-Предприятие. Для более

точного отслеживания процесса могут применяться системы управления бизнес-процессами (BPM-системы).

Системы управления бизнес-процессами (BPM-системы) – это класс корпоративных информационных систем, позволяющих автоматизировать процесс управления компанией и эффективностью бизнеса.

BPM-системы осуществляют мониторинг, поиск несоответствий и возможностей улучшения процессов, происходящих в компании.

Произведено сравнение BPM-систем (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение BPM-систем.

Критерий	ELMA	Comindware	Первая форма
Архитектура	Трехзвенная	Трехзвенная	Трехзвенная
Поддерживаемые операционные системы для клиента	Windows 7 и выше, Linux, Mac OS	Windows совместимые	Windows совместимые
Поддерживаемые операционные системы для файлового сервера	MS Windows Server Standard 2008 R2 (x64) и выше, поддерживающие .NET 4.0	Windows Server Standard 2012 и выше	Windows Server 2012, Windows Server 2016
Поддерживаемые СУБД	Oracle® Database 10g, Oracle® Database 11g, MS SQL Enterprise Edition или PostgreSQL	Встроенная	SQL Server 2014, SQL Server 2016

Для выполнения поставленной задачи принято решение использовать информационную систему ELMA BPM.

На данный момент на предприятии формирование кадрового резерва происходит следующим образом:

- специалисты отдела по работе с персоналом определяют ключевые должности для формирования кадрового резерва,
- руководители подразделений предприятия выявляют работников имеющих потенциал для занятия должностей руководителей и ключевых специалистов.
- проводится оценка сотрудников и оформление списка кандидатов в кадровый резерв.
- когда кадровый резерв сформировался, проводится целевая подготовка работников, включенных в кадровый резерв, и проверка прогресса развития.
- после этого резервисты временно исполняют обязанности (отпуск, больничный и т.п.) по должности, на которую состоят в резерве.
- когда сотрудник увольняется, его место занимает резервист. Списки кадрового резерва обновляются ежегодно (рисунок 1).

Ранее выбрана система управления бизнес-процессами ELMA-BPM. Создание и редактирование конфигурации осуществляется в дизайнера Elma. В дизайнера составлена организационная структура промышленного предприятия (рисунок 2).

В дизайнера Elma составлен бизнес-процесс «Работа с кадровым резервом». В бизнес-процессе участвуют сотрудник отдела по работе с персоналом, директор по персоналу, руководители подразделений и промышленного предприятия, комиссия по формированию кадрового резерва и генеральный директор. Процесс проводится ежегодно, поэтому стартовым событием процесса является таймер (рисунок 3).

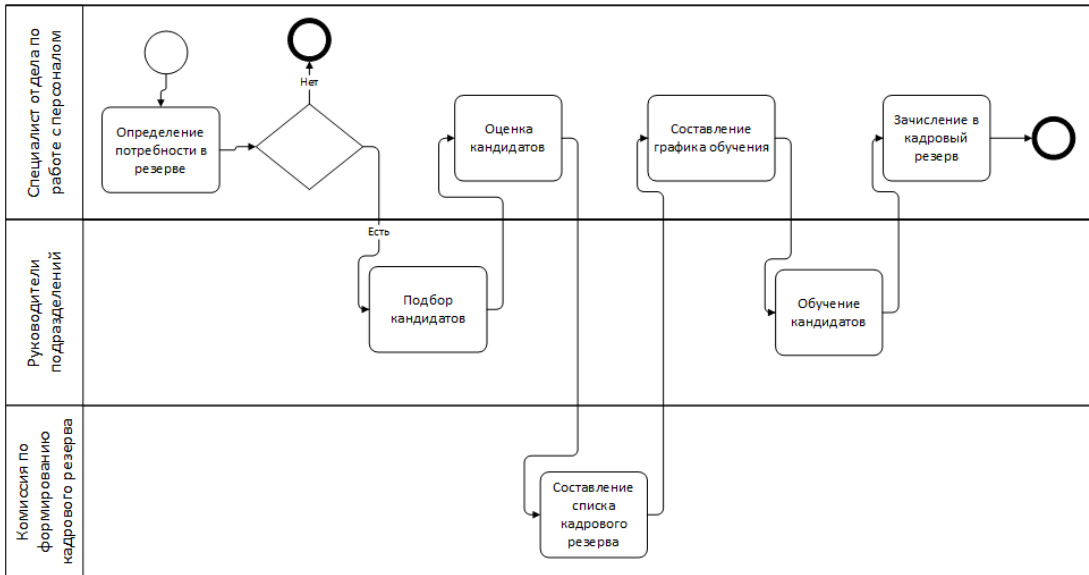


Рисунок 1. Формирование кадрового резерва.

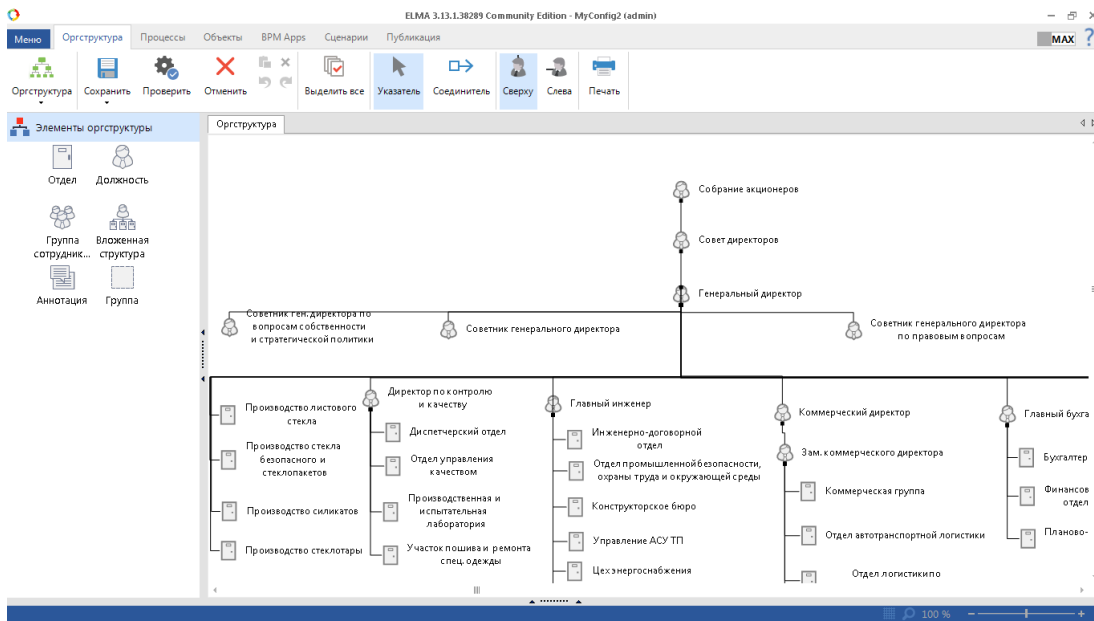


Рисунок 2. Главное окно дизайнера Elma.

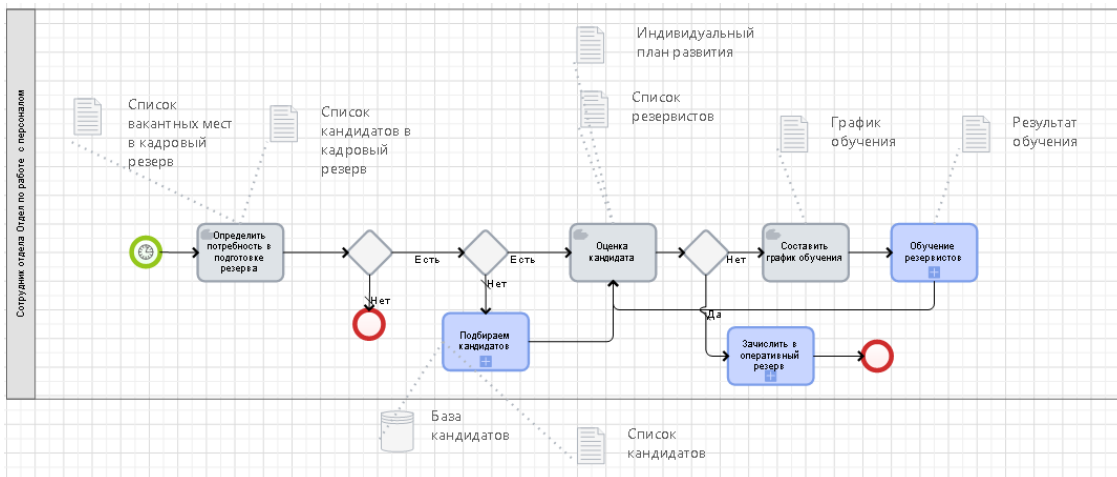


Рисунок 3. Работа с кадровым резервом

## **Выводы**

В результате использования ВРМ-системы появляется возможность отслеживания процесса «Работа с кадровым резервом», повышается точность ведения процесса, уменьшается время, затрачиваемое на поиск и анализ документации по кадровому резерву.

## **Литература**

1. Головина Е.Ю., Левина Т.М. Вопросы оценки информационной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли // Стратегия развития и инноваций: материалы научно-практической конференции посвященной 70-летию ООО «Газпром нефтехим Салават», Уфа: Изд-во УГНТУ. 2018, с. 149.
2. Компьютеры. Вчера, сегодня, завтра. Головина Е.Ю., Полянская В.И. // В сборнике: Физика конденсированного состояния и ее приложения. Сборник трудов Всероссийской научно-практической. Ответственный редактор – О.В. Ахметова. 2018. С. 151-155.
3. Головина Е.Ю., Батршина З.Р. Автоматизированная система рейтинговой оценки преподавателей кафедры // В сборнике: Наука. Технология. Производство – 2017. Прикладная наука как инструмент развития нефтехимических производств. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной дню Химика и 40-летию кафедры химико-технологических процессов Филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате. 2017. С. 425-428.
4. Головина Е.Ю., Васильев И.С. «Программы-вымогатели» как основная угроза информационной безопасности предприятия // В сборнике: Материалы конференций ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ». Август 2018. Сборник избранных статей. 2018. С. 107-109.

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»

УДК 004.422.833

**ПУТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНКУРИРУЮЩИХ МАРШРУТОВ  
ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ В СИСТЕМЕ BUSTRONIC**

**THE WAY OF IDENTIFYING COMPETING ROUTES  
OF CITY BUSES IN THE SYSTEM BUSTRONIC**

Кузнецов А.Д., Гизатуллин А.И., Белозеров А.Е., Шайдуллин А.Т.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

A.D. Kuznetsov, A.I. Gizatullin, A.E. Belozеров, A.T. Shaydullin,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: leks.kzv@gmail.com

**Аннотация.** Bustronic – это интеллектуальная информационно-навигационная транспортная система, решающая задачи мониторинга городского общественного транспорта, информационной поддержки водителя на маршруте и ряд других. Одна из функций системы – мониторинг передвижения конкурентов, под которыми понимаются автобусы других маршрутов, проходящих вместе с рассматриваемым достаточное количество одинаковых участков пути.

Настоящая статья посвящена разработке подсистемы для выявления реальных конкурирующих маршрутов на каждом участке дорожного движения. Описан механизм ручного назначения конкурентов, рассмотрены преимущества и недостатки такого подхода.

Разработан алгоритм автоматического поиска конкурентов, показаны основные принципы его реализации. Проанализированы критерии отнесения различных маршрутов к конкурентам. Рассмотрены особые случаи идентификации конкурирующих маршрутов. Указаны планы по реализации новых возможностей алгоритма, показана актуальность планируемого функционала.

Личный кабинет водителя представляет собой web-сайт, посредством которого участник системы рассчитывает конкурентов, используя автоматический режим работы. Полученные результаты проходят ручную правку и становятся доступными в мобильном приложении Bustronic Driver. Реализованное программное обеспечение позволяет водителям эффективно ориентироваться на маршруте, вырабатывать правильную стратегию движения.

Серверная часть построена на PHP-фреймворке Laravel 5.5 и реализует алгоритмические расчеты системы. Интерфейс системы основан на JavaScript-фреймворке AngularJS.

**Abstract.** Bustronic is an intelligent information and navigation transport system that solves the problems of monitoring urban public transport, information support for the driver on the route and a number of others. One of the functions of the system is to monitor the

movement of competitors, which means buses of other routes passing together with the considered sufficient number of identical sections of the path.

This article is devoted to the development of a subsystem to identify real competing routes on each section of the road. The mechanism of manual assignment of competitors is described, advantages and disadvantages of such approach are considered.

The algorithm of automatic search of competitors is developed, the basic principles of its realization are shown. Criteria of reference of various routes to competitors are analyzed. Special cases of identification of competing routes are considered. The plans for the implementation of new features of the algorithm are shown, the relevance of the planned functionality is shown.

Personal account of the driver is a web-site through which the participant of the system calculates competitors using the automatic mode. The results are manually edited and become available in the mobile application Bustronic Driver. The implemented software allows drivers to effectively navigate the route, to develop the right traffic strategy.

The server part is built on the Laravel 5.5 PHP framework and implements algorithmic calculations of the system. The system interface is based on the JavaScript framework AngularJS.

**Ключевые слова:** конкурент, ручное назначение конкурентов, автоматический поиск, информационная поддержка водителя, алгоритм расчета конкурентов.

**Keywords:** competitor, manual assignment of competitors, auto search, support information for driver, competitors calculation algorithm.

На рынке программных продуктов, ориентированных на оказание информационных услуг водителям и пассажирам, представлен проект Bustronic. Система решает задачи мониторинга городского общественного транспорта, планирования поездок и ряд других. Система позволяет участникам дорожного движения отслеживать свое местоположение в реальном времени [1, С. 243-245] и обладать информацией о текущем состоянии всей транспортной системы.

В системе реализована подсистема информационной поддержки водителя на маршруте [2, С. 265], которая позволяет фиксировать конкурентов, моделировать их движение и показывать необходимую информацию участникам системы. Рассмотрим понятие конкурент. В первом приближении это такой маршрут, который проходит вместе с рассматриваемым водителем подряд определенное количество сегментов – участков дороги между двумя остановками. Однако не все маршруты, проезжающие одинаковые сегменты являются конкурентами [3, С. 257-258]. Некоторые маршруты является конкурентами только в начале пути, но по мере его прохождения они перестают быть таковыми. Таким образом, целью настоящей работы является выявление реальных конкурирующих маршрутов на каждом участке дорожного движения. Задача нахождения конкурентов актуальна, поскольку в ситуации информационной перегруженности водитель с высокой вероятностью не сможет правильно оценить ситуацию на дороге. Для достижения поставленной цели необходимо реализовать механизм, позволяющий назначать конкурентов для каждого маршрута на каждом сегменте.

Можно выделить два подхода реализации указанного механизма – обеспечение возможности ручного назначения конкурентов и алгоритм автоматического поиска конкурентов. Автоматический поиск позволит существенно упростить процесс выявления конкурентов за счет снятия с человека большого числа легко алгоритмизируемых действий, однако, в случаях сложных логических закономерностей

необходимо участие человека. В общем случае, предполагается следующая схема выявления конкурентов – автоматический поиск с последующей ручной коррекцией результатов.

Для достижения цели мы поставили и решили две задачи:

1. Разработка механизма ручного назначения конкурентов.
2. Разработка алгоритма автоматического поиска конкурентов.

### Ручное назначение конкурентов

Изучим детальной процесс ручного ввода конкурентов. После авторизации в системе водитель может отобразить перечень маршрутов. Для каждого выбранного маршрута показывается список его сегментов с указанием начальной и конечной остановки (рисунок 1).

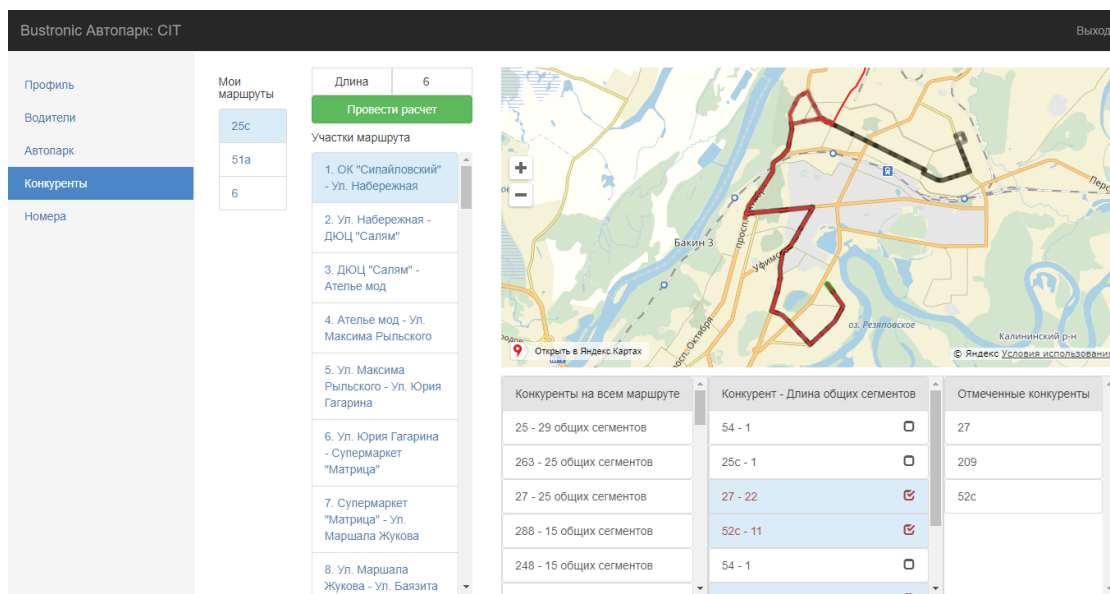


Рисунок 1. Основное окно системы поиска конкурентов.

Участник системы имеет возможность вручную отмечать конкурентов, основываясь на данных о количестве общих сегментов для каждого сегмента маршрута и собственном опыте.

Система предоставляет защиту от случайных нажатий пользователя (рисунок 2). В случае ввода некорректных значений выводится соответствующее окно об ошибке.

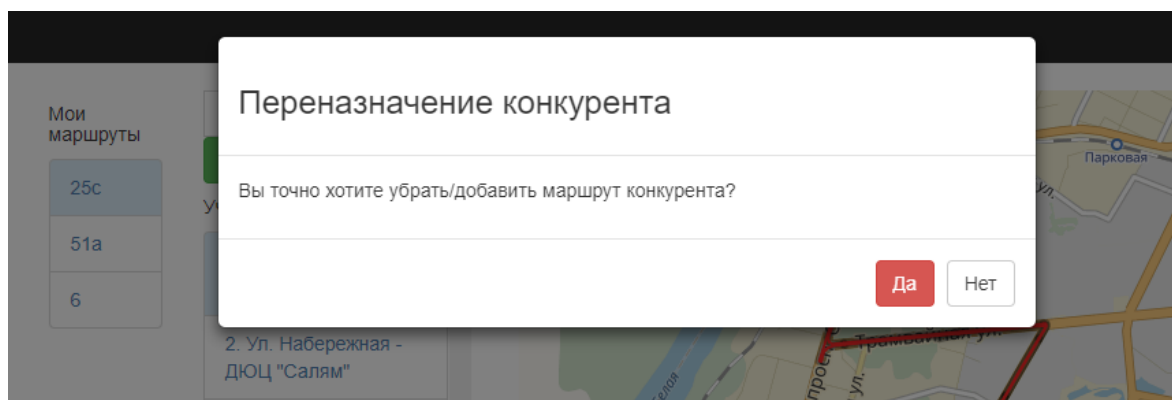


Рисунок 2. Запрос на подтверждение действия.

### Автоматический поиск конкурентов

Рассмотрим механизм автоматического поиска конкурентов. Алгоритм предназначен для быстрого включения водителя в рабочий процесс без необходимости применения ручной настройки. Система вычисляет параметры маршрутов с целью идентификации конкурентов. В случае несогласия с предложенными расчетами сохраняется возможность ручной корректировки.

Для определения конкурентов водитель задает минимальное число  $N$  подряд идущих сегментов, общих для конкурента и выбранного маршрута. Во время ожидания завершения расчета пользователю показывается динамический индикатор выполнения в процентах (рисунок 3). Параметр  $N$  и другие числовые параметры задаются в настройках.

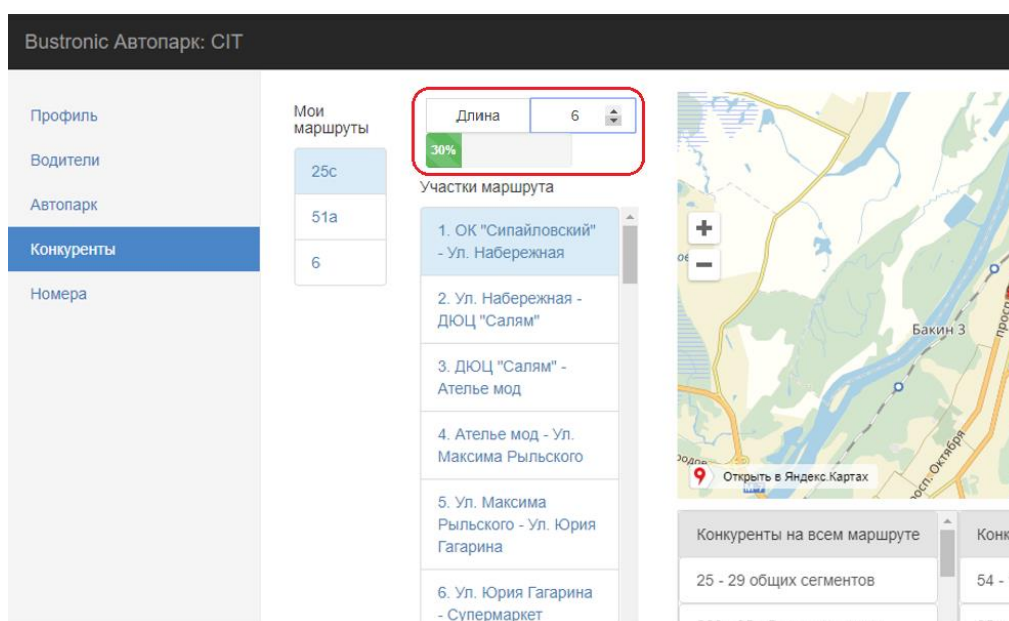


Рисунок 3. Отслеживание текущего состояния операции.

Маршрут представляет собой перечень сегментов, упорядоченных в порядке расположения этих сегментов по пути его следования. Основываясь на числе общих сегментов, алгоритм производит выборку маршрутов, удовлетворяющих данному входному условию.

Во время тестирования разработанного алгоритма автоматического поиска конкурентов было выявлено три особых случая, требующих дополнительной проработки.

#### 1. Конец маршрута.

В этой ситуации число конкурентов становится меньше  $N$ , следовательно, на таких участках алгоритм не найдет конкурентов. Чтобы учесть их, введено дополнительное условие, означающее, что на концах маршрута учитывается столько сегментов, сколько осталось проехать совместно маршруту и его конкуренту.

#### 2. Протяженные прямолинейные участки.

На таких участках возможна ситуация, когда одному и тому же маршруту достаточно продолжительное расстояние следует большое количество других маршрутов. Примером является Проспект Октября в Уфе. Алгоритм найдет большое количество конкурентов, которые де-факто таковыми не являются. Чтобы увеличить достоверность результатов, можно определить, какой маршрут является конкурентом в



большей степени, а именно, такой, который идет большее количество остановок рядом с выбранным маршрутом.

### 3. Мнимые конкуренты.

Возможен случай, когда маршрут будет являться конкурентом достаточно непродолжительное расстояние – 1-2 остановки. Поскольку ставится задача поиска реальных конкурирующих маршрутов, для удаления мнимых конкурентов вводится дополнительное ограничение – маршрут будет являться конкурентом только в том случае, если он является конкурентом как минимум на трех сегментах подряд.

### Реализация

Реализуемая подсистема состоит из двух основных частей: клиентская часть (frontend) и серверная часть (backend). Для тестирования системы и проверки правильности расчетов ведется разработка отдельной подсистемы для запуска фантомов (виртуальных маршрутов), с помощью которой водители могут в реальном времени отслеживать местоположение конкурентов.

Клиентская часть системы написана на JavaScript-фреймворке AngularJS. При проектировании пользовательского интерфейса системы обеспечена наглядность и интуитивная понятность для неподготовленных пользователей [4, С. 490].

Серверная часть, отвечающая за функциональность системы Bustronic, построена на PHP-Фреймворке Laravel. Хранение данных ведется в системе управления базами данных PostgreSQL [5, С. 90-92].

### Выводы

Реализованная подсистема предоставляет водителям возможность автоматического поиска конкурирующих маршрутов, результаты которого могут быть откорректированы ручным методом. Информирование водителей о конкурентах способствует принятию правильного решения в сложившейся дорожной ситуации.

### Литература

1. Белозеров А.Е., Шепелев С.А., Юлаев И.Р., Праслов И.О., Антонова А.А. Bustronic – планирование проезда на городском общественном транспорте. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 240-245.
2. Праслов И.О., Белозеров А.Е., Антонова А.А., Юлаев И.Р., Бисембаев А.С. Bustronic – построение маршрутов следования между начальной и конечной остановками. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 264-267.
3. Белозеров А.Е., Шепелев С.А., Юлаев И.Р., Бисембаев А.С., Антонова А.А. Информационно-навигационная подсистема поддержки водителей на маршруте. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 256-260.
4. Филиппова А.Г., Белозёров Е.С., Филиппов В.Н., Белозёров А.Е., Султанова Е.А. Разработка типизированной методики проектирования унифицированных пользовательских интерфейсов. – Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2013. №4. С. 488-509.
5. Кабальнов Ю.С., Минасов Ш.М., Тархов С.В. Модели представления и организация хранения информации в сетевой информационно-обучающей системе. – Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2004. № 2. С. 183.

УДК 004:621.983; 539.374

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ФОРМОВКИ ПОЛУСФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ  
ИЗ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ**

**COMPUTER SIMULATION OF SUPERPLASTIC FORMING  
OF HEMISPHERICAL SHELL FROM PROFILED SHEET**

<sup>1</sup>Круглов А.А., <sup>1</sup>Лутфуллин Р.Я., <sup>2</sup>Еникеев Ф.У.,

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт проблем сверхпластичности металлов» РАН,  
г. Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

A.A. Kruglov<sup>1</sup>, R.Ya. Lutfulin<sup>1</sup>, F.U. Enikeev<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>FSBIS “Institute for Metals Superplasticity Problems” RAS, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: alexform1960@mail.ru

**Аннотация.** Изделия типа «шаробаллон» широко применяются в ракетно-космической технике в качестве топливных баков, сосудов давления. Шаробаллоны изготавливают сваркой двух полусферических оболочек из титановых сплавов. Сверхпластическая формовка листовой заготовки в формообразующую матрицу позволяет изготавливать полусферические оболочки из труднодеформируемых сплавов, таких как титановые, за одну технологическую операцию. Однако процесс формообразования оболочки характеризуется значительной неравномерностью распределения деформации, что приводит к большой разнотолщинности стенки изделия. Существующие способы изготовления полусфер из плоских заготовок сверхпластической формовкой позволяют снизить разнотолщинность только до определенных пределов. Например, реверсивная формовка обеспечивает снижение разнотолщинности до 14%. Кардинальное решение указанной проблемы возможно за счет использования профилированной заготовки. Ввиду сложности рассматриваемой задачи успешный поиск исходного профиля заготовки требует применения расчетного моделирования. Современные программные средства в подавляющем большинстве случаев позволяют полностью или частично отказаться от натурального эксперимента, переведя все в область компьютерного моделирования с привлечением САЕ-систем. В работе с помощью компьютерного моделирования исследован процесс сверхпластической формовки полусферы из профилированных листовых заготовок в цилиндрическую матрицу диаметром 160 мм. Глубина матрицы равна половине ее диаметра. Материал заготовок – титановый сплав ВТ6 (аналог Ti-6Al-4V). Анализ особенностей деформирования проведен на основе конечноэлементного моделирования. Моделирование выполняли, используя САЕ-пакет DEFORM. Основное внимание уделено поиску такого исходного профиля заготовки, который обеспечивает в полусфере минимальную разнотолщинность. Исходные заготовки имели коническо-цилиндрическую форму и отличались по максимальной и минимальной толщине. Показана возможность получения оболочки с разнотолщинностью менее 2%.

**Abstract.** Spherical vessels named usually as "sharoballon" are widely using in airspace industry as fuel tanks, pressure vessels. Spharoballons are manufacturing by welding two hemispherical shells made of titanium alloys. Superplastic forming of a sheet into a cylindrical die set allows one to produce hemispherical shells from hard-to-deformed alloys, such as titanium, in one technological operation. However, the superplastic deformation of a flat sheet into hemispherical shell is accompanied by considerable non-uniformity of the thickness distribution of the vessel to be produced. The existing methods of manufacturing hemispheres from flat blanks by means of superplastic forming allow to reduce the thickness non-uniformity only to certain extend. For example, reversible forming reduces the thickness non-uniformity up to 14%. The use of profiled blanks may provide the radical solution of this problem. However, the initial profile of the blank to be deformed is to be known in advance which requires the use of computational modeling. In the overwhelming majority of cases, modern software tools allow one to completely or partially abandon the full-scale experiment, transferring everything to the field of computer modeling with the involvement of CAE systems. The process of superplastic forming of profiled sheet blanks into a cylindrical matrix with a diameter of 160 mm is investigated in the present study by means of finite element modeling. The depth of the die is equal to half its diameter. The material of the blanks is titanium alloy VT6 (similar to Ti-6Al-4V). Finite element modeling is carrying out by using DEFORM software. The main attention is paid to the search for such an initial profile of the blank, which provides the minimum thickness variation in the hemisphere. The original blanks had a conic-cylindrical shape and differed in maximum and minimum thickness. The possibility of obtaining a hemispherical shell with a thickness of less than 2% is shown.

**Ключевые слова:** сверхпластическая формовка, полусферическая оболочка, профилированная заготовка, моделирование.

**Keywords:** superplastic forming, hemispherical shell, profiled sheet, modeling.

Технологические процессы производства деталей и узлов авиакосмических летательных аппаратов имеют основную задачу – обеспечение проектных тактико-технических характеристик изделий при оптимальных сроках освоения серийного производства. В этой связи для создания новых летательных аппаратов необходимы и новые конструкторско-технологические решения [1].

Это утверждение в полной мере можно отнести к деталям типа «Полусфера», которые являются составной частью сферических сосудов давления, баков и баллонов, нашедших широкое применение в космической технике.

Не только исследования, но и практика доказали эффективность изготовления полусферических оболочек методом сверхпластической формовки (СПФ) [1-3]. СПФ – это совокупность способов изготовления деталей из тонкостенных плоских или полых заготовок под небольшим давлением формообразующего газа (аргона) в оптимальных температурно-скоростных условиях сверхпластичности.

Наряду с преимуществами процесса СПФ, существуют и проблемы, такие как относительно низкая производительность и значительная разнотолщинность, т.е. толщина стенки готового изделия в местах наименьшей и наибольшей деформации разная.

Низкая производительность не является критичной для авиакосмической промышленности, так как объемы производства относительно малы, а наибольший интерес представляет снижение веса производимых деталей за счет оптимизации их толщины.

Появление разнотолщинности в полусферических оболочках связано с тем, что при СПФ деформация происходит исключительно за счёт утонения свободной части заготовки (без перемещения фланца, как это имеет место при вытяжке), а степень деформации достигает больших значений.

В ряде случаев это является ограничивающим фактором для внедрения СПФ в производство.

Следовательно, успешное освоение процесса формовки требует разработки эффективных способов управления распределением толщины по сечению детали.

Указанная проблема не является непреодолимой. Существует ряд методов, позволяющих не только уменьшить разнотолщинность, но и изготавливать детали с заданным распределением толщины. Эти методы можно разделить на следующие группы:

- формовка с использованием сил трения [3];
- формовка в неравномерном температурном поле [4];
- реверсивная формовка [5, 6];
- формовка с мягким прижимом;
- формовка профилированной заготовки [7, 8].

Первые четыре метода регулирования толщины обеспечивают разнотолщинность до уровня 14% [8]. При их реализации используется исходная заготовка равномерной толщины. В последнем используется исходная заготовки переменной толщины, что дает возможность кардинально уменьшить разнотолщинность оболочки.

Простейший вариант реализации данного метода состоит в следующем. Перед СПФ на листовую заготовку с равномерной толщиной наносят координатную сетку. После формовки оболочки устанавливают участки, подвергшиеся наибольшему утонению. С помощью замеров толщины стенок и вычисления площади ячеек координатной сетки определяют объем металла, которого не хватает для получения равнотолщинной детали. Далее используют заготовку такой формы, чтобы в местах, подвергающихся наибольшей деформации, был обеспечен набор недостающего объема металла за счет увеличения толщины заготовки в этих местах.

Цель представленной работы – с помощью компьютерного моделирования определить исходный профиль заготовки, который обеспечивает в полусферической оболочке минимальную разнотолщинность.

Моделирование процесса СПФ проводили с помощью программного комплекса DEFORM. Постановку и решение краевой задачи механики деформируемого твердого тела выполняли, используя определяющие соотношения вязкопластичности:

$$\sigma = C\xi^m + y, \tag{1}$$

принимая  $C = K$ ,  $y = 0$ ,

где  $\sigma$  – напряжение пластического течения материала;

$\xi$  – скорость деформации;

$K$ ,  $m$ , – материальные постоянные. Постоянные материала  $K$  и  $m$  принимали, как в работе [9], где  $K = 411,22$  МПа·с <sup>$m$</sup>  и  $m = 0,43$ .

Рассматривали задачу СПФ заготовки из титанового сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V) в цилиндрическую матрицу диаметром 160 мм, глубиной 80 мм. Температура процесса 900°С. Для уточнения влияния величины входного радиуса матрицы ( $r$ ) на распределение толщины в оболочке провели моделирование процесса СПФ полусфер радиусом 80 мм из плоских листовых заготовок толщиной ( $s_0$ ), равной 1, 2 и 3 мм. Результаты счета представлены на рисунке 1.

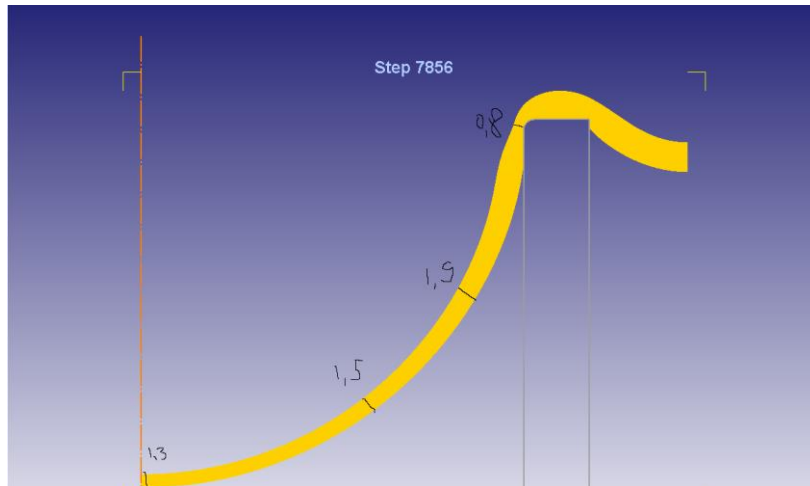


Рисунок 1. Модель полусферической оболочки радиусом 80 мм при  $s_0 = 3$  мм и  $r = 1$  мм (цифры показывают толщину по профилю оболочки, мм).

Как видно из рисунка 1, величина входного радиуса матрицы оказывает существенное влияние на распределение толщины, вызывая локальное утонение заготовки в месте ее контакта с входной кромкой матрицы. Причем локализация усиливается при СПФ заготовки переменной толщины, как показано в работе [10], и может привести к разрыву формуемой оболочки.

Для того, чтобы не допустить указанного дефекта, при СПФ оболочки из плоской заготовки ( $s_0 - const$ ) входной радиус матрицы следует выполнять, исходя из условия:  $r > 2s_0$ , а в случае профилированной заготовки из условия  $r > 2,5s_{min0}$ , где  $s_{min0}$  минимальная толщина профилированной заготовки.

Учитывая полученные результаты и рекомендации работы [10] профиль исходной заготовки задавали коническо-цилиндрическим: в центре заготовки толщина составляла 5,6 мм, на периферии 3,5 мм. Величина  $r = 10$  мм.

На рисунке 2 показана модель полусферической оболочки радиусом 80 мм, полученная из профилированной заготовки. Разнотолщинность составила 1,8%.

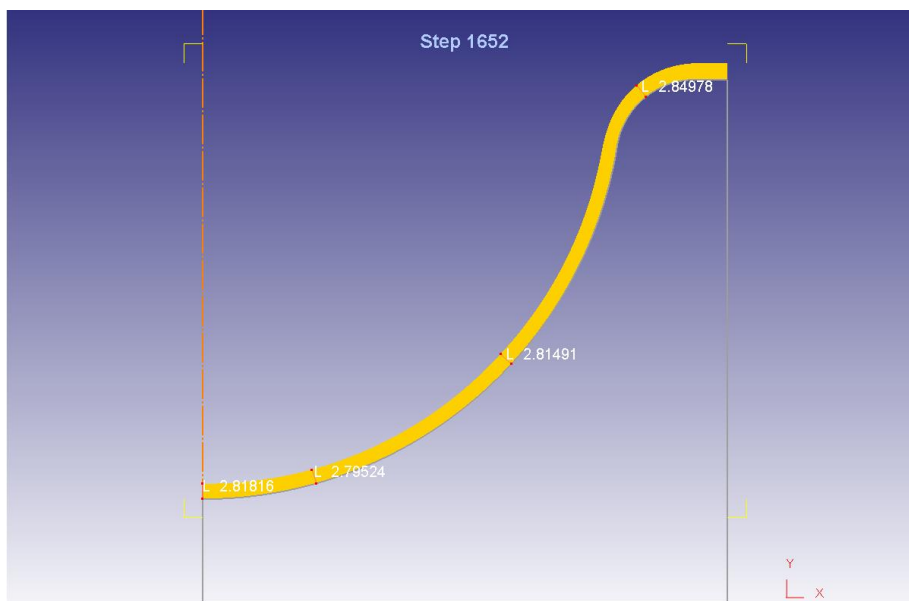


Рисунок 2. Модель полусферической оболочки радиусом 80 мм, полученная из профилированной заготовки (цифры показывают толщину по профилю оболочки, мм).

## Выводы

1. Компьютерное моделирование показало возможность получения по технологии СПФ полусферической оболочки с разнотолщиной менее 2% за счет использования профилированной заготовки коническо-цилиндрической формы.
2. Величину входного радиуса матрицы при СПФ оболочки из профилированной заготовки следует корректировать в сторону увеличения, не менее в 2,5 раза от минимальной толщины исходного профиля.
3. Необходимо разработать формализованную (не интуитивную) методику расчета профиля исходной заготовки для получения СПФ полусферической оболочки с минимальной разнотолщиной.

## Литература

1. Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением / Голенков В.А., Дмитриев А.М. и др. М.: Машиностроение, 2004. 464 с.
2. Superplastic Forming of Structural Alloys. Ed. by N.E. Paton, C.H. Hamilton. TMS-AIME, Warrendale, PA (1982) 312 p.
3. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности. М.: Машиностроение, 1979. 184 с.
4. Пашкевич А.Г., Орехов А.В., Тюпич Ю.П. Пневмотермическая формовка в условиях неравномерного поля температур // Кузнечно-штамповочное производство. 1977. №3. С. 33-34.
5. Расчет процесса реверсивной газовой формовки полых оболочек из листа / Е.М. Селедкин, В.Д. Кухарь, М.А. Цепин, К.Ю. Апатов // Изв. вузов. Цвет. металлургия. 2010. №4. С. 52-56.
6. Кирьянова М.Н., Панченко Е.В. Уменьшение разнотолщинности стенки при сверхпластической формовке крупногабаритных полусферических оболочек // КШП. ОМД. 2016. №1. С. 13-15.
7. Huang A., Lowe A., Cardew-Hall M.J. Experimental validation of sheet thickness optimization for superplastic forming of engineering structures // Journal of materials processing technology. 2001. Vol. 112. P. 136-143.
8. Prediction of blow forming profile of spherical titanium tank / J.H. Yoon, H.S. Lee, Y.M. Yi, Y.S. Jang // Journal of Materials Processing Technology. 2007. Vols. 187-188. P. 463-466.
9. A.A. Kruglov, V.R. Ganieva, F.U. Enikeev. Determination of superplastic properties from the results of technological experiments // Advances in Engineering Software. 2017. 112. P. 54-65.
10. Мурзина Г.Р., Еникеев Ф.У. Моделирование процесса получения полусферы из листовой заготовки переменной толщины // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2018. №1. С. 361-364.

УДК 004.422.833

## ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОБУСОВ В СИСТЕМЕ BUSTRONIC

### OPTIMIZATION OF MODELING OF MOVEMENT OF BUSES IN THE SYSTEM BUSTRONIC

Гизатуллин А.И., Кузнецов А.Д., Белозеров А.Е., Шайдуллин А.Т.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

A.I. Gizatullin, A.D. Kuznetsov, A.E. Belozеров, A.T. Shaydullin,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: leks.kzv@gmail.com

**Аннотация.** В информационно-навигационной системе Bustronic реализована подсистема, решающая задачи информационной поддержки водителя на маршруте. Основная ее функция – мониторинг передвижения конкурирующих автобусов. Для упрощения восприятия движущегося автобуса введено понятие «бот» и показан алгоритм пересчета его координат в зависимости от скорости и прочих параметров.

В настоящей статье проиллюстрированы недостатки первоначальной модели, рассмотрены пути оптимизации обработки большого числа конкурентов для поддержания приемлемой производительности всей системы. Показаны преимущества использования баз данных в оперативной памяти для решения высоконагруженных задач. Рассмотрены преимущества и недостатки существующих библиотек, обоснована необходимость написания собственной реализации. Показан прирост скорости работы алгоритма при переходе на многопоточный вариант его реализации.

С помощью приложения Bustronic Driver водители обмениваются сведениями о местоположении друг друга на транспортной сети. Для обеспечения возможности обработки информации при поступлении данных от множества пользователей применена технология вебсокетов. Данные о расположении конкурентов, поступающие от мобильных устройств, отображаются в личном кабинете администратора города, обеспечивая возможность централизованного мониторинга загруженности транспортной сети.

Серверная часть построена на PHP-фреймворке Laravel 5.5. Подсчет параметров движения маршрутов ведется на платформе NodeJS 11. Интерфейс системы разработан на JavaScript-фреймворке AngularJS.

**Abstract.** The information and navigation system Bustronic implemented subsystem that solves the problem of information support of the driver on the route. Its main function is to monitor the movement of competing buses. To simplify the perception of a moving bus introduced the concept of “bot” and shows the algorithm of recalculation of its coordinates depending on the speed and other parameters.

This article illustrates the shortcomings of the original model, discusses ways to optimize the processing of a large number of competitors to maintain acceptable performance of the entire system. The advantages of using in-memory databases for solving high-load tasks are shown. The advantages and disadvantages of existing libraries are considered, the

necessity of writing its own implementation is justified. The increase in the speed of the algorithm in the transition to a multithreaded version of its implementation is shown.

With the Bustronic Driver application, drivers exchange information about each other's location on the transport network. To ensure the possibility of information processing when data is received from a variety of users, the technology of websockets is used. Data on the location of competitors coming from mobile devices are displayed in the personal account of the city administrator, providing the possibility of centralized monitoring of traffic congestion.

The server part is built on the Laravel 5.5 PHP framework. Calculation of the parameters of the routes is carried out on the platform NodeJS 11. The system interface is developed on the JavaScript framework AngularJS.

**Ключевые слова:** скорость бота, профиль движения, производительность алгоритма, многопоточность, вебсокеты.

**Keywords:** the speed of the bot, the profile of the movement, the performance of the algorithm, multithreading, websocket.

Информационно-навигационная система Bustronic предоставляет возможность водителям планировать скоростной режим прохождения маршрута. Для решения этой задачи реализован механизм, позволяющий моделировать передвижения конкурентов на виртуальной транспортной сети [1, С. 257]. В общем случае, под конкурентами понимаются автобусы других маршрутов, проходящих вместе с рассматриваемым достаточное количество одинаковых участков пути [2, С. 77-78].

В системе разработан механизм, проецирующий реальную дорожно-транспортную ситуацию на упрощенную модель движения автобусов. К примеру, движущемуся маршрутному транспортному средству (ТС) соответствует понятие «бот», или виртуальный автобус, обладающий такими же характеристиками, что и реальный автобус: скорость, пространственное положение и т.д.

Моделирование движение автобусов города производится с целью повышения точности прогнозирования их положения.

Автобусы, подключенные к системе, с заданной периодичностью отправляют свои координаты на сервер, таким образом, положение каждого автобуса становится доступно для каждого участника системы Bustronic [3, С. 251].

После получения координат автобуса система начинает моделировать его движение на виртуальной транспортной сети, тем самым мы ввели сущность «бот» – движущейся автобус определенного маршрута.

Реализованный алгоритм рассчитывал положение бота в зависимости от скорости и промежутка времени, затрачиваемого на перемещении между двумя координатами.

На начальном этапе для уменьшения сложности алгоритма, скорость ТС принималась равной постоянному числу, то есть не зависело от изменения характеристик транспортной сети (остановок, пробок и т.д.) [4, С. 264-265]. При таком подходе, спустя непродолжительное время (несколько минут), существенно уменьшалась достоверность расчетов, полученных с помощью модели.

Для обеспечения возможности оценки достоверности получаемых результатов введен коэффициент актуальности, показывающий убывание точности прогноза местоположения бота, измеряемый в процентах от 100 до 0. При достижении нулевой актуальности бот автоматически удаляется из системы.



В процессе доработок существующего механизма обнаружено, что при линейном увеличении числа запущенных в системе ботов происходит существенное падение производительности системы (рисунок 1). В связи с возросшей нагрузкой на сервер остальные компоненты системы работали некорректно.



Рисунок 1. Показания загруженности сервера системы.

Для решения указанной проблемы был проведен аудит всех компонентов системы, выявлены три пути повышения производительности.

1. Основной причиной падения производительности оказались накладные расходы на связь с СУБД, так как при осуществлении расчетов выполнялось множество обращений к базе данных (БД). Сохранение, обновление и удаление данных занимало достаточно продолжительное время.

2. Выявлена потенциальная возможность повышения производительности за счет оптимизации математического аппарата пересчета геокоординат.

3. Применялась однопоточная реализация математического аппарата, без возможности использования преимуществ многоядерного сервера системы.

Решение вышеописанных проблем было начато с переработки текущей программной реализацией алгоритма. Доработка математического аппарата позволила незначительно увеличить общую производительность, что оказалось недостаточно для обеспечения должного функционирования системы.

Пакетная запись в БД позволила на несколько десятков процентов увеличить производительность расчетов, однако при текущих объемах поступающих данных на сервер такого результата оказалось недостаточно.

Стало очевидно, что для дальнейшего ускорения работы алгоритма необходимо произвести существенное сокращение количества обращений к БД.

Серверная реализация системы выполнена на основе фреймворка Laravel. С целью сокращения нагрузки, моделирование движение ботов было переписано на платформу NodeJS, отличающейся более высокой производительностью.

Одним из способов сокращения количества запросов к БД является размещение ее объектов в оперативной памяти (ОП). Данное решение обусловлено высокой скоростью обращения к ячейкам оперативной памяти по сравнению со считыванием данных с твердотельных накопителей.

Исполняемый скрипт NodeJS при инициализации загружает необходимые объекты из БД в переменные в памяти. Впоследствии обращение идет к этим переменным, а не к БД. Таким образом, достигнуто более чем десятикратное ускорение расчетов.

В случае ошибки сервера скрипт расчета автоматически перезапускается, актуализирует данные и продолжает расчеты. В рамках решаемой задачи необходимость постоянного хранения пересчитываемых координат ботов отсутствует.

Существует несколько реализаций СУБД в оперативной памяти. Redis – резидентная система управления базами данных класса NoSQL с открытым исходным кодом, работающая со структурами данных типа «ключ-значение». Memcached – программное обеспечение, реализующее сервис кэширования данных в оперативной памяти на основе хеш-таблицы. Преимущества использования заключаются в гибкости их применения в любой предметной области. Недостатки – относительно высокие риски, связанные с не всегда отлаженными драйверами, недостающими инструментами разработки и пр. Было принято создать собственную реализацию механизма пересчета в оперативной памяти с учетом реальных потребностей системы.

В результате перехода на СУБД в ОП удалось сократить время расчета координат 1000 ботов с 1300 мс до 56 мс по сравнению с работой алгоритма с сохранением данных в традиционных СУБД.

Аппаратные серверные решения базируются на многопроцессорности. Распараллеливая программу на множество потоков, можно добиться существенного повышения производительности системы. Рассмотрим подходы разложения выполнения алгоритма на потоки. Различают два основных вида потоков. Тяжелые потоки управляются операционной системой. К недостаткам относится: число потоков не может на несколько порядков превышать количество ядер, временные затраты на переключение контекста потоков достаточно велики. Легковесные потоки контролируются непосредственно языком программирования. Эти потоки управляются виртуальной машиной (например, Java Virtual Machine), поэтому число потоков может быть достаточно большим, соответственно, отслеживание состояния потоков возлагается на машину.

Принято решение использовать легковесные потоки, иногда называемые сопрограммами. Одним из популярным языком, поддерживающих сопрограммы, является Kotlin, предоставляющий удобные библиотеки для разработки асинхронных приложений. Алгоритм был переписан так, что каждая виртуальная сущность обрабатывается в отдельном потоке. В силу низкой доли последовательной части программы, на четырехъядерном процессоре достигается прирост производительности в 2,5 раза по сравнению с однопоточной реализацией.

В ходе тестирования подсистемы моделирования движения ботов, обнаружилась ситуация существенного увеличения времени доступа к серверу при кратном увеличении числа пользователей. Текущая архитектура системы построена на основе HTTP протокола. Между сервером и клиентом устанавливается однонаправленная связь – при каждом обращении клиента, сервер отдает пакет с данными, после чего соединение между ними закрывается. Причина снижения производительности заключалась в том, что система вынуждена обрабатывать одновременно большое количество запросов. Встала задача сокращения количества запросов к серверу.

Один из способов решения задачи – применение веб-сокетов. WebSocket – протокол связи поверх HTTP-соединения, предназначенный для обмена сообщениями между клиентом и веб-сервером в режиме реального времени. Рассматриваемый протокол позволяет установить связь между сервером и множеством клиентов. Клиент подписывается на так называемое событие сервера, при возникновении которого происходит уведомление клиентов о появлении или изменении данных. Кроме того, клиенты имеют возможность обмениваться информацией друг с другом.

## Выводы

Существует множество реализаций вебсокетов на платформе NodeJS. Одним из надежных решений является библиотека SocketIO, предоставляющая, помимо базового функционала, такие методы, как аутентификация пользователей, шифрование соединения, компрессия данных, декодирование информации и др. Реализация на основе SocketIO позволяет клиенту, единожды установив соединение с сервером, получать необходимые данные в реальном времени. В случае непредвиденного разрыва соединения клиент автоматически переподключается к серверу после восстановления его работоспособности.

В ходе внедрения вебсокетов в систему удалось снизить пинг клиента при обращении к серверу со 200 до 54 мс при наличии 100 активных соединений.

В ходе исследования подсистемы моделирования движения ботов, выявлены основные пути повышения производительности. Реализация рассмотренных изменений позволила добиться приемлемой нагрузки на серверное оборудование при заданном количестве моделируемых объектов.

## Литература

1. Белозеров А.Е., Шепелев С.А., Юлаев И.Р., Бисембаев А.С., Антонова А.А. Информационно-навигационная подсистема поддержки водителей на маршруте. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 256-260.
2. Кузнецов, А.Д. К проблеме упрощения регистрации конкурентов в системе Bustronic / А.Д. Кузнецов, А.Е. Белозеров, А.И. Гизатуллин, А.Р. Урманова // Вестник молодого ученого УГНТУ.– 2017.– №4.– С. 76–79.
3. Антонова А.А., Белозеров А.Е., Бисембаев А.С., Праслов И.О., Шепелев С.А. Коррекция навигационных данных маршрутных транспортных средств в системе Bustronic – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 250-253.
4. Праслов И.О., Белозеров А.Е., Антонова А.А., Юлаев И.Р., Бисембаев А.С. Bustronic – построение маршрутов следования между начальной и конечной остановками. – Информационные технологии. Проблемы и решения. 2016. №1(3). С. 264-267.

УДК 004.94

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТАОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**THE USING OF DATA-ORIENTED APPROACH  
TO DESIGN PRODUCTION OBJECTS**

Барбальс К.С., Христовуло А.Н., Калимуллин И.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

K.S. Barbals, A.N. Khristodulo, I.A. Kalimullin,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: kse165@gmail.com

**Аннотация.** В статье раскрыты понятия датаориентированного и документоориентированного подхода в проектировании. Рассмотрены их различия, особенности, а также подробно проанализированы преимущества и недостатки. Изучена возможность применения датаориентированного подхода в сфере проектирования, выявлена и обоснована необходимость внедрения данного подхода в условиях работы проектной организации. Особое внимание уделено проблеме повышения эффективности проектной деятельности. Обосновывается мысль о применении трехмерного моделирования наряду с разработкой двухмерных схем и документации. В данной статье предпринята попытка раскрыть основные причины необходимости использования датаориентированного подхода, кроме того, значительное внимание уделяется возможности оптимизации работы специалиста-проектировщика. Приведены примеры внедрения и использования датаориентированного подхода в различных проектных организациях в настоящее время, обобщается их практический опыт. На основе изучения опыта применения подхода в некоторых из проектных институтов установлено, что эффективность проектной работы в результате возрастает благодаря сокращению времени по выполнению документации, уменьшению числа ошибок, а также совместной работе специалистов различных отделов.

**Abstract.** The article reveals the concept of data-oriented and document-based approach to design. There are considered their differences and peculiarities. The advantages and disadvantages are analyzed in detail. The possibility of applying the data-oriented approach in the field of design has been studied, the need to implement this approach in the working conditions of the design organization has been identified and justified. Particular attention is paid to the problem of improving the efficiency of project activities. The idea of applying three-dimensional modeling along with the development of two-dimensional schemes and documentation is substantiated. This article attempts to uncover the main reasons for the need to use a data-oriented approach, and considerable attention is paid to the possibility of optimizing work for a specialist designer. Examples of the use of the data-oriented approach in various design organizations are given at present, their practical experience is summarized. On the basis of studying the experience of applying the approach in some of the design institutes, it has been established that the effectiveness of project work

increases as a result of reducing the time required to carry out documentation, reducing the number of errors, and also the joint work of specialists from various departments.

**Ключевые слова:** проектирование, информационная модель, база данных, датаориентированный подход, документоориентированный подход.

**Keywords:** design, information model, database, data-oriented approach, document-oriented approach.

В последние десятилетия компьютеризация активно проникает в разные сферы жизнедеятельности человека. Исключением не являются и компании, выполняющие проектные работы. Информатизация поднимает проектную работу на совершенно новый уровень, резко повышаются ее темпы и качество за счет использованием систем автоматизированного проектирования (САПР), более обоснованно решаются многие сложные инженерные задачи, которые раньше рассматривались лишь упрощенно.

При этом основными факторами, определяющими экономическую эффективность внедрения САПР, являются время и материальные затраты на разработку проектов, а также на внесение изменений в выпускаемую документацию [1].

В сложившейся действительности организации, занимающиеся проектированием, используют в своей работе, как правило, документоориентированный (ДКО) подход, при котором основной массив данных хранится в виде разного рода документов. Любой этап выполнения проектных работ завершается выпуском комплекта документации для дальнейшей передачи заказчику, контрагенту или надзорной организации на согласование, экспертизу, в строительство и эксплуатацию. Таким образом, документы являются единицами передачи информации между участниками бизнес-процессов.

С учетом развития науки и техники такой подход ранее был единственно возможным. В сегодняшней же действительности во многих сферах жизнедеятельности мы наблюдаем трансформацию и переход от ДКО парадигмы к датаориентированной (ДО) парадигме (от слова *data* (англ.) – данные). И это одно из основных направлений в программе «цифровая экономика», реализация которой определяет будущее нашего государства. В частности, ДО подход лежит в основе всех современных технологий, определяющих так называемую четвертую промышленную революцию [2].

Суть перехода к датаориентированной парадигме заключается в переносе данных из тела документа в базу данных. Сами по себе данные, представляя собой набор различных символов, не несут никакого смысла, приобретая значение только в контексте решаемой задачи. В этот момент данные превращаются в информацию. Документ же является всего лишь формой хранения и передачи информации.

Таким образом, при переходе на датаориентированное проектирование, происходит смена источника данных. Вместо непосредственно самих документов источником становятся базы данных входящие в состав современных САПР.

Другими словами, датаориентированный подход позволяет работать с использованием единой информационной модели объекта, в которой хранятся все данные о проекте.

Информация о каждом элементе объекта строительства в ходе процесса проектирования накапливается, дополняется, расширяется и всегда остается в актуальном состоянии. При этом дополнительных действий передачи и обмена информацией не требуется. Все участники рабочего процесса имеют полноценный доступ к базе данных и могут параллельно работать над проектом.

Наибольший эффект от применения датаориентированного подхода при проектировании крупных производственных объектов, например нефтегазопереработки, можно получить, используя его совместно с трехмерным моделированием, которое по сути тоже является средством ДО проектирования. Так, например, учитывая специфику проектной работы, следует вспомнить о том, как часто проектировщику приходится вносить различного рода изменения.

При использовании документоориентированного подхода внесение изменений в документы и чертежи представляет собой трудоемкий процесс.

Однако, при датаориентированной парадигме, сопряженной с использованием трехмерных моделей, достаточно изменить только 3D-модель, остальные чертежи будут обновлены автоматически.

Подводя итог всему вышесказанному, можно отметить следующие преимущества датаориентированного подхода перед документоориентированным:

- сокращение числа ошибок проектирования, как следствие повышение качества проектов;
- снижение временных и материальных издержек проектной организации;
- возможность совместной (одновременной) работы над проектом специалистов разных направлений;
- возможность использования и модернизации базы проектных данных в ходе строительства и эксплуатации.

Оценка полного жизненного цикла технологического объекта дает понять, что на проектирование приходится самая незначительная доля вложений – всего около 5%.

Однако ошибки, допущенные при проектировании в результате, могут привести к огромным незапланированным затратам на более поздних этапах работы, а именно в ходе строительства и дальнейшей эксплуатации. Поэтому применение информационных моделей при проектировании становится всё более актуальным и переход проектных организаций на датаориентированный подход можно считать одной из актуальных задач ближайшего времени.

Некоторые проектные организации уже двигаются в этом направлении и переходят на работу с базами данных вместо привычной и постепенно остающейся в прошлом работы с документацией.

Так, ОАО «ВНИПИнефть», старейший в отрасли и один из крупнейших научно-исследовательских и проектных институтов с 2002 года использует технологию трехмерного моделирования PDMS, а не так давно стал применять в своей работе и другие программы компании Aveva на базе СУБД Dabason, в частности, Diagrams, Instrumentation и Engineering [3]. В сумме комплекс этих программных решений можно отнести к технологии BIM<sup>1</sup>.

Аналогичные работы по созданию информационных моделей на базе продуктов Aveva ведутся в ГУП Институт нефтехимпереработки РБ [4, 5].

Автоматизированное заполнение базы данных, которая интегрируется сразу с несколькими видами документации, исключает этап ручного заполнения их специалистами, в связи с чем минимизируются ошибки, связанные с «человеческим фактором».

Ожидаемое сокращение времени по выполнению документации составляет ~ 10-20%.

---

<sup>1</sup>BIM (BuildingInformationModeling) - уникальный подход к проектированию, возведению, эксплуатации и ремонту объекта строительства, заключающийся в информационном моделировании всего объекта и хранении всей информации в единой информационной среде.

## Выводы

Датаориентированный подход позволяет работать с базой данных информационной модели, что позволяет избежать заполнения большого количества документов.

При этом данные легкодоступны для использования и хранения в структурированном виде в качестве основных справочных материалов для всех разработчиков, участвующих в проекте, что позволяет уменьшить число ошибок и сократить временные издержки проектной организации.

## Литература

1. Aberdeen Group, Beyond Engineering: New Applications of 3D Drive Top Line Growth (Проектирование без границ. Рост доходов благодаря применению 3D-технологий), Август 2007 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/FxYUA>
2. Теплюк, А. Переход к датаориентированному проектированию: [Электронный ресурс] / А. Теплюк. – Электрон. текстовые дан.– [б. и.], 2017. – Режим доступа: <https://clck.ru/FxYUi>
3. Теплюк, А. Опыт использования Aveva Engineering в ОАО «ВНИПИнефть»: [Электронный ресурс] / А. Теплюк. – Электронный журнал САПР и графика. – [б. и.], июнь 2015. – Режим доступа <http://sapr.ru/article/24915>
4. Христовуло А.Н., Ахметвалеев И.Ф. Автоматизированное проектирование КИПиА в AvevaPDMS // Материалы международной научно-практич. конференции Нефтегазопереработка-2012. Изд-во ГУП ИНХП РБ 2012. С. 302-303.
5. Христовуло А.Н. Опыт внедрения AvevaDiagrams при проектировании КИПиА для объектов нефтегазопереработки // Материалы международной научно-практич. конференции НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКА-2017. Изд-во ГУП ИНХП РБ 2017. С. 248-249.

«СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ»

УДК 004:621.396

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ШУМОВ  
ИСТОЧНИКОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF PULSE NOISE  
OF REMOTE POWER SUPPLY SOURCES**

Батенков К.А., Гузяков И.М., Дворядкин В.В., Илюшин М.В.,  
Академия ФСО России,  
г. Орёл, Российская Федерация

K.A. Batenkov, I.M. Guzyakov, V.V. Dvoryadkin, M.V. Pushin,  
The Academy of FGS, Oryol, Russian Federation

e-mail: guz.doc@yandex.ru

**Аннотация.** В данной работе рассматривается влияние импульсных шумов источников дистанционного электропитания на абонентские телефонные линии. Также здесь приведён разбор созданной математической модели, которая позволяет сделать вывод о том, какие из входных параметров системы являются наиболее существенными для прохождения сигнала и влияния на него различных стохастических явлений.

Существует проблема оценки влияния импульсных помех на прохождение сигнала в абонентских линиях. Импульсные помехи возникают в абонентских линиях по причине коммутационных операций, грозовых явлений и могут за короткий срок вывести электронную технику из строя. Питание в телефонах, находящихся на сетях связи осуществляется через центральную батарею, расположенную в автоматической телефонной станции. Именно она оказывает основное влияние на прохождение сигнала в абонентской линии.

Модель данной системы представляет собой схему, состоящую из двух регуляторов: линейного и импульсного. Данный способ преобразования напряжения характерен высоким коэффициентом полезного действия. Схема состоит из следующих элементов: понижающего трансформатора, выполняющего преобразование промышленного напряжения 220 вольт в напряжение вторичного источника питания, диодного моста, выполняющего функцию выпрямления переменного напряжения в постоянное, сглаживающих фильтров нижних частот, а также широтно-импульсного регулятора, выполняющего функцию модулирования питающего напряжения импульсной последовательностью.

**Abstract.** In this paper we consider the influence of pulse noise of remote power sources on the subscriber telephone lines. Also here is an analysis of the created mathematical model, which allows you to make an input about which of the input parameters of the system are the most important for the passage of the signal and the influence of various stochastic phenomena on it.

There is a problem of estimating the impact of pulse noise on the signal flow in subscriber lines. Pulse interference occurs in subscriber lines due to switching operations, thunderstorms and can in a short time to bring electronic equipment out of order. Power



supply in phones on special communication networks is carried out through a Central battery located in the automatic telephone exchange. It has the main impact on the signal flow in the subscriber line.

The model of this system is a circuit consisting of two regulators: linear and pulse. This method of voltage conversion is characterized by a high efficiency. The scheme consists of the following elements: a step-down transformer that converts the industrial voltage of 220 volts into the voltage of a secondary power supply, a diode bridge that performs the function of rectifying the AC voltage into a constant, smoothing low-pass filters, as well as a pulse width regulator that performs the function of modulating the supply voltage by a pulse sequence.

**Ключевые слова:** математическая модель, импульсные шумы, широтно – импульсный регулятор, модуляция, частота.

**Keywords:** mathematical model, pulse noise, pulse width regulator, modulation, frequency.

На рисунке 1 представлена модель импульсного источника питания. Она представляет собой схему, состоящую из двух регуляторов: линейного и импульсного [1]. Данный способ преобразования напряжения характерен высоким коэффициентом полезного действия.

Схема состоит из следующих элементов: понижающего трансформатора, выполняющего преобразование промышленного напряжения 220 вольт в напряжение вторичного источника питания, диодного моста, выполняющего функцию выпрямления переменного напряжения в постоянное, сглаживающих фильтров нижних частот, а также широтно-импульсного регулятора, выполняющего функцию модулирования питающего напряжения импульсной последовательностью.

Для осуществления анализа функционирования данной системы, необходимо создание математической модели, для которой будут заданы различные входные параметры.

На основе полученных результатов исследования необходимо сделать вывод: какие технические меры необходимо предпринять для снижения негативного влияния импульсных шумов на прохождение сигнала в абонентских линиях [3].

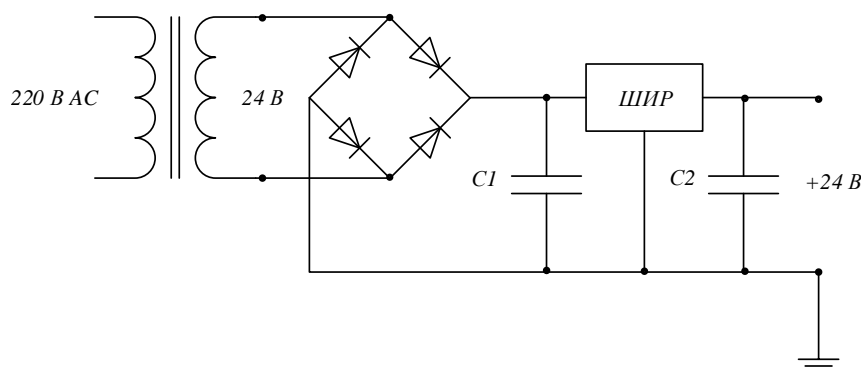


Рисунок 1. Схема импульсного источника дистанционного питания.

Проанализируем более подробно схему, представленную на рисунке 1, и разберёмся с процессами, которые происходят между её элементами.

На вход схемы импульсного источника питания поступает сигнал промышленного питающего напряжения  $f(t)$  с амплитудой 220 В и частотой 50 Гц.

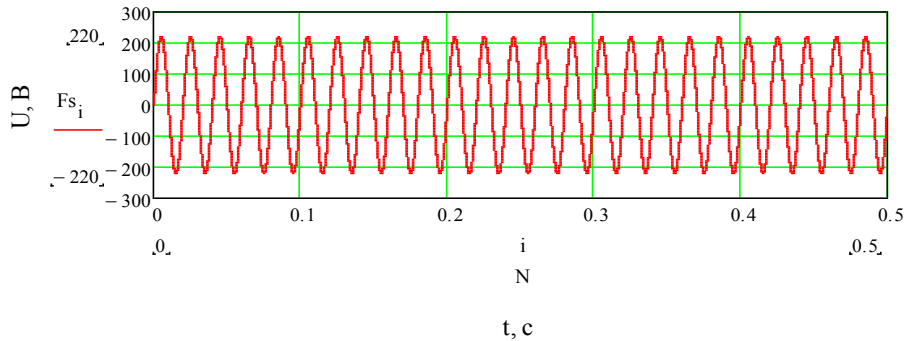


Рисунок 2. Временное представление продискретизированного питающего напряжения.

На данном графике мы можем наблюдать классический синусоидальный сигнал, разбитый на  $N$  отсчётов на промежутке 0,5 с.

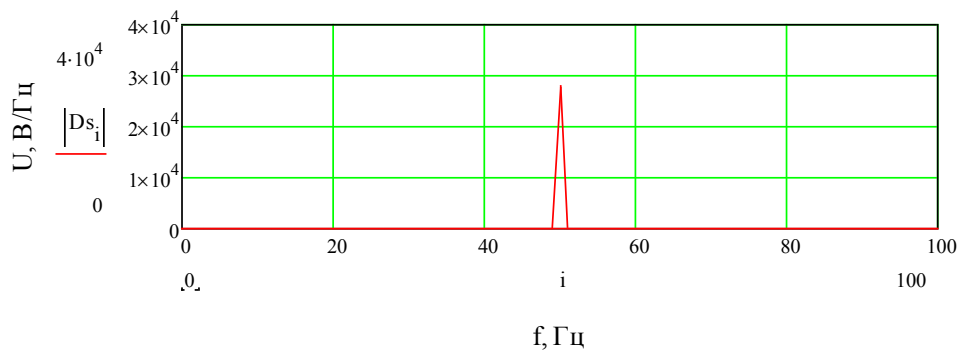


Рисунок 3. Спектральное представление продискретизированного питающего напряжения.

В спектральной области, мы видим чётко выраженную спектральную составляющую на частоте 50 Гц. Небольшое растекание спектра обусловлено особенностями преобразования сигнала к дискретному виду. Отображение оси ординат В/Гц означает, что данный спектр представлен в соотношении с одним Гц [2]. В качестве фильтров в имитационной модели используются фильтры нижних частот Баттерворта. Для приближения к идеальным условиям порядки фильтров выбраны следующие:  $n = 40$ .

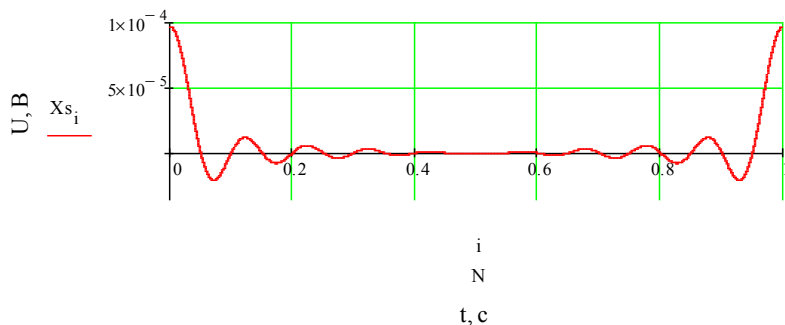


Рисунок 5. Импульсная характеристика фильтра нижних частот.

На графике импульсной характеристики присутствуют незатухающие колебания, так называемые, предельными циклами, которые возникают из-за ошибки округления целых чисел.

Разберем по подробнее широтно-импульсный регулятор. Это особое устройство, составной элемент импульсных регуляторов, модулирующий входной сигнал импульсной последовательностью [5]. Наличие его в схеме обеспечивает сравнительно большой коэффициент полезного действия.

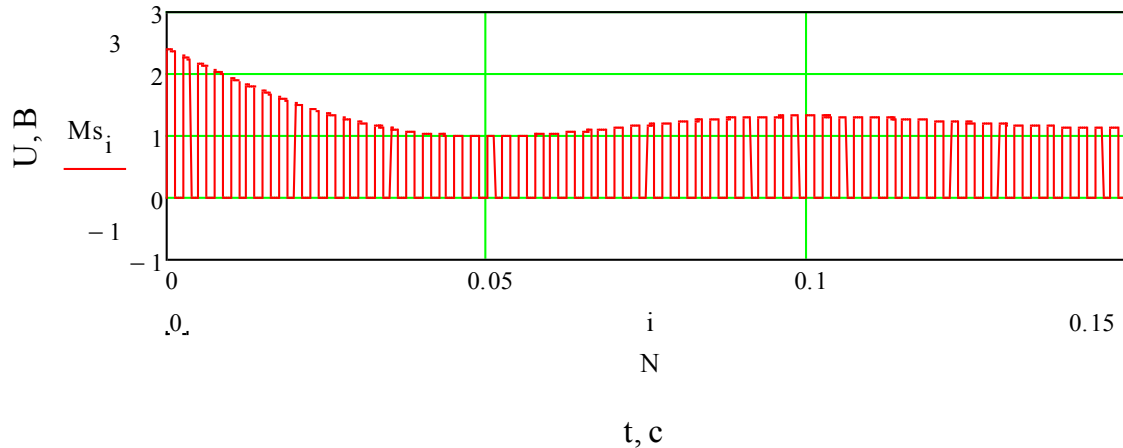


Рисунок 6. Сигнал на выходе широтно – импульсного регулятора.

На рисунке 6 мы можем наблюдать сигнал, промодулированный импульсной последовательностью широтно-импульсного регулятора. Он повторяет форму сигнала на выходе фильтра, оставляя среднее значение сигнала за исключением нелинейных участков равным 1,2 В.

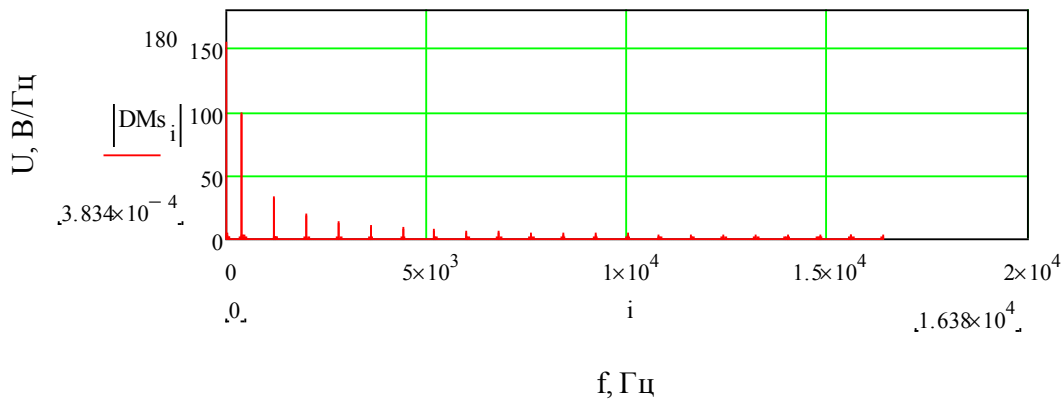


Рисунок 7. Спектр сигнал на выходе широтно-импульсного регулятора.

Из рисунка 7 видно, что меандр широтно-импульсного регулятора вносит дополнительные частотные составляющие в спектр. Они могут существенно влиять на качество сигнала из-за своей величины.

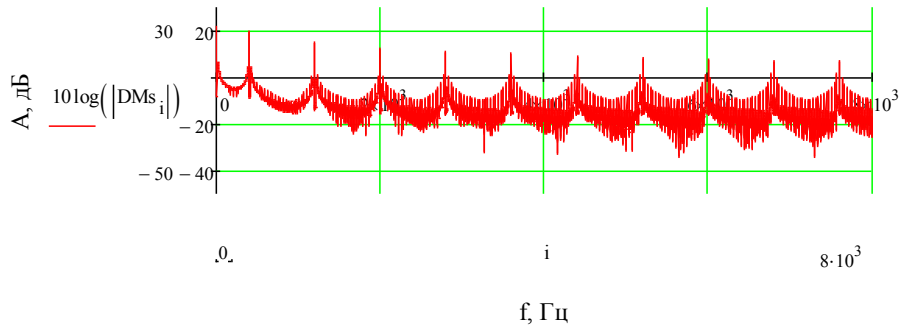


Рисунок 8. Сигнал на выходе широтно-импульсного регулятора в логарифмическом масштабе.

Представление спектра сигнала в логарифмическом масштабе показывает нам наличие в частотной области кратных частотных составляющих амплитудой, достигающей порядка 20 дБ. К сравнению, уровень звукового сигнала в 20 дБ соответствует шёпота человека на расстоянии в 1 м [4].

Очевидно, что для эффективного использования широтно-импульсного регулятора необходимо прибегнуть к фильтрации, что и реализует наша модель.

Завершающий этап – фильтрация сигнала с выхода широтно-импульсного регулятора.

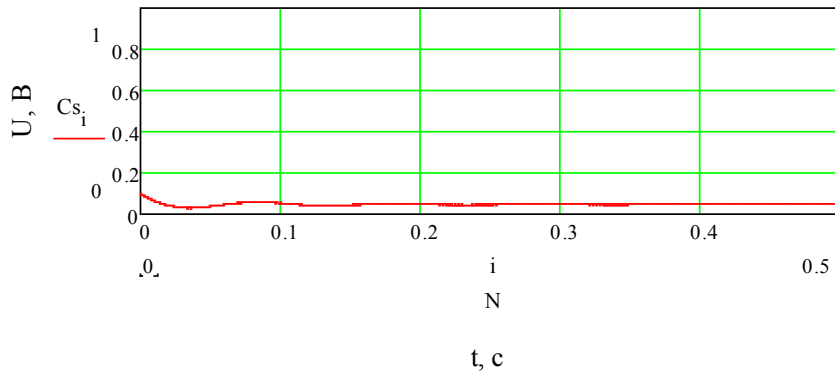


Рисунок 9. Временное представление сигнала на выходе второго фильтра нижних частот.

На рисунке 9 мы можем наблюдать ровный сигнал. Резких всплесков в начале периода не обнаружено.

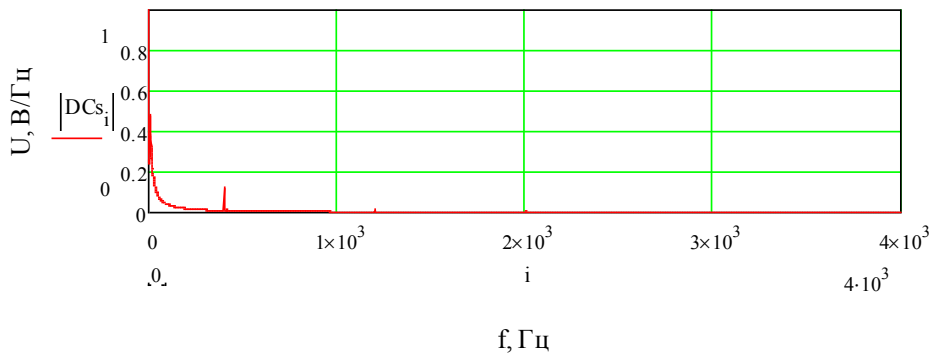


Рисунок 10. Спектральное представление сигнала на выходе второго фильтра нижних частот.

Из спектрального представления сигнала на рисунке 10 мы можем сделать вывод, что фильтрация сигнала с выхода широтно-импульсного регулятора прошла успешно – большая часть спектральных составляющих подавлена, за исключением постоянной составляющей сигнала и спектральной составляющей модулирующего сигнала на частоте 400 Гц.

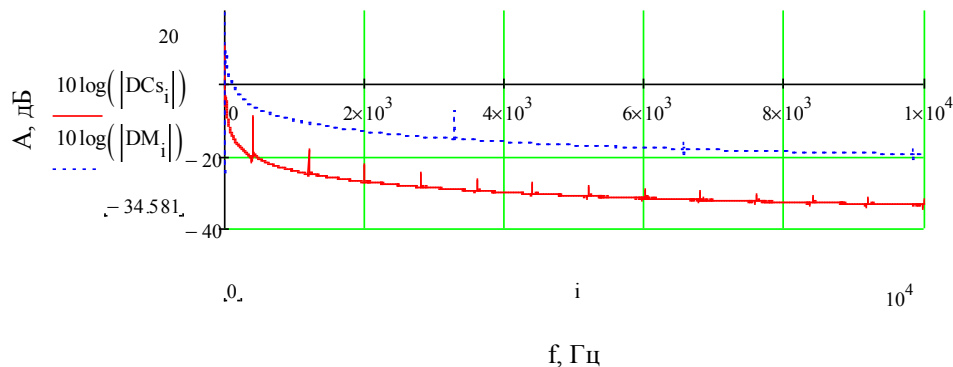


Рисунок 11. Сигнал на выходе второго фильтра нижних частот в логарифмическом масштабе в сравнении с сигналом на выходе первого фильтра нижних частот.

Анализируя рисунок 19 мы, видим, что уровень сигнала на выходе второго фильтра нижних частот вдвое меньше чем уровень сигнала на выходе первого фильтра, наличие кратных частотных составляющих в выходном сигнале обусловлено работой широтно – импульсного регулятора.

## Выводы

Данная работа показывает нам возможность анализа влияния импульсных шумов источников дистанционного электропитания на прохождение сигнала в абонентских линиях, что в дальнейшем будет являться опорой для выявления наиболее значимых исходных параметров системы, значение которых существенно влияет на наличие шумов в линии.

## Литература

1. Баскаков С.И., Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов / С.И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 2005. С 130-142.
2. Батенков А.А. Алгоритм синтеза базиса ортонормированных функций для многоканальной передачи данных / Батенков А.А., Богачев Г.В., Батенков К.А. // Цифровая обработка сигналов. – №2 – 2007. – с. 19-25.
3. Батенков А.А. Дискретизация линейного канала связи с памятью и аддитивным белым гауссовским шумом численным методом / Батенков А.А., Батенков К.А. // Математическое моделирование. – Т. 1. – №1 – 2009. – с. 53-74.
4. Батенков К.А. Границы вероятности символьной ошибки для канала связи с логнормальными замираниями при использовании предсказаний и помехоустойчивого кодирования / Гусев В.В., Илюшин М.В., Катков О.Н., Мельников А.А., Стремоухов М.В. // Телекоммуникации. – 2018. – № 2. – С. 45-48.
5. Батенков К.А. Синтез детерминированных нелинейных дискретных отображений непрерывных каналов связи // Труды СПИИРАН. – 2016. – №2 (45). – С. 75-101.

УДК 004.93

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБУЧЕНИЯ  
ПЕРВОГО СЛОЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ  
НА ПРИМЕРЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ФАЛЬШИВЫХ БАНКНОТ**

**APPLICATION OF FIXED STRUCTURE NEURAL NETWORK LEARNING  
ALGORITHM IN CONFIDENT BANKNOTE IDENTIFICATION**

Гиниятуллин В.М., Шабанов Э.В.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

V.M. Giniyatullin, E.V. Shabanov,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: chegire35@gmail.com

**Аннотация.** Обучение искусственных нейронных сетей является актуальной и до конца не решенной задачей. На данный момент в основе большинства методов обучения нейронных сетей лежит алгоритм обратного распространения ошибки, который одновременно изменяет веса всех слоев нейронной сети, рассчитывая поправку к весам как значение, противоположное градиенту функции ошибки обучения нейронной сети. При этом, у функции ошибки нейронной сети помимо глобального минимума может быть множество локальных минимумов, из-за чего возникает проблема – алгоритм может остановиться в локальном минимуме и закончить процесс обучения с достаточно большой ошибкой обучения.

Существует множество способов минимизации вероятности схождения алгоритма к локальному минимуму, таких как, например, добавление импульса, но ни один из них не уменьшает эту вероятность до нуля.

В данной работе рассмотрен алгоритм обучения первого слоя нейронной сети, который в отличие от алгоритма обратного распространения ошибки раскладывает процесс обучения на несколько этапов применения дельта-правила с различной скоростью обучения с целью нахождения линейно-разделимых фрагментов обучающей выборки.

В качестве примера работы алгоритма используются данные о фальшивых банкнотах.

**Abstract.** Artificial neural network learning is an important and not completely solved problem. Currently most neural network learning algorithms use backpropagation algorithm which is a neural network error minimization process. A correction of weights is calculated using error function gradient value. The error function of neural network can have not only global minimum, but also a lot of local minimums. Thus a problem appears – algorithm sometimes stops in local minimum and finishes learning process with quite big learning error.

There are a lot of methods of alleviating of the local minimum problem (e.g. addition of momentum) but none of them completely solves the issue.

In this work an algorithm of fixed structure neural network learning is considered, which uses the delta rule algorithm instead of backpropagation. Delta rule always converges

when used on linear separable learning data set. The algorithm consists of several applications of delta rule against different parts of the initial data set.

As an example of the algorithm application a counterfeit banknote data set is used.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, обучение, классификация, кластеризация, дельта-правило, фальшивые банкноты, линейная разделимость.

**Keywords:** neural network, learning, classification, clustering, delta-rule, counterfeit money, linear separability.

Большинство современных методов обучения нейронных сетей используют в качестве основного алгоритма алгоритм обратного распространения ошибки, одним из недостатков которого является вероятность того что процесс минимизации ошибки обучения сойдется в локальный минимум [3]. Существуют разнообразные методы уменьшения вероятности подобного исхода [4, 5], но все они лишь уменьшают вероятность того что алгоритм остановится в локальном минимуме. В данной работе рассматривается модификация алгоритма, дельта-правила, обучающего только один – первый слой нейронной сети.

Обучающую выборку можно представить в виде точек разного цвета в n-мерном пространстве, координаты точек являются входными параметрами обучающей выборки, а цвет обозначает принадлежность к некоторому классу результатов. Обучение нейронной сети можно понимать как поиск набора гиперплоскостей, разделяющих элементы обучающей выборки и сопоставлению результатов деления с классами исходных данных.

В основе множества алгоритмов обучения нейронных сетей лежит дельта-правило, его особенностью является то, что оно гарантированно сходится для линейно-разделимой обучающей выборки [1]. В рассматриваемом алгоритме обучение раскладывается на несколько этапов применения дельта-правила для выделения линейно-разделимых фрагментов обучающей выборки, таким образом гарантируется сходимость алгоритма.

Алгоритм построения гиперплоскостей выглядит следующим образом:

1. Найти самую удаленную точку обучающей выборки (УТ).
2. Относительно УТ найти ближайшую точку другого класса. Назовем ее 1 ближайшая чужая (1 БЧ).
3. Дельта-правилом отделить 1 БЧ от точек класса УТ.
4. Найти вторую ближайшую чужую точку (2 БЧ).
5. Дельта правилом попытаться отделить 1 и 2 БЧ от точек класса УТ.
6. Если отделяется, то перейти к п. 4.
7. Иначе удалить из обучающей выборки все «удачные» точки класса УТ с точки зрения последней разделяющей гиперплоскости.
8. Если есть не отделенные точки разных классов, вернуться к п. 1.

Рассмотрим подробно пятый шаг алгоритма – попытку разделить фрагмент обучающей выборки дельта-правилом. При добавлении точек в один из классов разделяемых точек может возникнуть ситуация, при которой обучающая выборка станет линейно-неразделимой и применение дельта-правила для неограниченного количества эпох обучения приведет к закливанию алгоритма. Для того чтобы избежать подобной ситуации, в данном алгоритме используется дельта-правило с переменной скоростью обучения. Оно работает следующим образом: происходит попытка обучения нейронной сети с тремя разными скоростями и ограниченным количеством эпох обучения. После этого выбирается результат с наименьшей ошибкой

обучения. Если ошибка все еще слишком велика, делается вывод, что обучающая выборка оказалась линейно-неразделимой.

Одной из важных сфер применения нейронных сетей являются задачи классификации предъявляемых экземпляров на два [6] и более классов [7]. На одном из ресурсов посвященных машинному обучению [2] имеется набор данных по распознаванию фальшивых банкнот. Набор содержит результаты вейвлет преобразования изображений в градациях серого, размером 400 на 400 пикселей, с разрешением в 660 dpi. Всего строк в наборе 1372, в каждой из них по 5 столбцов. Первые 4 это стандартные характеристики вейвлет преобразования (дисперсия, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса и энтропия изображения), последний параметр представлен в виде бинарного значения, кодирующего подлинность банкноты.

В ходе работы с обучающей выборкой было выяснено, что если удалить один из входных параметров (например, энтропию изображения), ни для одной из комбинаций оставшихся трех входных параметров не возникает неоднозначности класса результата. Таким образом, если удалить эту характеристику, возникает возможность визуализации процесса обучения нейронной сети. В результате получается графическое представление обучающей выборки, представленное на рисунке 1. Здесь темными квадратами представлены фальшивые банкноты, а светлыми треугольниками подлинные. Ось X соответствует дисперсии, ось Y коэффициенту асимметрии, а ось Z коэффициенту эксцесса изображения банкноты.

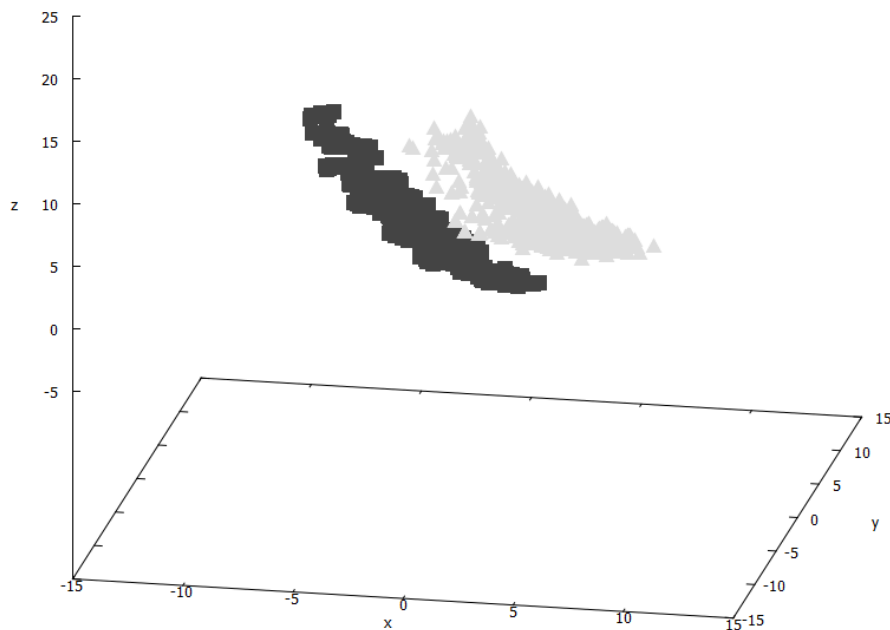


Рисунок 1. Представление обучающей выборки после удаления одной из входных характеристик.

В результате применения одной итерации алгоритма получим результат, представленный на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что в качестве наиболее удаленной точки был выбран один из темных квадратов, и что в результате применения алгоритма была отделена большая часть точек-квадратов. При этом, поскольку обучающая выборка в целом является линейно-неразделимой, в полупространстве треугольников осталось небольшое количество темных квадратов.



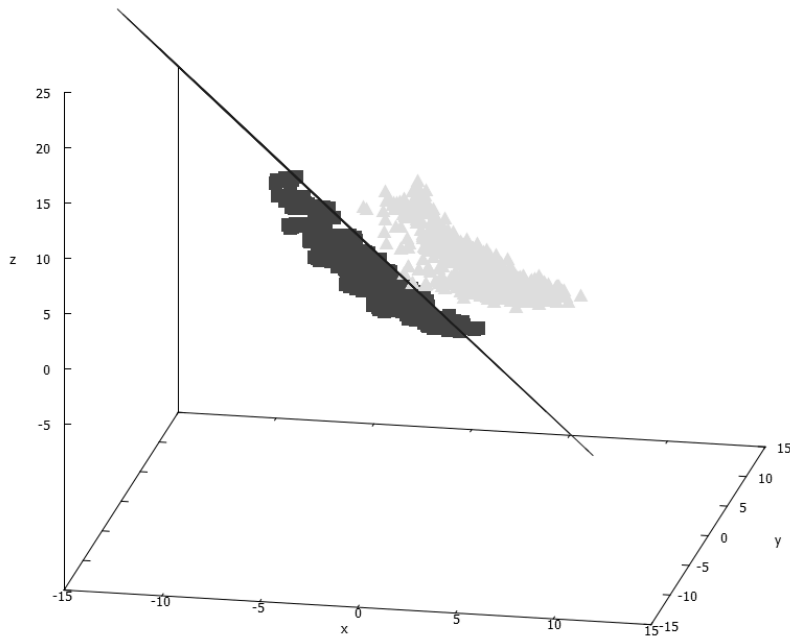


Рисунок 2. Результат применения первой итерации алгоритма.

В результате применения второй итерации рассматриваемого алгоритма, получим результат, приведенный на рисунке 3.

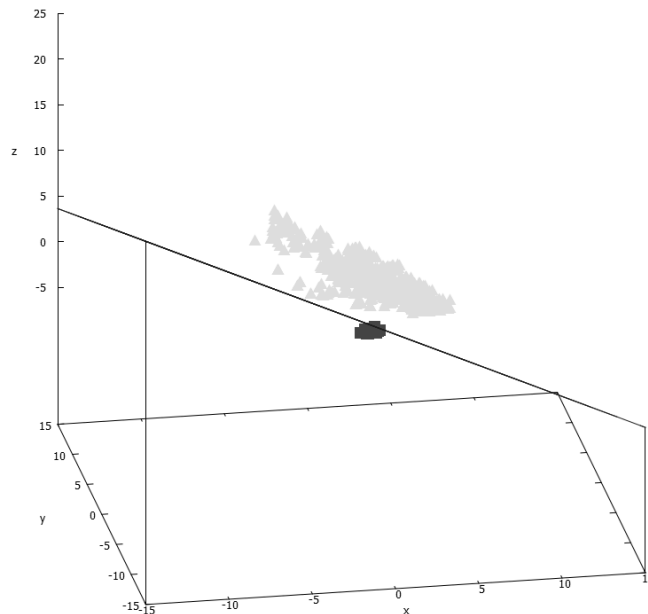


Рисунок 3. Результат применения второй итерации алгоритма.

Таким образом, исходная обучающая выборка была разделена двумя трехмерными плоскостями. Конечный результат представлен на рисунке 4. Две плоскости делят пространство на 4 квадранта, рисунок 4 демонстрирует, что все квадранты заселены. Следовательно, первый скрытый слой нейронной сети преобразует 3-х мерное непрерывное пространство линейно неразделимой обучающей выборки в 2-у мерное бинарное пространство одной из линейно разделимых булевых функций.

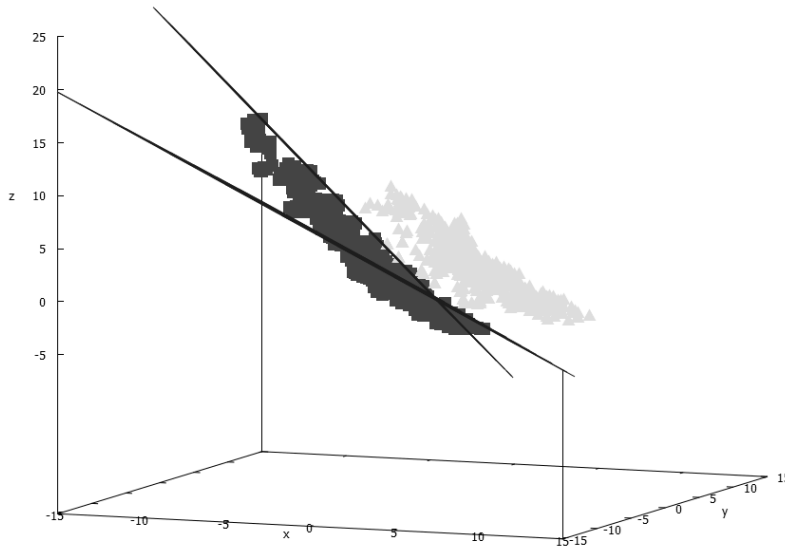


Рисунок 4. Конечный результат работы алгоритма.

В общем случае двоичная функция может оказаться и неразделимой [8] и многомерной (рисунки 5, 6, 7), для реализации многомерных логических функций можно использовать нейронные сети, но это не выгодно. Общепринятым способом для таких случаев является аппарат дискретной математики (минимизация конъюнктивных/дизъюнктивных нормальных форм).

Помимо энтропии изображения из обучающей выборки можно удалить любой другой входной параметр. При этом неоднозначностей все так же не возникает, но количество плоскостей, необходимых для разделения обучающей выборки различно. При удалении первого параметра (дисперсии) для разделения обучающей выборки необходимо 43 плоскости, при удалении второго (коэффициента асимметрии) или третьего (коэффициент эксцесса) 25 плоскостей. На рисунках 5, 6, 7 показаны результаты работы алгоритма при удалении соответствующих параметров (для каждого рисунка отображены только 5 плоскостей, т.к. изображение становится неразличимым при отображении большего числа плоскостей).

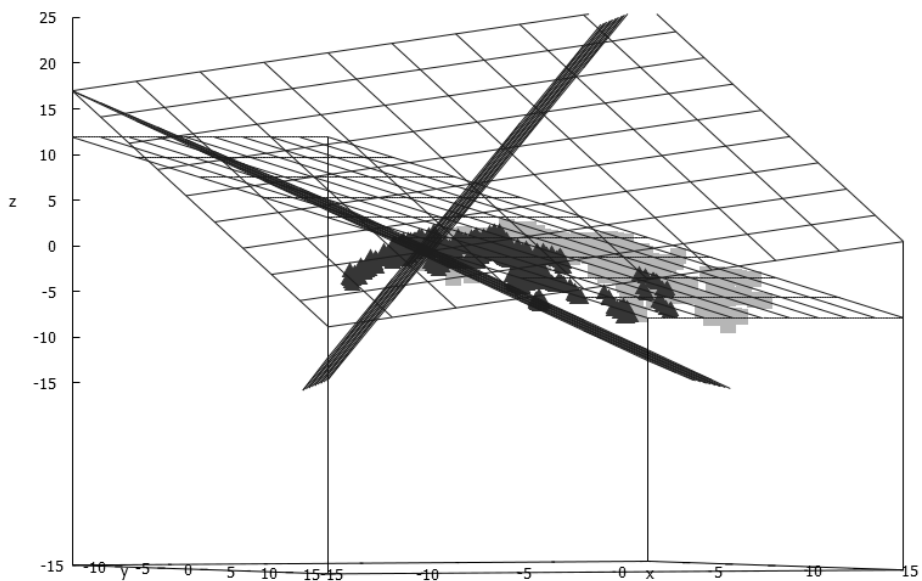


Рисунок 5. Результат работы алгоритма при удалении дисперсии.

Кроме того, при большем числе разделяющих плоскостей исходное пространство разбивается на многогранники и визуально оценить их заселенность становится затруднительно. В многомерных случаях необходимы формализованные процедуры определения заселенности. Если какой-либо из многогранников незаселен, то возникает сомнение в полноте обучающей выборки.

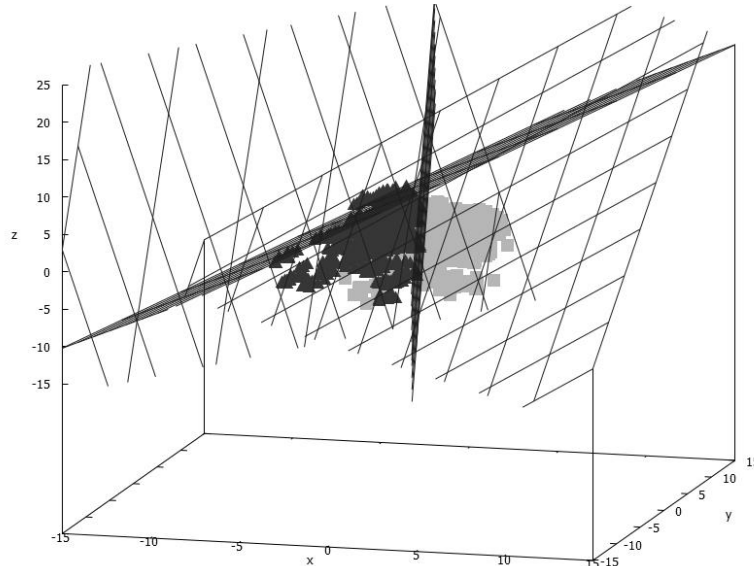


Рисунок 6. Результат работы алгоритма при удалении коэффициента асимметрии.

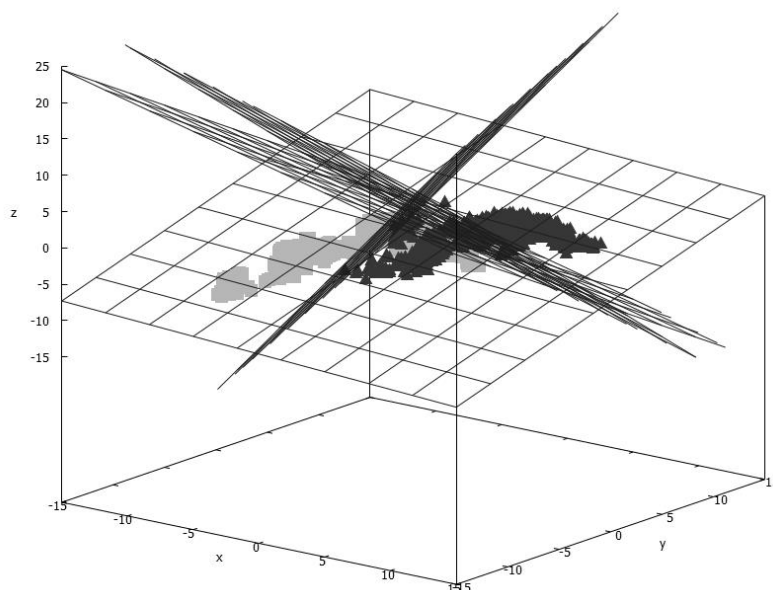


Рисунок 7. Результат работы алгоритма при удалении коэффициента эксцесса.

## Выводы

Таким образом, был разработан алгоритм обучения нейронной сети, в основе которого лежит применение дельта-правила для выявления линейно-разделимых фрагментов обучающей выборки. Сходимость разработанного алгоритма гарантирована, приведен пример применения алгоритма, показавший его успешную

работу. Было предложено комбинировать однослойные нейронные сети с аппаратом дискретной математики, была показана связь заселенности и полноты обучающей выборки.

Задачей дальнейших исследований является адаптация алгоритма для многомерных обучающих выборок и создание процедур определения заселенности.

### **Литература**

1. Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Washington, DC: Spartan Books (1962).
2. Banknote Authentication Data Set URL: <https://clck.ru/Fxawq>
3. Raul Rojas Neural Networks – A Systematic Introduction. Berlin, Springer-Verlag (1996), 502 p.
4. X.G. Wang, Z. Tang, H. Tamura, M. Ishii, W.D. Sun An improved backpropagation algorithm to avoid the local minima problem // Neurocomputing. 2003. pp. 455-460.
5. Qun Dai, Ningzhong Liu. Alleviating the problem of local minima in Backpropagation through competitive learning // Neurocomputing. 2012. pp. 152-158.
6. Akhmetsin R.M., Giniyatullin V.M., Kirlan S.A. Identification of Structures of Organic Substances by Means of Complex-Valued Perceptron Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2012. Т. 21. №1. С. 11-16.
7. Гиниятуллин В.М., Габитова Э.А. Кластеризация данных по кредитным заявкам в троичный вектор. Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. Т. 14. №1. С. 49-54.
8. Гиниятуллин В.М., Зозуля Ю.И., Муртазина В.А., Фазылова М.В. Реализация бинарных решающих функций в нейросетевом базисе. Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2006. №10. С. 3-8.

## «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 004.932

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ

### ANALYSIS OF METHODS OF DETECTING THE KEY IMAGE POINTS FOR THE VISUAL ODOMETRY

Сафронова О.Р., Трубаков Е.О.,  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»,  
г. Брянск, Российская Федерация

O.R. Safronova, E.O. Trubakov,  
FSBEI HE “Bryansk state technical University”, Bryansk, Russian Federation

e-mail: safronova.o1996@yandex.ru

**Аннотация.** На данный момент развития технологий визуальная одометрия является одним из ключевых методов позиционирования мобильных объектов в замкнутых пространствах, таких как пещеры, завалы обрушившихся зданий, коллекторы и т.д.

Алгоритм визуальной одометрии включает в себя несколько шагов.

Одним из первых является детектирование ключевых точек на изображении, полученном от мобильного объекта. Существует ряд методов решающих данную задачу. В этой статье проведены практические исследования методов предназначенных для детектирования ключевых точек. Основными проблемами, с которыми могут столкнуться пользователи подобных программно-аппаратных комплексов, является размер изображения, полученный от камеры робота и возможные помехи при съемке. Поэтому исследование методов проводилось при трёх наиболее распространенных разрешениях фотографий и четырех различных искажений изображений.

Наиболее распространенными искажениями являются: размытие изображения, изменение освещенности, шумы и поворот изображения. По результатам исследования было выявлено, что наибольшее количество точек при минимально затраченном времени было найдено методом FAST.

Однако стоит учитывать, что слишком большое количество точек будет влиять на эффективность работы системы в целом, поэтому принято решение, что в нашей разработке для позиционирования четырехколесного беспилотного транспортного средства будет использоваться метод Shi-Tomasi.

**Abstract.** At the moment of technology development visual odometry is one of the key methods of positioning of mobile objects in confined spaces, such as caves, rubble of collapsed buildings, collectors, etc. the Algorithm of visual odometry includes several steps. One of the first is the detection of key points on the image obtained from the mobile object. There are a number of methods to solve this problem. In this article practical research of methods intended for detection of key points is carried out. The main problems that users of such software and hardware systems may face are the size of the image obtained from the

robot's camera and possible interference when shooting. Therefore, the study of the methods was carried out at the three most common photo resolutions and four different image distortions. The most common distortions are: image blur, light change, noise, and image rotation. According to the results of the study, it was found that the largest number of points with the minimum time spent was found by the FAST method. However, it should be borne in mind that too many points will affect the efficiency of the system as a whole, so it was decided that in our development for the positioning of a four-wheeled unmanned vehicle the Shi-Tomasi method will be used.

**Ключевые слова:** позиционирование, одометрия, ключевые точки изображения, детектор, FAST, Harris, ORB, Shi-Tomasi.

**Keywords:** positioning, odometriya, the key point of the image, detector, FAST, Harris, ORB, Shi-Tomasi.

### **Введение**

Одним из способов позиционирования четырехколесного беспилотного транспортного средства в пространстве является одометрия. Этот способ является ключевым в местах, где другие способы (например, спутниковая навигация, навигация по радиомаякам и т.д.) затруднительны. Например, при исследовании обвалов или разрушений, т.е. в местах, куда из-за толщи грунта или железобетонных конструкций не проникают радиоволны.

Одним из методов одометрии является визуальная одометрия. Суть этого метода заключается в анализе последовательности фотоснимков, полученных с камеры робота. На основе изменения положения объектов на снимках, определяется изменение положения самого робота в пространстве. Первым этапом работы этого алгоритма является определение ключевых (особых) точек на изображении. Для реализации данного этапа одометрии существует ряд методов. В данной работе проведен анализ одних из самых распространенных методов, таких как: FAST [1], Harris [2], ORB [3], Shi-Tomasi [4].

### **Данные для экспериментирования**

Четырехколесное беспилотное транспортное средство реализовано на основе микрокомпьютера Raspberry Pi3. В этом микрокомпьютере установлен четырех ядерный процессор BCM2837 с частотой 1200 МГц с оперативной памятью SDRAM в размере 1 Гб. Поэтому все исследования методов детектирования ключевых точек проводились на данном устройстве. Методы были реализованы на языке программирования C++.

Для исследования был сделан ряд фотографий широкоугольной камерой, установленной на роботе фирмы Waveshare. Фотографии были представлены в трех основных разрешениях: 400x250, 800x600, 1920x1080, тем самым проверили зависимость работы методов от масштабирования. Так же фотографии были отредактированы с целью проверки подверженности методов различным искажениям (затемнённое, повёрнутое, размытое и с добавленным шумом). Затемнённое изображение может возникнуть ввиду изменения освещенности пространства во время движения робота. Повёрнутое изображение может возникнуть из-за того, что робот наедет на какое-либо препятствие и из-за чего может стоять в отличном положении от предыдущего кадра. Размытое изображением может возникнуть из-за того, что фотография будет сделана в момент движения и границы объектов на фотографии могут быть смазаны. Шумы могут возникнуть из-за изменения освещенности, сжатия

изображения или естественных признаков, например, возникновении взвеси пыли в пространстве.

Было проведено два вида опытов. Первый заключался в замерах времени детектирования ключевых точек на изображениях разного масштаба. Благодаря чему было выяснено оптимальное разрешение из выбранных, а также выявлен метод оптимальный по скорости работы (рисунок 1).

Второй вид опытов производился на модифицированных изображениях. В данных опытах производился подсчет выявленных ключевых точек и выяснился процент потерь точек от изначального изображения. Данные опыты позволили выявить методы, которые наименее подвержены искажениям изображений (рисунок 2).

### **Результаты экспериментов**

*Детектор FAST.* Первым методом для исследования был выбран метод FAST. Он был реализован в двух видах. Первый с не максимальным подавлением алгоритма среднего сдвига, а второй без него.

Результатами исследования первого метода были следующие. На изображении с разрешением 400x250 пикселей было найдено порядка 1 900 особых точек за время 0,14 секунды. На фотографии 800x600 пикселей обнаружено порядка 8 800 точек за время 0,66 секунды. Время, затраченное на обнаружение особых точек, прямо пропорционально количеству этих точек. На изображении с разрешением 1920x1080 пикселей было найдено порядка 27 400 особых точек за 2,32 секунды. Можно заметить, что количество точек увеличилось примерно в 3 раза, так же, как и время на обработку данного изображения увеличилось в 3 раза.

Второй реализованный метод находит в несколько раз больше особых точек, при этом время, затраченное на их поиск, увеличивается меньше чем в два раза. Так, например, на изображении с разрешением 400x250 пикселей было найдено порядка 7 700 особых точек за 0,3 секунды. На одном изображении первая реализация метода FAST распознала количество особых точек в 4 раза меньше, чем вторая, затратив на это время всего в 2 раза меньше.

*Детектор Harris.* Следующим реализованным детектором был метод Harris. На изображении с разрешением 400x250 пикселей было найдено порядка 250 особых точек за 0,11 секунды. Так как детектор Harris является детектором углов, он не обнаружил особых точек на окружности и рёбрах объектов. На фотографии 800x600 пикселей обнаружено порядка 600 точек за 0,56 секунды. На изображении с разрешением 1920x1080 пикселей было найдено порядка 1 080 особых точек за 2,25 секунд. Можно отметить, что в отличие от предыдущих детекторов, данный метод находит меньшее количество особых точек за меньший промежуток времени, что повышает точность данного метода для использования его в дальнейшем.

*Детектор ORB.* В алгоритме ORB максимальное количество особых точек по умолчанию не более 500, если их больше, то к ним применяется детектор углов Harris, для исключения наименее значимых. В связи с этим алгоритм выдал следующие результаты. На изображении с разрешением 400x250 пикселей было найдено порядка 470 особых точек за 0,24 секунды. На изображении с разрешением 800x600 пикселей было найдено 500 особых точек за 0,83 секунды. На изображении с разрешением 1920x1080 пикселей было найдено 500 особых точек за 2,98 секунды. Как показали эксперименты, данный детектор не является самым быстрым среди описанных выше.

*Детектор Shi-Tomasi.* Детектор Shi-Tomasi создан на основе детектора Harris. Однако примерно за то же самое время, что и у детектора Harris на изображениях с различным разрешением алгоритм Shi-Tomasi обнаружил всего 25 особых точек. Что в 10 раз меньше, чем обнаружил детектор Harris на тех же изображениях.

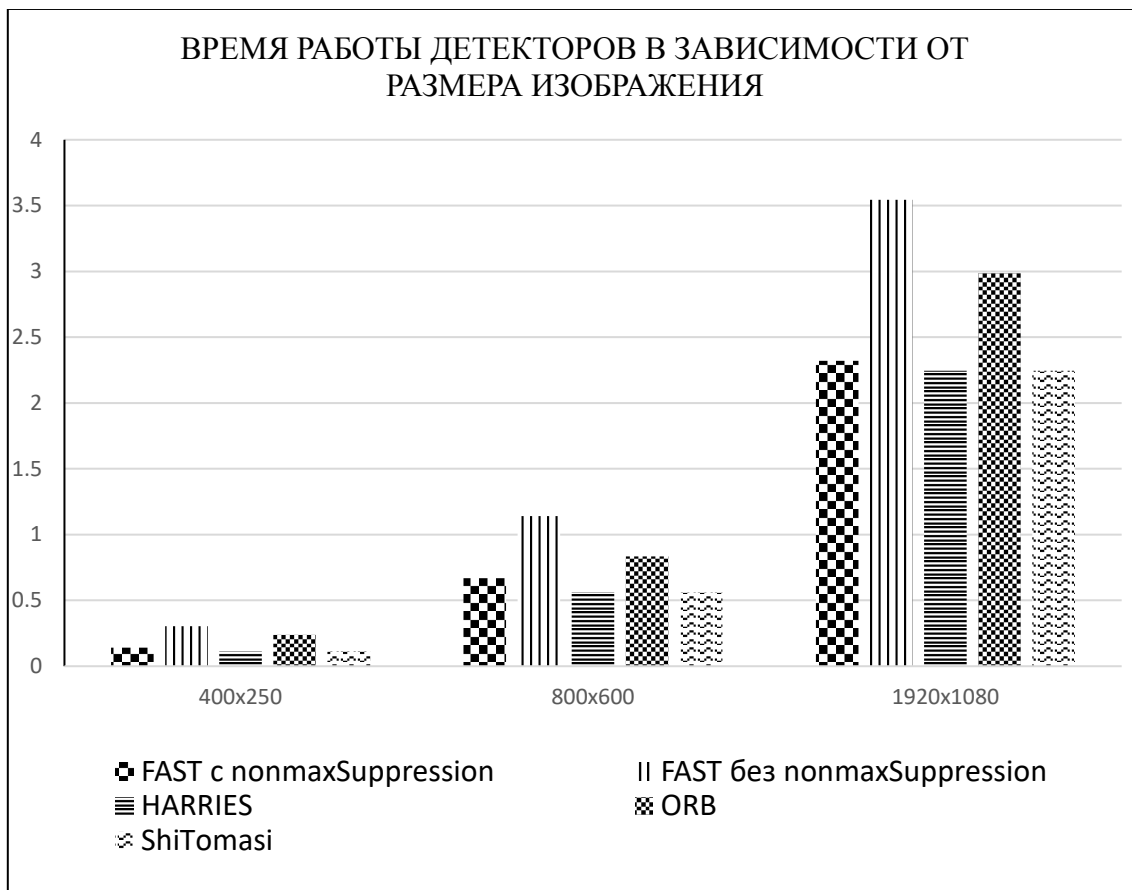


Рисунок 1. Время работы детекторов в зависимости от размера изображения.

Второй тип экспериментов проводился для анализа алгоритмов при искажении изображения. Был выявлен процент уменьшения точек от оригинального изображения с разрешением 1920x1080 пикселей.

Особенно неустойчивыми к затемнению оказались детекторы FAST. Эти алгоритмы теряют порядка 65-70% особых точек при искажении изображения.

При небольшом повороте изображения (20 градусов) эти детекторы теряют порядка 48-53% точек.

Детекторы FAST оказались неустойчивыми к размытию изображению. При этом алгоритм с не максимальным подавлением теряет больше особых точек (89%), чем вторая реализация данного алгоритма (58%).

Данные методы совершают очень много ошибок на зашумлённом изображении и не инвариантны к появлению шума. Данные алгоритмы находят на 82-88% больше особых точек, что является ошибочным.

Детектор Harris инвариантен к таким искажениям как затемнение, размытие и зашумление.

При этом детектор Harris оказался неустойчивым к повороту изображения.

Данный метод теряет порядка 36% точек. Чего нельзя сказать о методе Shi-Tomasi, который создан на основе детектора Harris, но в отличие от него не зависит от поворотов.

Детектор ORB также не зависит от поворота изображения.

Основными достоинствами детекторов Shi-Tomasi и ORB является инвариантность к шуму, размытию и затемнению.



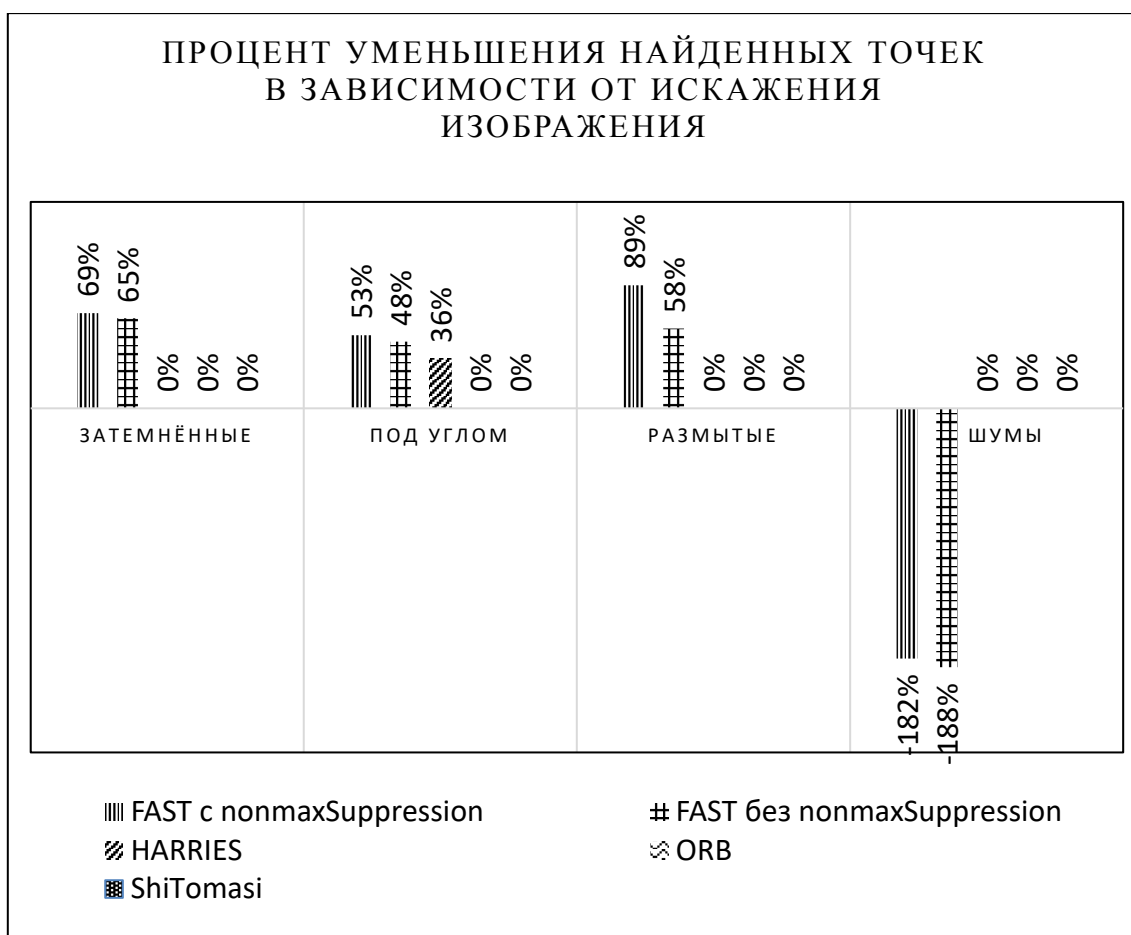


Рисунок 2. Процент уменьшения найденных точек в зависимости от искажения изображения.

## Выводы

Метод FAST по отношению скорости работы к количеству найденных точек является самым быстрым детектором среди рассмотренных, так как этот метод находит в несколько раз больше точек, чем остальные. Также этот метод станет лучшим решением, если в задаче более важно количество найденных точек, и не так важна скорость работы. При этом он является сильно подверженным искажениям изображений.

Детектор Harris и детектор Shi-Tomasi показали наилучший результат по скорости работы. Но при этом количество найденных точек у этих методов отличается в 10 раз. Для более точного результата при работе с детекторами лучше пренебрегать малым количеством особых точек. Поэтому детектор Harris по отношению времени работы к количеству найденных точек лучше метода Shi-Tomasi.

Максимальную независимость от всех типов искажений изображения показали детекторы ORB и Shi-Tomasi.

Таким образом, на основе проведенных экспериментов можно сделать вывод, что детектор Harris по скорости работы и независимости от искажений изображений предпочтительнее. При этом остается подверженность искажению изображения поворотом. Метод Shi-Tomasi работает примерно такое же время и не подвержен искажениям изображения. Поэтому для более точного утверждения и принятия решения об использовании детектора Shi-Tomasi или Harris необходимо произвести исследования дальнейших этапов визуальной одометрии. А именно исследования

дескрипторов, исследования методов отслеживания сдвигов ключевых точек на различных кадрах. Будущие исследования покажут, является ли достаточным количество точек, которые находит детектор Shi-Tomasi для реализации визуальной одометрии. В противном случае будет использован метод Harris.

### Литература

1. M.H. Miroslav Trajkovii. Fast corner detection, 1998.
2. Tinne Tuytelaars, Krystian Mikolajczyk. Local Invariant Feature Detectors: A Survey, 2008.
3. Ethan Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige, Gary Bradski: "ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF", Computer Vision (ICCV), IEEE International Conference on. IEEE, pp. 2564 – 2571, 2011.
4. T. Shi. Good Features to Track, 1994.

УДК 004

## ПЛАНИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИИ

### PLANNING OF METROLOGICAL WORKS IN GAS DISTRIBUTION

Гиззатуллина Г.С., Султанова Е.А.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Россия

G.S. Gizzatullina, E.A. Sultanova,  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450062, Russia

e-mail: guzeliya95gizzatullina@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам оптимального планирования метрологических работ в объектах газораспределения. Цель планирования проведения проверок – равномерное распределение регламентных работ в течение года, во избежание простоев и задержек в метрологической службе. Для достижения поставленной цели необходимо разработать практический алгоритм решения задач календарного планирования с заданным расписанием проверок, исходными ресурсами и технологическими критериями выполнения работ по каждому прибору. В качестве решения данной задачи предлагается алгоритм составления плана проверок с минимумом дисперсии и с запасом надежности, с возможностью учета целевых указаний руководства газораспределительной службы. Предложенная методика позволяет учесть ограничения и отсутствия поверочных работ в отдельные периоды, вызванные производственной необходимостью, климатическими условиями или квартальной загруженностью. Полученные решения обеспечивают равномерное распределение проверок, а также сокращается количество объездов пунктов редуцирования газа в течение года.

**Abstract.** The article is devoted to the issues of optimal planning of metrological works in gas distribution facilities. The purpose of planning the verification is a uniform

distribution of routine work throughout the year, in order to avoid downtime and delays in the metrological service. To achieve this goal, it is necessary to develop a practical algorithm for solving scheduling problems with a given schedule of calibrations, initial resources and technological criteria for the performance of work on each instrument. As a solution to this problem, an algorithm is proposed for drawing up a verification plan with a minimum of dispersion and with a safety margin, with the possibility of taking into account the targeted instructions of the management of the gas distribution service. The proposed method allows to take into account the limitations and lack of verification work in certain periods caused by production needs, climatic conditions or quarterly workload. The solutions obtained ensure an even distribution of calibration, as well as reducing the number of detours of the gas reduction point during the year.

**Ключевые слова:** проведение поверок, метрологическая служба, система телеметрии, оптимизация метрологических работ, газораспределение.

**Keywords:** verification, metrological service, telemetry system, optimization of metrological works, gas distribution.

На данный момент в объектах газораспределения внедряется система телеметрии, представляющая собой набор технических средств, который позволяет контролировать состояние оборудования [4]. Система телеметрии выполняет такие функции, как:

- сбор данных с датчиков входного и выходного давления газа, датчиков перепада давления на фильтрах газа, датчиков температуры газа и окружающего воздуха и сигнализаторов загазованности помещения;
- непрерывный контроль состояние дискретных входов типа «сухой контакт» – датчиков срабатывания предохранительных запорных клапанов, датчиков охранной и пожарной сигнализации и т.д.

В соответствии с нормативно-правовыми актами [1] контрольно-измерительные приборы должны проходить периодическую поверку, через интервалы времени, строго записанные в паспорте прибора, иначе их нельзя эксплуатировать, так как они могут вызвать аварийные ситуации.

Для оптимального проведения поверочных работ предлагается алгоритм автоматизированного планирования поверок, которое позволит равномерно распределить метрологические работы в течение года.

На первом этапе проанализированы основные условия планирования поверок.

В соответствии с нормативно-правовыми актами [1], одним из главных критериев проведения поверки является своевременное снятие приборов. При нарушении этого условия выписываются штрафы, а прибор не может быть использован. Однако допускается перенос срока поверки средств измерения на более раннюю дату [2].

График снятия приборов и замены составляется заранее в соответствии с периодами поверки каждого прибора. Однако если такой график поверки будет создан на основании простого сложения дат по каждому средству измерения, то неравномерность загрузки метрологической службы приведет к простоям и задержкам, загруженности метрологической службы к концу года, к неоправданному увеличению количества измерительных средств [3].

В данной работе рассматривается планирование поверок на примере ПАО «Газпром газораспределение Уфа». По имеющимся данным сроки поверок находятся в интервале от 10 января 2019 года до 2 декабря 2022 года.

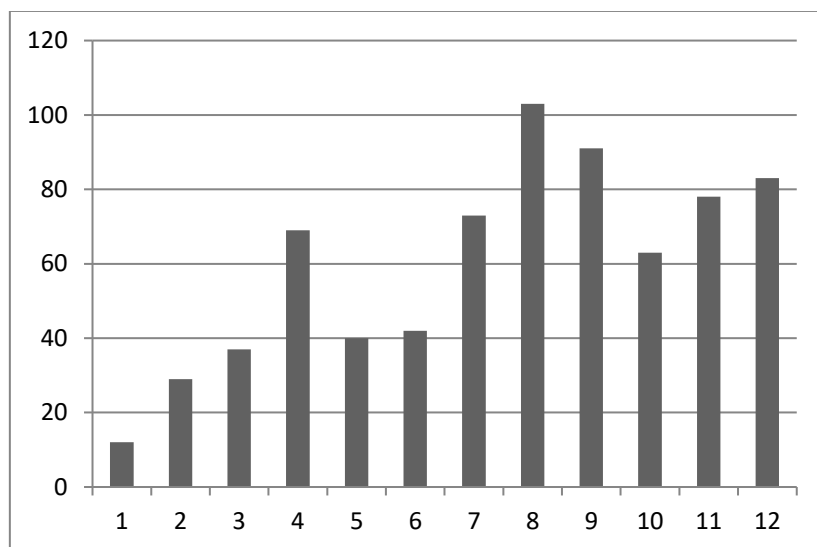


Рисунок 1. Исходные данные количества проверок в течение года.

После сортировки данных по ближайшей дате поверки, вычислили количество дней, оставшееся до поверки прибора. На данном этапе выявлено большое количество проверок в один день, которое к тому же приходится на конец года.

Для того чтобы во время провести метрологические работы необходимо распределить приборы в ближайшие даты по идентичным пунктам редуцирования газа.

Далее необходимо минимизировать дисперсию числа приборов в день поверки.

Неравномерность планируемых интервалов поверочных работ по временным интервалам можно оценить с помощью дисперсии такой переменной как число приборов в день на поверку, для этого вводим переменные:

$X_i$  – число приборов в день на поверку,

**randomvalue** $X_i$  – случайная величина.

При поиске оптимального распределения загрузки метрологической службы целевая функция

$$F(X_i) = Var(X_i) \quad (1)$$

должна принимать минимальное значение.

Необходимо достигнуть равномерного распределения числа приборов в день поверки, тогда дисперсия будет равна 0 (при строгом равенстве числа приборов).

В результате проведенных расчетов получили следующие оценки для заданных исходных данных:

Таблица 1 – Исходные данные.

Год	Количество приборов на поверку	Рабочие дни
2019 год	1200 приборов	247 рабочих дней
2020 год	720 приборов	248 рабочих дней
Всего	1920 приборов	495 рабочих дней

В данной таблице 1200 приборов требует 247 рабочих дней, в силу особенной срочности начала поверки в январе по исходным данным.

Если метрологическая служба будет поверять по 5 приборов в день, то на обслуживание одной комплексной службы на 2 года необходимо 384 рабочих дня. Соответственно имеем 111 резервных дней. Для проведения поверок в срок необходимо в месяц строго выделять 16 регламентированных рабочих дней.

Для данного расписания предлагается по 5 приборов в день – для того чтобы минимизировать дисперсию числа приборов в день.

Таблица 2 – Планирование метрологических работ при поверке 5 приборов в день.

№ ПРГ	Название датчика	Модель	Инт.	Дата след. поверки	Распред. по 5 приборов
1	Сигнализатор загазованности СН4	RGD MET MP1	12	10.01.2019	10.01.2019
1	Термопреобразователь сопротивления	ТСМУ Метран 274-16	12	10.01.2019	10.01.2019
15	Сигнализатор загазованности	RGD CO0 MP11	12	13.01.2019	10.01.2019
20	Термопреобразователь (КИП)	ТС125-50MB78	36	14.01.2019	10.01.2019
114	Датчик давления	МИДА-ДИ-13П-Ех-53	12	16.01.2019	10.01.2019
103	Сигнализатор загазованности СН4	RGD MET MP9	48	18.01.2019	11.01.2019
21	Сигнализатор загазованности СН4	RGD MET MP11	36	20.01.2019	11.01.2019
111	Преобразователь давления	АИР-10Н	12	24.01.2019	11.01.2019
112	Термопреобразователь (КИП)	ТС125-50М.В83	24	24.01.2019	11.01.2019
38	Комплекс технических средств	ПК-356	12	31.01.2019	11.01.2019
20	Контроллер телесигнализации	КТС Молния-156	24	06.02.2019	14.01.2019
59	Преобразователь давления	АИР-10Н	24	21.02.2019	14.01.2019
110	Термопреобразователь (КИП)	ТС125-50М.В27	12	27.02.2019	14.01.2019
2	Сигнализатор загазованности	RGD CO0 MP27	12	28.02.2019	14.01.2019
42	Сигнализатор загазованности СН4	RGD MET MP53	12	28.02.2019	14.01.2019

Результатом данного этапа является часто встречающееся и ожидаемое явление, как противоречие с ограничениями алгоритма.

Формальный критерий минимизации дисперсии и проведение проверок по 5 приборов в день не удовлетворяет главному условию проведения проверок.

На практике выяснилось, что число приборов в день поверки резко отличается от других дней.

Поэтому вводим новый критерий:

$$K2 = (\text{дата след. поверки по паспорту} - \text{дата текущей поверки}) > 0$$

Следовательно, проанализировав количество обслуживаемых объектов, видно, что существуют специфические требования с практической стороны данного вопроса. Поэтому модель необходимо скорректировать с учетом повседневной практики.

Поэтому при введении нового критерия меняем загрузку на 10 приборов в день. С учетом отдельных периодов, вызванных производственной необходимостью, климатическими условиями или квартальной загруженностью, для оптимизации работы метрологической службы планируется проведение проверок приборов с межповерочным интервалом в 12 месяцев в первое полугодие. А остальные приборы, с интервалом 24, 36, 48 месяцев, проверять во второе полугодие.

Таким образом, с помощью данного алгоритма удалось снизить количество объезда ГРП в 3 раза, а так же равномерно распределить проведение проверок в течение года.

На данный момент метрологическая служба посещает на поверку ГРП 720 раз, после автоматизирования планирования – 235.

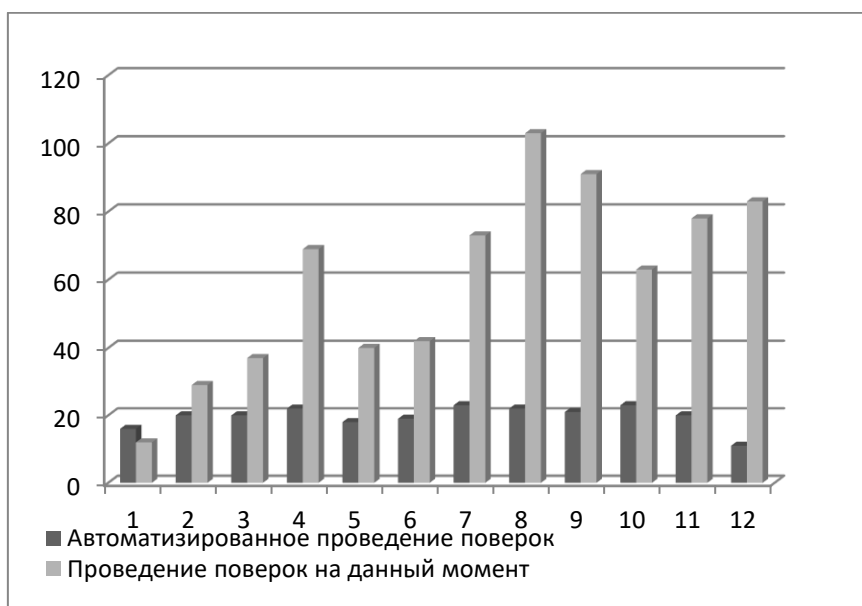


Рисунок 2. Распределение проверок по месяцам.

## Выводы

В результате расчетов дисперсия по времени поверочных работ уменьшилась почти в 3 раза, что характеризуется более равномерным распределением работы метрологической службы.

Полученные решения позволяют более равномерно загрузить поверочными работами метрологическую службу. Заметно, что расчетные показатели имеют более постоянную помесечную загрузку.

Предложенный алгоритм позволяет учесть ограничения и отсутствия поверочных работ в отдельные периоды, вызванные производственной необходимостью, климатическими условиями или квартальной загруженностью. Для этого вводим дополнительные ограничения. Например, не производить никаких работ в конце квартала, года или в отдельные месяцы уменьшить или увеличить загрузку метрологов.

### Литература

1. Федеральный закон от 26.06.2008 г. №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», принят Государственной Думой 11.06.2008 г., одобрен Советом Федерации 18.06.2008 г.
2. Иванкин, В.Ю. Методика расчета оптимального графика работы контрольно-измерительной лаборатории на предприятии / В.Ю. Иванкин, Т.Ф. Пепеляева // Перспективы науки – 2012. – №8(35). – С. 91-93.
3. Иванкин, В.Ю. Планирование проверок измерительных инструментов на предприятии / Т.Ф. Пепеляева, В.Ю. Иванкин // Наука и бизнес: пути развития. – 2017. – №9(75). – С. 9-11.
4. Крымский В.Г. Автоматизация управления технологическими процессами в газораспределительных сетях: проблемы, тенденции и перспективы [Текст] / В.Г. Крымский, И.М. Жалбеков, Р.Р. Имильбаев, А.Р. Юнусов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2013. – № 2. С. 70-79.
5. Назаров А.В. Современная телеметрия в теории и практике [Текст] / Назаров А.В., Козырев Г.И. // Учебный курс. – Спб.: Наука и Техника, 2007. – 672 с.
6. Пепеляева, Т.Ф. Оптимизация замены и ремонта оборудования предприятия / Т.Ф. Пепеляева, В.Ю. Иванкин // Перспективы науки – 2015. – № 2(65). – С. 118-120.

## «СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ»

UDC 004.728.1

### ОБНАРУЖЕНИЕ IMSI-ЛОВУШЕК В МОБИЛЬНОЙ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ

#### DETECTION OF IMSI TRAPS IN A MOBILE CELLULAR NETWORK

Кормильцев Н.В., Уваров А.Д., Корнилов Г.С.,  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ»  
г. Казань, Российская Федерация

N.V. Kormiltsev, A.D. Uvarov, G.S. Kornilov,  
FSBEI HE “Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev – KAI”  
Kazan, Russian Federation

e-mail: kodeIS@mail.ru

**Abstract.** This article discusses the lack of security of the latest generation of networks, such as 3G and 4G, due to the backward compatibility of these protocols with the old 2G and 2.5G standards, which increases the vulnerability of mobile devices to Man-In-The-Middle attacks using fake base stations (“IMSI-traps”). This threat entails the loss of not only confidential data, but it is also possible to implement a Dos-attack on the equipment of network providers. It should be noted that in connection with the advent of open source software, you can build an IMSI trap yourself, without having special equipment, dedicated antenna and extensive knowledge in the topic of telecommunications. Existing systems for detecting such traps are mainly software applications that are installed on smartphones or specialized autonomous systems, while maintaining the main drawback - the high price and limited detection range. In this article, we will propose, developed by us, a method for the identification and detection of IMSI traps, which uses the existing GSM infrastructure. The advantage of this method is that it protects the confidential data of all users of the operator’s network and saves users money, due to the absence of the need to purchase additional equipment.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается недостаточная защищенность сетей новейших поколений, таких как 3G и 4G, из-за наличия обратной совместимости этих протоколов со старыми стандартами 2G и 2.5G, что повышает уязвимость мобильных устройств к атакам «Человек посередине» с использованием поддельных базовых станций («IMSI-ловушек»). Данная угроза влечет за собой потерю не только конфиденциальных данных, но и возможна реализация Dos-атаки на оборудование провайдеров сети. Стоит отметить, что в связи с появлением программного обеспечения с открытым исходным кодом, можно построить IMSI-ловушку самостоятельно, не обладая специальным оборудованием, выделенной антенной и обширными знаниями в теме телекоммуникаций. Существующие системы обнаружения подобных ловушек представляют собой в основном программные приложения, которые устанавливаются на смартфоны или специализированные



автономные системы, при этом сохраняя главный недостаток – высокую цену и ограниченный диапазон обнаружения. В данной статье будет предложен, разработанный нами, метод идентификации и обнаружения IMSI-ловушек, который использует существующую инфраструктуру GSM. Преимуществом данного метода является то, что он обеспечивает защиту конфиденциальных данных всех пользователей сети оператора и экономит денежные средства пользователей, за счет отсутствия необходимости в приобретении дополнительного оборудования.

**Keywords:** cellular network, GSM, IMSI, MITM attack, IMSI trap, spoofing, telecommunication security.

**Ключевые слова:** сотовая сеть, GSM, IMSI, MITM-атака, IMSI-ловушка, спуфинг, телекоммуникационная безопасность.

### **Introduction**

Today there is a public opinion that mobile networks are completely safe and protected from all sorts of threats, thanks to reliable authentication using a subscriber identification module (SIM) [7, p. 342]. And yet, in the media there is constantly information about incidents involving the listening and tracking of confidential conversations of high-ranking politicians and ordinary citizens on a mobile cellular network, both from foreign special services and criminal organizations.

It is worth noting that the audition can be organized using high-tech equipment Cellbrite 2, which is available rather more prepared attacker, or using a homemade device based on open source software and software radio (IMSI-trap).

The latter serves the attacker to enable the user to track the user's location, telephone conversations and disguises as a legalized subscriber, capturing his mobile subscriber ID (IMSI) [1, p. 103].

To ensure the safety of subscribers from this type of threat, there are currently both mobile applications warning of listening and stationary autonomous detection systems that allow mobile network operators to detect IMSI traps in their coverage area.

Unfortunately, at the moment there is no solution that would allow to accurately determine the exact coordinates of the location of the IMSI-trap and thereby significantly increase the level of security of its subscribers [2, p. 172].

This article proposes a method for detecting an IMSI trap in any arbitrary cell using information from the nearest base stations.

### **The principle of “IMSI-traps”**

There are two possible modes of IMSI traps, in the simplest version it works as a standard sniffer, creating a fake cell, replacing the current one to obtain international mobile subscriber identification (IMSI) and international mobile equipment identification (IMEI) [3, p. 144].

Obtaining this data, the attacker begins the selection of the victim's traffic from the general data stream. In more modernized versions, IMSI traps allow not only to listen to the data, but also to manipulate them, for example, to redirect traffic from the subscriber back to the original network, thereby remaining undetected [8, p. 346].

### **The proposed method for determining IMSI traps in the network**

It is known that by collecting and analyzing reports sent from mobile devices, it is possible to detect the spools from IMSI traps. After the victim device is disconnected from the

IMSI trap, it becomes one of the possible and nearest base stations for all neighboring phones, using this data it is possible to detect and disconnect from the fake stations [9, p. 203].

Moreover, if the phone is connected to one of these stations, it is configured with LAC, which is significantly different from the neighboring phones, which, after updating the location, will allow the phone to connect to the original network and send a report to the operator about the 6 nearest base stations [4, p. 134].

Thus, by checking the identification of most neighboring phones along with the database of registered base stations, one can identify inconsistencies indicating the presence of an IMSI trap.

It should be noted that this report, containing information on six neighboring cells sorted by the highest RxLev, also includes the well-known part of the network code (NCC) of the base station identification code (BSIC) [5, p. 172].

When the mobile device is in the active state, for each new change in the report, the SACCH multi-frame (480 ms) must contain the new processed value.

Serving and neighboring base stations, as well as a list of other changes appearing in the report are presented below (Figure 1).

Отчет по измерению SACCH			
<b>Отчеты обслуживающих сот</b>			
BA-USED:			---
DTX-USED:			---
RXLEV-FULL:			---
3G-BA-USED:			---
MEAS-VALID:			---
RXLEV-SUB:			---
RXQUAL-FULL:			---
RXQUAL-SUB:			---
<b>Соседние сотовые отчеты</b>			
Сота	BCCH-FREQ	BSIC	RXLEV
1	--	--	--
2	--	--	--
3	--	--	--
4	--	--	--
5	--	--	--
6	--	--	--

Figure 1. SACCH Measurement Report.

The report shows that each of the six neighboring cells is represented by the following parameters:

- RXLEV is a parameter that determines the level of the received signal;
- BCCH-FREQ-NCELL – the parameter that determines the frequency of the BCCH (ARFCN) of the neighboring cell, it shows the index of the position of the neighboring cell of the BCCH-frequency within BA (SACCH) for the serving cell;
- BSIC – identification code of the neighboring base station [10, p. 330].

Since the BCCH and BSIC parameters are unique within the same terrain, it is necessary to use this to cross-check the identification of the neighboring BTS against the already tested stations, because IMSI traps capable of simulating the ARFCN of the neighboring base stations do not have the ability to determine the exact BSIC value of the neighboring BTS [6, p. 377].

## Findings

In our opinion, the IMSI trap can be detected by the ARFCN / BSIC pair, since it does not have the ability to generate the pair, the database existing in the database of the operator, this parameter will be significantly different.

In addition, using the fact that the locations of base stations are unchanged, it means that by the time measurements (TA) sent on the BCCH, it is possible to determine the geographical area in which the ARFCN / BSIC pair is searched.

## References

1. Gibadullin R.F., Galimov A.R., Kormiltsev N.V., Uvarov A.D., Perukhin M.Y., Gaynullin R.N. Analysis and modernization of the IEEE 802.11i security standard // Bulletin of the Technological University. Kazan: Publishing house: Kazan National Research Technological University, 2018. T. 21. №8. P. 100-108.
2. Abd El-Gawad, E.A., 2007. The use of well logs to determine the reservoir characteristics of Miocene rocks at the Bahar North East field, Gulf of Sues, Egypt. Journal of Petroleum Geology, 30(2). P. 175-188.
3. Gibadullin R.F., Firsova D.D., Kormiltsev N.V., Uvarov A.D., Perukhin M.Y., Gaynullin R.N. Development and testing of software modules for evaluating the performance of CUDA and OPENCL technologies // Bulletin of the Technological University. Kazan: Publishing house: Kazan National Research Technological University, 2018. T. 21. №9. Pp. 171-175.
4. Kormiltsev N.V., Uvarov A.D., Kornilov G.S., Perukhin M.Yu. Obtaining GSM-packages at the physical level of the model of the open systems interaction standard // Bulletin of the Technological University. Kazan: Publishing house: Kazan National Research Technological University, 2018. T. 21. Number 3. P. 143-145.
5. Kormiltsev N.V., Uvarov A.D., Kornilov G.S., Perukhin M.Yu. Optimization of the authentication process to protect confidential user data when connected to the LTE network // Technological University Bulletin. Kazan: Publishing house: Kazan National Research Technological University, 2018. T. 21. №3. P. 134-138.
6. Kormiltsev N.V., Uvarov A.D. Imitation of an attack on the basis of a software - defined radio system in compatible GSM networks // Materials of the national scientific and practical conference "Science, education and innovation in the modern world". (Voronezh, March 20-21, 2018). Voronezh: Publishing house: Voronezh State Agrarian University. Emperor Peter I, 2018. P. 170-177.
7. Kormiltsev N.V., Uvarov A.D., Khamatnurov I.I., Tumbinskaya M.V. Analysis of the security of the LTE-a security system against Dos attacks // National interests: priorities and security. M.: Publishing house: Publishing house FINANCE and CREDIT, LLC, 2019. T. 15. No.2(371) P. 376-392.
8. Kormiltsev N.V., Uvarov A.D. Analysis of the security of the GSM network using software and hardware // XX All-Russian Student Scientific and Practical Conference of Nizhnevartovsk State University (Nizhnevartovsk, April 3-04, 2018). Nizhnevartovsk: Publishing house: Nizhnevartovsk State University, 2018. P. 340-344.
9. Kormiltsev N.V., Uvarov A.D. Analysis of the attack on mobile devices with the ANDROID operating system // XX All-Russian Student Scientific and Practical Conference of Nizhnevartovsk State University (Nizhnevartovsk, April 3-04, 2018). Nizhnevartovsk: Publishing house: Nizhnevartovsk State University, 2018. p. 344-347.
10. Nurutdinova I.R., Khafizova A.Sh., Kormiltsev N.V., Uvarov A.D., Perukhin M.Yu. Development and testing of software modules for evaluating the performance

of OPENMP and OPENCL technologies // Bulletin of the Technological University. Kazan: Publishing house: Kazan National Research Technological University, 2018. Т. 21. №4. Pp. 202-205

11. Uvarov A.D., Kormiltsev N.V., Kornilov G.S. Optimization of the algorithmic approach of detecting IMSI traps in a mobile cellular network // Information and Security. Voronezh: Publishing house: Voronezh State Technical University, 2018. Т. 21. №3 S. 330-335.